

Die Chemie und Technologie
der natürlichen
und künstlichen Asphalte

Von

Dr. H. Köhler u. Dr. E. Graefe



NEUES HANDBUCH
DER
CHEMISCHEN TECHNOLOGIE

ZUGLEICH ALS DRITTE FOLGE VON
BOLLEY'S HANDBUCH DER CHEMISCHEN TECHNOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. C. ENGLER

WIRKL. GEH. RAT UND PROFESSOR DER CHEMIE AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE FRIDERICIANA
IN KARLSRUHE

VII.

DIE CHEMIE UND TECHNOLOGIE DER
NATÜRLICHEN UND KÜNSTLICHEN ASPHALTE

VON

DR. HIPPOLYT KÖHLER

ZWEITE, VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE UND STARK VERMEHRTE AUFLAGE



DRUCK UND VERLAG VON SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

DIE
CHEMIE UND TECHNOLOGIE DER
NATÜRLICHEN UND KÜNSTLICHEN
ASPHALTE

VON
DR. HIPPOLYT KÖHLER

ZWEITE
VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE UND STARK VERMEHRTE AUFLAGE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. HIPPOLYT KÖHLER UND DR. EDMUND GRAEFE
Direktor der Direktor der Deutschen Trinidad-
Rütgerswerke-Aktiengesellschaft, Berlin Asphalt-Gesellschaft m. b. H., Dresden

MIT 259 EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN



DRUCK UND VERLAG VON SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

Alle Rechte,
namentlich das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

ISBN 978-3-663-06080-2 ISBN 978-3-663-06993-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-06993-5

Copyright, 1913, by Springer Fachmedien Wiesbaden
Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft 1913.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1913
Braunschweig, Germany.

Vorwort.

Als die Herren Verleger mit dem Wunsch einer Neuauflage des vorliegenden Werkes an mich herantraten, war ich gerade mit der Bearbeitung der dritten Auflage meines Buches „Die Fabrikation des Rußes und der Schwärze“ und der fünften Auflage der in Gemeinschaft mit G. Lunge herausgegebenen „Industrie des Steinkohlenteers und des Ammoniaks“ beschäftigt. Es wäre mir unmöglich gewesen, die Arbeit so rasch zu fördern, als dies der Verlagsbuchhandlung geboten erschien.

Ich kann es daher nur mit großer Freude begrüßen, daß es mir gelungen ist, in Herrn Dr. Edm. Graefe, dem bekannten und verdienten Fachmann auf dem hier in Frage kommenden Gebiet, einen Mitarbeiter gefunden zu haben, der durch seine reichen Erfahrungen in der Untersuchung, Verarbeitung und Verwendung, insbesondere der natürlichen Asphalte, ganz besonders dazu berufen erschien, den Inhalt des Werkes nach dieser Richtung hin in der erforderlichen Weise zu ergänzen und zu erweitern.

Die Chemie der Asphalte hat seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Werkes dank der Forschungen Englers, von Höfers, Potoniés, Richardsons u. a. große Fortschritte in bezug auf ihre Bildung, Zusammensetzung und näheren Bestandteile gemacht und die hierauf bezüglichen Kapitel wurden in gemeinschaftlicher Arbeit vollkommen umgestaltet. Auch die analytischen Methoden zur Prüfung, Untersuchung und Unterscheidung der Asphalte und Asphaltmaterialien haben durch die eingehenden und umfangreichen Arbeiten, insbesondere von Clifford Richardson und des Königlichen Materialprüfungsamtes in Berlin-Lichterfelde viel bestimmtere Formen angenommen und einen höheren Grad der Vollkommenheit erreicht. Der analytische Teil des Werkes hat daher gleichfalls eine völlige Umarbeitung und Erweiterung erfahren müssen.

Von größter Bedeutung für die Technologie der Asphalte ist endlich die enorme Erweiterung des Verwendungsgebietes und damit des Verbrauches an natürlichen und künstlichen Asphalten durch die Einführung und Ausbreitung der Walzasphaltstraßen, die von Herrn Dr. Graefe in ihrer Ausführung und Bedeutung eingehend geschildert

worden sind, sowie der Straßenteerung und der Teermakadamstraßen gewesen, so daß das Werk auch in dieser Richtung eine wesentliche Erweiterung erfahren hat.

Die umfangreiche wissenschaftliche, Patent- und technische Literatur ist möglichst vollständig gesammelt und verwertet worden; durch Mitteilungen aller Art sind wir seitens staatlicher Behörden, Firmen und Fachgenossen in dankenswerter Weise unterstützt worden. Auch die Verlagsbuchhandlung hat keine Kosten gescheut, das Werk in würdiger Weise auszustatten.

Möge auch diese neue Auflage die gleiche freundliche Aufnahme und nachsichtige Beurteilung finden wie ihre Vorgängerin und sich in erhöhtem Maße brauchbar und nutzbringend erweisen.

Berlin, im Oktober 1913.

H. Köhler.

Als der Verfasser der ersten Auflage des vorliegenden Werkes an mich mit der ehrenvollen Aufforderung herantrat, an der zweiten Auflage mitzuarbeiten, ergriff ich mit Freuden die Gelegenheit, bot doch die weite Verbreitung der ersten Auflage und ihr unerwartet schneller Absatz die Gewähr dafür, daß ein reges Interesse an der Asphaltforschung und Asphalttechnik vorhanden ist, und ich hoffe, daß dieses Interesse durch das, was im vorliegenden Werke geboten wird, nicht enttäuscht sein wird.

Vor allem versuchte ich, die Verwendung des Asphalts für die neueren Straßenbaumethoden, die in Amerika die alten vollständig verdrängt haben und auch in Europa auf dem besten Wege dazu sind, zu schildern. Ferner gab es manches über die neueren Forschungen über Wesen und Entstehung des Asphalts zu ergänzen und über die Fortschritte, die hinsichtlich der wissenschaftlichen und technischen Prüfung gemacht worden sind, zu berichten.

Ich bin Herrn Dr. Köhler für die vielfache Unterstützung bei der Bearbeitung und die sorgsame Einfügung der von mir bearbeiteten Teile in den Rahmen des Ganzen, ohne die es sonst natürlich oft zu Wiederholungen oder Fehlen des Zusammenhanges gekommen wäre, zu Dank verpflichtet. Ich hoffe, wie mein verehrter Mitarbeiter, daß das Interesse der Leser unseren Versuch lohnen wird und wünsche dem Buch viel Glück auf den Weg.

Dresden, im Oktober 1913.

Ed. Graefe.

Nachträge,

vor Gebrauch des Buches an den betreffenden Stellen anzumerken.

Zu Seite 3 auf Seite 483.

"	"	5	"	"	483.
"	"	23	"	"	484.
"	"	41	"	"	485.
"	"	57	"	"	486.
"	"	122	"	"	486.
"	"	124	"	"	486.
"	"	134	"	"	487.
"	"	187	"	"	487.
"	"	219	"	"	487.

Berichtigungen,

vor Gebrauch des Buches zu vollziehen.

- Seite 29, Zeile 8 von unten lies Asphalt statt Aspalts.
- " 111, " 21 von oben lies Actiebolaget statt Actiebolurget.
- " 113, " 7 von oben lies Säuren statt Säure.
- " 125, " 7 von unten lies solchem statt solchen.
- " 131, " 21 von unten lies Benzolunlösliches statt Benzolinlösliches.
- " 136, " 5 von oben lies im zweiten statt im vorigen Kapitel.
- " 145, " 7 von unten lies Gangart statt Hangart.
- " 173, " 23 von oben hinter d'Autun setze , statt ; .
- " 201, letzte Zeile lies „der Räder“ statt „Räder der“.
- " 203, Unterschrift zu Fig. 69 lies Verlegen von Gußasphaltplatten statt Gußasphaltplattenvorlagen.
- " 211, Zeile 14 von oben lies der Kosten statt den Kosten.
- " 218, " 13 von unten lies an anderem statt am anderen; Zeile 3 von unten durch Ineinanderlagerung statt und Ineinanderlagerung.
- " 219, Fig. 89, s. Nachträge Seite 489.
- " 225, Fußnote Zeile 2 von unten lies berücksichtigte.
- " 233, Unterschrift zu Fig. 69 lies Makadamschicht statt Binderschicht.
- " 233, Zeile 3 von oben lies 50 bis 100 statt 50.
- " 235, " 14 von unten lies 15 bis 30 statt 15 bis 25; Zeile 19 von oben lies Asphalturit-Gesellschaft statt Asphaltdurit-Gesellschaft.
- " 236, " 19 von oben lies Heiztrommel statt Hitztrommel.
- " 240, " 6 von unten lies Roadaleum statt Radoleum.
- " 251, " 8 von oben lies eingereicht statt eingerichtet.
- " 253, " 7 von unten lies 10 Mill. Quadratmeter statt 8 Mill. Quadratmeter.
- " 257, " 10 von oben ist Destillat zu streichen.

- Seite 259, Zeile 4 von oben lies Welle statt Stelle.
" 270, " 3 von oben lies Rohpappen statt Rohpappe.
" 282, " 13 von oben lies welchen statt welchem; Zeile 16 von oben lies starke statt sarke.
" 298, " 1 von oben ist „bis“ zu streichen.
" 307, " 8 von unten lies Dachflächen statt Dachlängen.
" 313, " 2 von oben lies First statt Fuß.
" 350, " 21 von oben lies werden statt worden.
" 383, " 11 von oben lies Pechen statt Peche.
" 384, Fig. 190, Unterschrift lies Mabery u. Sieplein.
" 408, Zeile 27 von oben lies Asphaltöle statt Asphaltöl.
" 414, Fig. 223. Das Ende des Kühlrohres schneidet über dem Extraktionskorb ab und reicht nicht, wie irrtümlich dargestellt, in denselben hinein.
" 417, Zeile 8 von unten lies weichen statt reichen.
" 428, " 5 von oben lies In den Bitumen statt Bei den Bitumen.
" 437, " 15 von unten lies Steinkohlenteerrückstand statt Steinkohlenrückstand.
" 443, " 12 von oben ist anzufügen hinter zeigt: , sowie Bermudezasphalt, Grahamit usw. mit wenig Asche.
" 457, " 1 von oben lies „als oberste“ statt „der obersten“; Fig. 239, Unterschrift lies Maschensiebe statt Maschensieber.
" 458, Fig. 240, Unterschrift lies Maschensiebe statt Maschensieber.
" 461, Zeile 2 von oben lies Trinidadasphalt, Bermudezasphalt statt Trinidadasphalt-Bermudezasphalt.
-

Inhaltsverzeichnis.

I. Wissenschaftlicher Teil.

	Seite
Einleitung	3
Etymologie von „Bitumen“ und „Asphalt“	3
Natur der bituminösen Stoffe	3
Verschiedenartige Bedeutung des Wortes Asphalt	4
Frühere Versuche zu einer Klassifikation	5
Höfers Klassifikation auf historischer und geologischer Grundlage	6
Englers Systematik auf natürlicher Grundlage	7
Sonstige Versuche und Wertlosigkeit derselben	9
Erstes Kapitel. Historische Betrachtung über das Vorkommen, die Herkunft und Verwendung des Asphalts	10
Erste geschichtliche Notiz über das Vorkommen und die Verwendung des Asphalts: Bibel, Turmbau zu Babylon und Arche Noah	10
Die alten Griechen und Römer: Aristoteles, Dioskorides, Hippo- krates, Strabo, Diodor, Plinius, Herodot	10
Wallerius, Libavius und die Alchimisten	11
Eirinis, der Entdecker der Asphaltkalksteinlager vom Val de Travers, seine grundlegenden Versuche	12
Auffindung der Lager in Lobsann und Seyssel	13
Erste Gewinnung von Bergteer in Seyssel	13
Einführung des Gußasphalts durch den Grafen von Sassenay	14
Limmer und Vorwohle	15
Entwicklung der italienischen Asphaltindustrie	16
Natürliche Grundlage der Stampfasphaltindustrie	18
de Coulaines grundlegende Versuche	18
A. Merians Verdienste	19
Geschichte des künstlichen Asphalts	19
Begründung der Kokerei durch Johann Joachim Becher u. a.	20
Begründung der Leuchtgasindustrie durch Philippe Lebon, William Murdoch und Samuel Glegg	20
Henry Haskins Patent über Destillation von Steinkohlenteer	20
Erfindung der Dachpappe durch Faxe und Kag	21
Weitere Entwicklung der Teerdestillation	21
Entwicklung der schottischen Schieferöl- und sächsisch-thürin- gischen Braunkohlenteerindustrie	21
Auftreten des Petroleums auf dem Weltmarkt	22
Weltproduktion an Erdöl	23
Zweites Kapitel. Das Vorkommen der natürlichen Asphalte	24
Verbreitung bituminöser Stoffe	24
Vorkommen am Toten Meer	24
Verbreitung in Syrien und Kleinasien	25
Der Pechsee von Trinidad, Graefes Bericht	25
Beschaffenheit des Materials	26
Gewinnung und Verladung des Asphalts auf der Insel Trinidad	28

	Seite
Raffinerie des Asphalts auf Trinidad	31
Ansichten über die Entstehung des Pechsees	31
Beobachtungen über die Bildung des Asphalts aus Öl	32
Gewinnungsrecht für Trinidad-Asphalt und Gesamtausbeute	32
Der Bermudez-Pechsee	34
Situation und Ausdehnung desselben	34
Vergleich des Pechs mit jenem von Trinidad	35
Gewinnungsrecht und Förderung	35
Der Asphalt von Barbados (Manjac)	35
Jahresförderung	36
Asphaltvorkommen in Peru	37
" " Mexiko	37
" " Kalifornien	37
" " Texas	38
" " Utah und Colorado	38
Untaitgänge in Utah	39
Asphalt in Oklahoma und Kanada	41
Gesamtproduktion der Vereinigten Staaten an Asphalt	42
Die Asphaltlager in Kuba usw.	43
Das Asphaltlager von Tataros (Ungarn)	44
Gewinnung von Erdöl und Bitumen daselbst	44
Das Asphaltvorkommen von Selenitza (Albanien)	45
Betrieb des Bitumenbergwerks daselbst zu Zeiten Strabos	45
Asphaltvorkommen in Rußland (Kaukasus, Uralgebiet, Semirjetschensk)	46
Graefes Bericht über den Asphalt von Constantine (Nordafrika)	46
Asphaltlager von Nigeria	47
Die wichtigsten Asphaltkalksteinlager	47
Val de Travers, Seyssel, Bastennes	47
Gesamtproduktion Frankreichs an Asphaltkalkstein	49
Lobsann, Geologische Situation	50
Strippelmanns Ansichten über dessen Entstehung	51
Gewinnung und Verarbeitung, Produktion	52
Limmer und Vorwohle	53
Entstehung des Asphalts nach Strippelmann	54
Gewinnungsrecht und Produktion	54
Gesamtförderung Deutschlands an Asphaltstein	55
Italienische Asphaltkalksteinlager	55
Lager in den Abruzzen, Lettomanoppello und Roccamorice, San Valentino	55
Provinz Caserta und ehemaliger Kirchenstaat	56
Sizilianische Asphaltlager: Ragusa, Licata. Mächtigkeit der Ablagerungen	57
Verarbeitung auf Asphaltmehl und Mastix	57
Italienische Gesamtproduktion	58
Dalmatinische Asphaltsteinlager: Vergorac und Insel Brazza, Produktion	58
Asphaltkalksteinlager in Rumänien: Matitza, Verarbeitung auf Benzin, Bitumen, Gußasphalt und Asphaltmehl	58
Asphaltkalkstein in Griechenland (Lager von Maranthopolis), Umfang der Ablagerungen und Qualität des Gesteins	59
Drittes Kapitel. Die Entstehung der Bitumen und des Asphalts	60
Erklärung auf biblischer Grundlage	60
Neuere Hypothesen und Theorien	60
Hypothesen vom kosmischen Ursprung	60
Hypothesen von Sokoloff und Adaduroff	61
Ansichten von Brakebusch und Harperath	61
Haltlosigkeit dieser Hypothesen	61
Hypothesen vom terrestrischen Ursprung	61
Mendelejeffs Hypothese vom unorganischen oder mineralischen Ursprung	61

	Seite
Weitere Ausbildung derselben durch Charitschkoff	61
Versuche von Sabatier und Senderens	62
Bildung durch Solfatarentätigkeit	62
Kritik der Mendelejeffschen Hypothese	62
Hypothesen vom organischen Ursprung	63
Bildung aus Meerespflanzen (Algen)	63
Bildung aus Sumpf- und Torfpflanzen	63
Ansichten von A. F. Stahl	63
Kraemer und Spilkers Untersuchungen	63
Gründe gegen die alleinige Bildung aus Diatomeenwachs	63
Unwahrscheinlichkeit der Bildung aus Landpflanzen	64
Bildung aus Mineralkohlen	64
Hypothese des Freiherrn von Beroldingen	64
v. Hochstetters Ansicht über die Bildung des galizischen Erdöls	64
Gründe gegen diese Hypothese	65
Bildung aus animalischen Resten	65
Ansichten von Haquet, Quenstedt, Volger und Bertels	65
Beobachtungen von Engler und Albrecht, sowie T. Sterry Hunt	65
Ch. Knabs „Theorie der Entstehung des Asphalts vom Val de Travers“	65
Ansichten von H. von Höfer	66
Beobachtungen von O. Fraas	66
Gründe für den animalischen Ursprung	66
Einwände und deren Widerlegung	66
Neueste Ansichten vom gemeinsamen Ursprung aus pflanzlichen und tierischen Stoffen	67
Potoniés Ansichten über die Bedeutung des Faulschlammes (Sapropel)	68
Die Engler-Höfersche Theorie	68
Bildung des Asphalts in der Natur: Beobachtungen von Mabery	71
Beobachtungen von A. Sommer	71
Wirkung des Schwefels	72
Beobachtungen von E. Graefe	72
Madernas Ansichten über die Bildung des Asphalts	72
Viertes Kapitel. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften, Zu- sammensetzung und Bestandteile der Asphalte und Asphaltite	74
Schwierigkeiten in der Erforschung	74
Einfluß der Erdölforschung	74
Clifford Richardsons Untersuchungen	75
1. Physikalische Eigenschaften:	
Spezifisches Gewicht	75
Farbe	76
Optisches Verhalten	77
Glanz, Härte, Struktur und Bruch	78
Geruch	78
Verhalten in der Wärme: Erweichungs- und Fließpunkt	79
Verhalten gegen Lösungsmittel	80
Andere physikalische Eigenschaften	81
2. Chemisches Verhalten:	
Relative Reinheit der Naturprodukte	81
Elementare Zusammensetzung der reinen Bitumen	85
Brom- und Jodzahlen	87
Säurezahl	88
Produkte der trockenen Destillation	88
3 Nähere Bestandteile:	
Boussingaults Petrolen und Asphalten	93
Kaysers Untersuchungen	93
Versuche von Valenta	94

	Seite
Endemanns Anschauungen	95
Untersuchungen von Peckham und Clifford Richardson	95
Die Petrolene Richardsons, ihre Zusammensetzung und Bestandteile	95
Die Malthene Richardsons, gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe derselben, Schwefel- und Stickstoffverbindungen. . .	95
Ihre Zusammensetzung im Vergleich zu der der Asphaltene und des Gesamtbitumens	95
Malthene der Asphaltite	95
Die Carbene Clifford Richardsons	96
Nichtbituminöse organische Substanz	98
Fünftes Kapitel. Der künstliche Asphalt, seine Entstehung, Eigenschaften und Zusammensetzung.	99
Prozeß der trockenen Destillation	100
Gasanstalt und Kokerei	100
Braunkohlenschwelerei	100
Erdölverarbeitung	100
1. Der Asphalt aus Steinkohlenteer:	
Herkunft	101
Eigenschaften und Zusammensetzung des Steinkohlenteers	102
Nähere Bestandteile, des Steinkohlenteers	102
Verarbeitung des Steinkohlenteers durch Destillation	103
Verarbeitung auf anderem Wege	103
Allgemeine Eigenschaften des Steinkohlenteerpechs	104
Chemische Natur desselben, nähere Bestandteile	107
Elementare Zusammensetzung	108
Freier Kohlenstoff	109
Löslichkeit	109
Wirkung des Schwefels	109
Reinigung des Teerasphalts.	110
2. Der Asphalt aus Braunkohlenteer:	
Gewinnung und Eigenschaften des Braunkohlenteers	111
Bestandteile desselben	112
Allgemeine Eigenschaften der Braunkohlenteeröle	112
Verarbeitung des Braunkohlenteers	113
Reinigung der Öle: „Säureharze und Kreosotnatron“	114
Säuregoudron, Ölgoudron und Asphalt	115
Eigenschaften des Braunkohlenteergoudrons	115
3. Der Asphalt aus Erdölen:	
Gewinnung bei der Destillation des Rohöls	116
Beziehungen der Erdölrückstände zum Naturasphalt	116
Erdöle mit Paraffin- und Asphaltbasis	117
Physikalische und chemische Eigenschaften der rohen Erdöle, spezifisches Gewicht und Siedegrenzen	118
Elementare Zusammensetzung	118
Nähere Bestandteile	119
Klassifikation, Kohlenwasserstoffreihen	119
Sauerstoffverbindungen	119
Schwefelverbindungen	120
Stickstoffverbindungen	120
Verarbeitung der Rohöle	121
Chemische Reinigung: Abfallschwefelsäure und ihre Verarbeitung auf Asphaltprodukte	121
Verarbeitung der Destillationsrückstände auf Asphalt	121
Durch Einwirkung von Luft	125
Durch Einwirkung von Schwefel	126
Durch andere Reagentien	127

4. Asphalt aus der Mineralölvergasung:	Seite
a) Asphalt aus dem Ölgasprozeß	128
Bestandteile des Ölgasteers	129
Beziehungen zum Steinkohlen- und Braunkohlenteer	129
b) Asphalt aus Wassergasteer	129
Entstehung und Verarbeitung	129
5. Das Montanpech (Montanpitch):	
Gewinnung	130
Eigenschaften und Verwendung	130
6. Die Fettpeche:	
Stearinpech, Cottonpech, Wollschweißpech, Gewinnung, Eigen- schaften und Verwendung	131
7. Harzpech (Burgunderpech) und Holzteerpech:	
Kolophoniumpech, Holzteerpech	131

II. Technischer Teil.

Allgemeine Einleitung. Bedeutung des Asphalts für Industrie und Gewerbe	134
Massenverbrauch und Möglichkeit der Deckung des Bedarfs	135
Sechstes Kapitel. Der Stampfasphalt und die Ausführung von Stampf- asphaltarbeiten	136
Bergmännische Gewinnung des Asphaltkalksteins	136
Mageres und fettes Gestein	136
Abweichungen im Bitumengehalt	137
Sortierung des Gesteins nach Gehalt	137
Die Aufbereitung des Asphaltsteins:	
Steinbrecher	138
Desintegratoren	139
Sichtmaschinen	142
Zerkleinerungsanlage für Asphaltstein	142
Vorschläge zur Verbesserung des Asphaltpulvers	144
Künstliche Herstellung	145
Aufschließung des Gesteins mit Schwefelsäure	146
Zusatz von Kautschuklösungen	147
Die Ausführung von Stampfasphaltarbeiten:	
Regulierung des Planums	148
Ausführung der Unterbettung	148
Betonmaterialien, deren Mischung und Aufbringung	148
Rücksicht auf Straßenbahngeleise	149
Ausführung der Straßendecke	150
Beschaffenheit und Vorbereitung des Materials	150
Anwärmen des Asphaltpulvers	151
Rotierende Trommeln	152
Asphalt Darren	153
Aufbringen und Ausgleichen des Pulvers	153
Einwalzen des Asphaltpulvers	154
Stampfen der eingewalzten Decke	155
Vollendung der Komprimierung durch den Verkehr	156
Maschinelles Stampfen der Asphaltdecke	157
Vorzüge und Nachteile der Stampfasphaltstraßen	157
Einfluß des Straßenbahnverkehrs	158
Befestigung der Straßenbahnschienen	159
Stampfasphaltplatten und deren Herstellung in der Fabrik	160
Vorteile der Stampfasphaltplatten	163
Verlegung der Stampfasphaltplatten	164
Vergleich der Stampfasphaltstraße mit anderen Pflasterungsarten	164
Beseitigung der Glätte und Schlüpfrigkeit	165
Ausführung von Reparaturen	166

	Seite
Siebentes Kapitel. Der Gußasphalt und die Ausführung von Guß- asphaltarbeiten.	167
Wesen des Gußasphalts	167
Fabrikation von Asphaltgoudron und -mastix:	
Primitive Gewinnung von Bergteer	168
Ausschmelzen aus bituminösem Gestein	168
Gewinnung durch Extraktion	169
Herstellung von Goudron aus Erdpech	170
Flußmittel: flüssiger Asphalt, Erdölrückstände, Schieferöl, Paraffinöl	171
Einfluß der Flußmittel auf die Qualität	171
Herstellung des Goudrons	172
Goudronpfannen und mechanische Rührwerke	172
Verfahren zu Seyssel	173
Herstellung des Asphaltmastix	175
Bitumengehalt des Asphaltmastix	176
Berechnung des Mischungsverhältnisses	176
Schmelzkessel für Mastix	177
Führung des Schmelzprozesses	178
Gießen der Brote	179
Herstellung von Mastix ohne Verwendung von Asphaltkalkstein	180
Amerikanisches Verfahren	181
Andere Vorschläge	183
Mastix aus künstlichem Asphalt: Parkettasphalt, Pflasterkitt, Tonrohrkitt	184
Weitere Vorschläge	184
Die Ausführung von Gußasphaltarbeiten:	
Gußasphalt als Fußbodenbelag	190
Herstellung der Gußmasse	190
Schmelzkessel für Hand- oder Maschinenbetrieb	191
Transportable Schmelzkessel	192
Asphalttransportwagen mit Rührwerk	192
Mischungsverhältnis der Gußmasse	193
Beschaffenheit der Füllmaterialien	194
Aufstellung der Werkzeuge	195
Der Prozeß des Einschmelzens	197
Die Herstellung der Asphaltdecke	198
Das Glätten und Abreiben der Oberfläche	198
„Granulin-Asphalt“	199
Verbesserung durch Einbau von Eisenrippen	199
Oberflächenbehandlung bei Kegelbahnen	201
Abdeckung von Dächern, Veranden und Brücken	201
Herstellung und Verlegen von Platten aus Gußasphalt	202
Abdeckung von Fundamentmauern	203
Isolieren von wasserdichten Behältern	204
Verlegen von Stabfußböden	205
Ausgießen der Fugen von Straßenpflaster	206
Verdichten der Muffen von Steinzeugröhren	207
Gemauerte und Beton-Kanäle mit Asphaltisolierung	212
Säurefeste Reservoirs für chemische Fabriken	213
Maschinen- und Hammerfundamente aus Gußasphalt	214
Achtes Kapitel. Der Walzasphalt und die Ausführung von Walz- asphaltarbeiten.	216
Beziehungen des Walzasphalts zu Stampfasphalt und Gußasphalt	216
Erfindung des Walzasphalts durch E. J. de Smedt	216
Veranlassung zu seinen Versuchen	216
Erste Versuche in Newark	216

1. Die Rohmaterialien für Walzasphalt:	Seite
Korngröße und Mischungsverhältnis der Füllstoffe	217
Bestimmung durch Maschensiebsätze	218
Bestimmung durch differenzierende Wassermessung	218
Qualität und Menge des zu verwendenden Bitumens	219
Probe auf genügenden Zusatz	219
Bitumen und Flußmittel: Ölasphalte von der Destillation asphaltischer Rohöle, Trinidad- und Bermudezasphalt, asphaltische Erdöle von Kalifornien und Texas	219
Einfluß der Fabrikationsweise auf die Beschaffenheit der Flußmittel; Vermeidung der Carbenbildung	219
Tabelle über die Eigenschaften verwendeter Asphalte	220
2. Die Ausführung von Walzasphaltarbeiten:	
Verschiedene Arten der Ausführung	222
Unterbettung: Zementbeton, genügend festgefahrener alter Makadam, Kopfsteinpflaster oder sonstige, gebrauchte Oberflächenbefestigung	223
Herstellung der Mischung (Mischverfahren)	226
Transportable und stationäre Mischanlagen	226
Betrieb der Mischanlagen	227
Auftragen und Ausbreiten des Materials	229
Einwalzen der Beschüttung	229
Aufbringen der Verschußdecke	230
Die Nachteile des Makadamverfahrens in Form sogenannter offener Binder	231
Die Ausführung nach dem Tränk- oder Penetrationsverfahren	231
Durch Handarbeit	233
Nach der Tauchmethode	234
Unter Verwendung von Asphalt emulsionen	235
Herstellung und Verlegung von Walzasphalt in Platten und Blöcken	235
Fabrikationsanlage hierzu	236
Wahl der Ausführungsform	237
Vorzüge der Walzasphaltstraßen	238
Reparaturen und Unterhaltungskosten	239
Ähnliche Verfahren unter anderem Namen	240
Neuntes Kapitel. Straßenteerung und Teermakadam	241
Vorzüge der bituminösen Straßenoberfläche	241
Früheste Verwendung des Teers zum Straßenbau in England	242
Bekämpfung der Staubplage durch Teeren der Landstraßen	242
Entwicklung der Straßenteerung in England	242
Oberflächenteerung und Innenteerung („tarmac“)	242
Bedeutung der Teerstraßen	243
Entwicklung der Teerstraßen in Frankreich und Amerika	243
1. Straßenteerung:	
Bedingungen für die Oberflächenteerung	243
Ausführung der Oberflächenteerung	244
Qualität des Straßenteers	244
Aufbringen des Teers: durch Handarbeit	246
„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ durch Teersprengmaschinen	247
Verschiedene Konstruktion der Sprengwagen	248
Erleichterung des Eindringens von Teer in die Straßendecke	249
Teerverbrauch und Kosten der Teerung	249
Unterhaltungskosten geteeter Straßen	250
Vorteile der Straßenteerung	250
Straßenteerung mit Teeremulsionen (Kiton usw.)	251
Oberflächenasphaltierung mit asphaltischen Erdölrückständen und flüssigen Asphalten	253
Ausführung und Vorzüge derselben	254

	Seite
2. Teermakadam:	
Verschiedene Ausführungsformen	254
Kosten und Beschaffenheit der Rohmaterialien	254
Mischungsverhältnisse	255
Verlegung der Unterbettung	255
Benutzung alter Straßendämme	255
Ausführung des Teermakadamverfahrens (tarmac)	255
Ausführung des Pechmakadamverfahrens (Pitch grouted Macadam)	256
Verfahren der Northern Quarries Co. Ltd. „Quarrite-Pavement“	258
Verfahren von Aeberli	259
Verfahren der Westdeutschen Teer- und Asphaltwerke	259
Raschigs Kitionverfahren	260
Kombination von Teermakadam mit Stampfasphalt nach dem Verfahren der Neuchatel Asphalte Co. Ltd.	260
Kunststeine und Platten aus Pechmakadam	261
Warren Bros. Bithulitic Pavement	261
Pyknotonpflaster	262
Kosten der Fahrbahnbefestigung mit verschiedenen Materialien	262
Wirtschaftlicher Wert verschiedener Straßenbefestigungsarten	263
Verteilung des Straßenpflasters deutscher Großstädte auf die verschiedenen Oberflächenbefestigungsarten	264
Zehntes Kapitel. Die Fabrikation der Dachpappe u. der Isolierplatten	265
Geschichtliches über die Entwicklung der Dachpappenindustrie	265
1. Die Rohmaterialien zur Fabrikation von Dachpappen und Isolierplatten:	
Rohpappe: Stärke, Gewicht und Zusammensetzung	267
Normalien des Verbandes deutscher Dachpappenfabrikanten	269
Untersuchung auf Festigkeit, Aschengehalt, Feuchtigkeit, Saugfähigkeit und Zusammensetzung des Stoffs	270
Asphaltfilz	273
Holzzementpapier	274
Bestreuungsmaterialien	274
Sichtung von Sand und Kies	275
Imprägnierungsmaterialien, Rolle derselben	276
Der Steinkohlenteer, destillierter und präparierter Teer	276
Vorzüge und Nachteile derselben	278
Qualitätsanforderungen	278
Die Erdölrückstände	279
Verwendung unter Zusatz von Fettpechen	279
Unmöglichkeit der Besandung der Pappen	279
Die natürlichen Asphalte: Trinidad-, Venezuela-, Bermudez und Maracaiboasphalt, Rückstände aus Erdölen mit Asphaltbasis von Mexiko, Kalifornien, Texas usw.	279
Präparierung derselben unter Zusatz von Flußmitteln	280
Notwendigkeit besonderer Imprägnier- und Überzugsmittel	280
Herstellung der letzteren aus Hartasphalten (Asphaltiten), wie Grahamit, Gilsonit, Uintait, durch Aufschließen mit Mineralölrückständen	280
2. Die Fabrikation der Dachpappe:	
a) Teerdachpappe, nach altem Verfahren mit Handbetrieb	281
Einrichtung der Imprägnierpfanne	281
Ein- und Ausdrehwalzen	282
Besandung	285
Sandstreuapparat	285
Unbesandete, einseitig und beiderseits besandete Dachpappe	287
Stapeln und Aufrollen der Dachpappe	288
Leistungsfähigkeit der Imprägnierpfanne	288
Herstellung der Teerdachpappe durch maschinellen und kontinuierlichen Betrieb	289

	Seite
Imprägnierapparate nach dem Revolversystem	289
Ersparnis an Arbeitslohn und Leistungsfähigkeit der Apparate	291
Imprägnierpfannen nach dem Durchzugssystem	292
Ununterbrochener Betrieb und Leistungsfähigkeit	293
Gewichtszunahme beim Teeren und Sanden	294
Einrichtung und Betrieb einer modernen Teerdachpappenfabrik	295
b) Asphalt Dachpappe:	
Entwicklung des maschinellen Betriebes in Amerika	295
Allgemeine Beschreibung des Verfahrens	295
Notwendigkeit der doppelten Tauchung	295
Qualität der Rohpappe	296
Schematische Darstellung der Fabrikation: Imprägnierung und Aufbringung der Deckmasse	296
Kühlen und Bestreuen mit Speckstein	298
Fabrikanlage zur maschinellen und kontinuierlichen Herstellung von Asphalt Dachpappe nach Heinrich Hirzel, G. m. b. H., Leipzig-Plagwitz	299
Herstellung der sogenannten „Ready-Roofings“ (bekiesten Asphalt Dachpappen) in Amerika	300
Neuere Patente über Dachpappe	301
3. Die Herstellung der Isolierplatten:	
Allgemeines über Isolierung von Mauerwerk	302
Vorteile der Isolierplatten	303
Fabrikation der Isolierplatten	304
Zugfestigkeit und Dehnbarkeit der Isolierplatten	306
Elftes Kapitel. Die Anwendung der Dachpappen und der Isolier- platten	307
Vorzüge des Pappdaches	307
Neigungswinkel	309
Einwände gegen das Pappdach und deren Widerlegung	309
1. Die Ausführung von Pappdächern:	
Verschiedene Arten der Eindeckung	310
Allgemeine Erfordernisse für die Ausführung	311
Das einfache Pappdach	311
Eindeckung auf Leisten	312
Glatte Eindeckung	313
Anschlüsse und Dachrinnen	314
Das doppel- und mehrlagige Pappdach	315
Ausführung in ganzen Bahnen	315
Ausführung in halben Bahnen	315
Das Holzzement- und Kiespappdach	316
Ausführung des Holzzementdaches	316
Vorschriftsmäßiger Neigungswinkel	317
Vorzüge des Holzzementdaches	318
Ausführung des Kiespappdaches	319
a) auf Brettverschalung	319
b) auf massiver Unterlage	320
Vorzüge des Kiespappdaches	321
Das Zierpappdach	321
Ausführung von Zierpappdächern	321
Vorzüge der Zierpappdächer	322
2. Die Anwendung der Isolierplatten und Dachpappen zum Schutz des Mauerwerks:	
Abdeckung von Fundamentmauern mit Isolierplatten	324
Abdeckung von Gewölbeflächen mit Isolierplatten	325
Isolierung unterirdischer Tunnel- und Kelleranlagen gegen Grund- wasser	326
Isolierung von Wandverputz gegen Nässe	327

	Seite
Zwölftes Kapitel. Anderweitige Verwendung des Asphalts	329
Vielseitigkeit der Anwendung	329
I. Lacke, Firnisse und Anstrichmittel:	
Allgemeine Charakterisierung dieser Produkte	329
Eignung der Asphalte für diesen Zweck	329
Verhalten der Asphaltlacke gegen Licht und Wärme	330
Asphaltmaterialien zur Lackfabrikation	330
Aufbereitung des Rohmaterials und Schutz gegen zerstörende Einflüsse	331
Die Lösungsmittel	332
1. Lacke und Anstriche aus künstlichem Asphalt:	
Rohrer Steinkohlenteer und seine Verwendung	333
Raffinierter und präparierter Steinkohlenteer, Imprägnierteer, Dachlack	335
Bessere Lacke und Firnisse aus Steinkohlenteer, Braunkohlen- goudron usw.	337
Verbesserung der Teerlacke durch Vulkanisieren mit Schwefel und dergleichen	340
Holzzement	341
F. Raschigs „Kiton“	344
2. Lacke und Firnisse aus Mischungen von natürlichen und künstlichen Asphalten:	
Feiner, schwarzer Asphaltlack	345
Grundierlack	345
Lederlacke	345
3. Lacke und Lackfirnisse aus natürlichem Asphalt.	
Allgemeine Charakteristik der hergestellten Produkte	346
Ältere Vorschriften für Öllacke	346
Neuere Rezepte für Lacke der verschiedensten Art	347
II. Elektrotechnische Isoliermaterialien:	
Zweck und Verwendung derselben	348
Wahl des Rohmaterials	348
Anforderungen an elektrotechnische Isoliermaterialien	349
Form der Isoliermaterialien	349
Rohmaterialien: Binde- und Imprägniermittel, Füllmaterialien	349
Der Asphalt als Rohmaterial	350
Guttapercha-Ersatzmittel	352
Isolierungsmassen für Leitungsdrähte, schützende Überzüge usw.	352
Formbare Massen und Preßstücke	353
Isolierlacke	353
Bindemittel zur Fabrikation elektrischer und galvanischer Kohlen usw.	354
III. Kautschukersatzstoffe:	
Allgemeines über deren Herstellung	354
Verwendung der Asphalte in der Kautschukindustrie	355
Surrogate für Kautschuk und Guttapercha	356
Ersatzmittel für Hartgummi (Grammophonplatten)	359
Wasserdichte Gewebe	359
IV. Kitte und Klebstoffe:	
Allgemeine Charakterisierung dieser Stoffe	360
Marineleim	360
Kitte für verschiedene Zwecke	361
Klebstoffe für Segelleinen usw.	361

V. Röhren und Formstücke:	Seite
Gegossene Röhren	362
Röhren mit Metall und Glaseinlage	362
Gewickelte Röhren aus asphaltiertem Papier	363
Röhren aus asphaltiertem Holz	366
Korksteine	368
Korkasphalt als Wärmeschutzmittel	371
VI. Heliographie und Heliogravüre:	
Erfindung derselben durch Nicéphore Niépce	372
Aktivierung des Asphalts gegen die Wirkung des Lichtes	372
Herstellung lichtempfindlicher Lösungen, Platten und Papiere	373
Arbeiten von Kayser, Eder und Valenta über die lichtempfindlichen Bestandteile des Asphalts	374
Aktivierung auf rein chemischem Wege nach Valenta	375
Lichtempfindlicher, künstlicher Asphalt	376

III. Analytischer Teil.

Dreizehntes Kapitel. Physikalische Methoden zur Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte	378
Einführung	378
Besonderer Wert der physikalischen Untersuchungsmethoden	379
1. Allgemeine Unterscheidungsmerkmale:	
Aussehen, Farbe, Glanz und Strich	379
Geruch und Gefühl	380
Tupf- und Nadelprobe	380
2. Bestimmung des spezifischen Gewichtes:	
Abhängigkeit vom Mineralgehalt	381
Bestimmung nach der Schwimmethode	381
Bestimmung mit Sommers Aräopyknometer	381
Bestimmung im Pyknometer	381
3. Bestimmung des Schmelzpunktes (Erweichungspunktes):	
Einfluß der festen Verunreinigungen	383
Apparate von Mabery und Sieplein, Kóvacs usw.	383
Apparat von Kraemer und Sarnow	387
Modifikation von Graefe, Wendriner, Bauert, Offermann und Thieberger	389
4. Bestimmung der Härte:	
Mohssche Härteskala	393
5. Bestimmung der Penetration:	
Prinzip des Verfahrens	393
Maschinen von Bowen und Dow	393
Arbeitsweise mit dem Apparat	395
Maschine von Clifford Richardson	397
Maschine von Abraham	398
6. Bestimmung der Duktilität:	
Prinzip des Verfahrens	398
Duktilometer von Dow und Smith	399
Arbeitsweise mit dem Apparat	399
7. Bestimmung der Viskosität:	
Schwierigkeiten bei der Ausführung	400
Englers Viskosimeter	400
Float-Test oder Schwimmprobe	403
Fließprobe (Flow-Test)	404
Lunges Teerprüfer	404
Apparat von Dr. Paul Meyer, A.-G.	406
Apparat von J. Hutchinson	407

8. Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes:	Seite
Apparat von Pensky und Martens	408
9. Prüfung auf Flüchtigkeit:	
Apparat des New York Testing Laboratory	409
 Vierzehntes Kapitel. Chemische Methoden zur Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte	 411
Schwierigkeit der Materie	411
I. Allgemeine Prüfungsmethoden:	
1. Bestimmung des Wassergehaltes	411
2. Bestimmung des Aschengehaltes	412
3. Bestimmung des Koksrückstandes	412
4. Bestimmung des Bitumengehaltes durch Extraktion:	
Apparat von Graefe	414
Bestimmung auf kaltem Wege mit Schwefelkohlenstoff	415
Amerikanische Methoden	416
Bestimmung des Bitumens bei Teeren und Pechen	416
Sukzessive Extraktion zur Bestimmung von einzelnen Körper- gruppen (Petrolene, Malthene, Asphaltene und Carbene)	417
Die Schwarzsche Butanonmethode	418
5. Bestimmung des Asphalts in Erdölen:	
Nach Holde und A. Flachs	419
Trennung der öligen Bestandteile auf anderem Wege	420
6. Bestimmung der elementaren Bestandteile:	
Bestimmung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Stickstoffs	421
Bestimmung des Schwefels durch Oxydation mit Salpetersäure und anderen Oxydationsmitteln	422
Bestimmung des Schwefels nach v. Konek in der kalorimetri- schen Bombe	424
Bestimmung des Schwefels durch Vorbrennen in der Lampe nach Engler, Graefe u. a.	425
II. Besondere Untersuchungsmethoden:	
1. Unterscheidung der natürlichen und künstlichen Asphalte und Prüfung von Gemischen:	
Optische Unterscheidungsmerkmale	428
Charakteristische chemische Unterscheidungsmerkmale	429
Nachweis und Bestimmung von Petrolrückständen im Natur- asphalt	431
Nachweis und Bestimmung von Naturasphalt in Petrolrück- ständen	433
Erkennung von Braunkohlenteerpech im Naturasphalt	436
Erkennung und Bestimmung von Steinkohlenteerpech im Natur- asphalt	437
Nachweis von Fettpechen im Naturasphalt	439
Trennung aromatischer und aliphatischer Kohlenwasserstoffe	441
2. Prüfung und Untersuchung von Erdölresiduen und Pechen.	
Allgemeines Verfahren für die Untersuchung von Erdölresiduen	442
Qualitätsbedingung für Petroleumasphalte	442
Schwefelgehalt natürlicher Asphalte und Erdölresiduen	444
Verschiedenheit der Erdölasphalte	444
Unterscheidung der Pecher vom Erdölasphalt	445
Nachweis und Bestimmung von Naturasphalt und Erdölpech im Steinkohlenteerpech	447

	Seite
Zusammensetzung und Untersuchung der Fettpeche	447
Unterscheidung von Wollfettpech und Stearinpech	447
Nachweis und Bestimmung von Erdölpech im Fettpech	447
Nachweis und Bestimmung von Fettpech im Erdölpech	448
Nachweis von Steinkohlenteerpech und Braunkohlenteerpech im Fettpech	448
Fünfzehntes Kapitel. Technische Prüfung und Untersuchung von Asphaltmaterialien	449
1. und 2. Stampfasphalt und Gußasphalt:	
Bestimmung des Bitumengehaltes mit Schwefelkohlenstoff bei gewöhn- licher Temperatur	449
Bestimmung des Bitumengehaltes nach Bornemann mit Salzsäure und Chloroform usw.	449
Bestimmung des Bitumengehaltes nach Holde und Schäfer	451
Bestimmung des Bitumengehaltes nach Pretzner mit Äthersalzsäure	451
Bestimmung der Druckfestigkeit	452
Bestimmung der Zugfestigkeit	454
3. Prüfung der Mischungen für Walzasphalt:	
Bestimmung des Bitumengehaltes	456
Klassieren der Mineralbestandteile	456
Untersuchung des Bitumens	459
Bestimmung der Bruchfestigkeit	460
Bestimmung der Stoßfestigkeit	460
Bestimmung der Abnutzbarkeit	460
Bestimmung der Dichtigkeit des Gefüges	461
Zusammenstellung eines Prüfungsergebnisses	461
4. Dachpappen, Isolierplatten usw.	
Chemisch-technische Untersuchung	462
Ermittelung der Stärke	462
Bestimmung der Zugfestigkeit und des Dehnbarkeitskoeffizienten . .	463
Bestimmung der Druckfestigkeit	464
Prüfung auf Wasserundurchlässigkeit	464
Bestimmung der Wärmedurchlässigkeit	466
5. Asphalt- und Eisenlacke, Isolierlacke u. dgl.:	
Ermittelung des Lösungsmittels und der Natur des Asphalts	474
Prüfung auf Trockenfähigkeit, Glanz, Elastizität usw.	476
Prüfung auf Rostschuttfähigkeit	476
6. Goudrons, Kitten, Klebmassen, Holzzement usw.:	
Identifizierung des Goudrons	477
Prüfung und Untersuchung von Mastix und Asphaltkitten	478
Untersuchung von Klebmassen und Holzzement	481
Nachträge	483
Namenregister	492
Orts- und Sachregister	499

I.

WISSENSCHAFTLICHER TEIL

Einleitung.

Begriff und Klassifikation des Asphalts.

Der Name „Asphalt“ oder „Bitumen“¹⁾ führt uns zurück bis in die fernsten Zeiten menschlicher Kultur. Asphalt ist der griechische Ausdruck für Erdpech: ἡ ἄσφαλτος, womit man einen unveränderlichen Körper bezeichnet; das lateinische „Bitumen“ leitet sich ab aus *pix tumens* und bedeutet so viel als auffallendes, glühendes Pech.

Bituminöse Körper kommen in großer Verbreitung und in den mannigfaltigsten Zuständen in der Natur vor, und die Kenntnis derselben verliert sich im grauen Altertum. Man kennt sie in tropfbar-flüssiger, zähflüssiger und fester Form, im Zustande größter Reinheit bis herab zum bituminösen Gestein, welches nur wenige Prozente davon enthält. Es liegt sogar kein logischer Grund vor, die natürlichen Erdgase nicht zu den Bitumen zu zählen, denn es handelt sich hierbei um eine lückenlose Reihe von Kohlenwasserstoffen, vom Methan begonnen bis hinauf zu den härtesten Asphalten, wie Gilsonit und Grahamit.

Allen diesen bituminösen Körpern kommt als gemeinsame Eigenschaft zu, daß sie Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff in wechselnden Verhältnissen darstellen. Die gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoff-

¹⁾ Literatur: J. Swoboda, *Der Asphalt und seine Verwendung*. Hamburg u. Leipzig 1904; Clifford Richardson, *On the Nature and Origin of Asphalt*. 2. Ed. Long Island City (N. Y.) 1910; Derselbe, *The Modern Asphalt Pavement*, New York 1905; Léon Malo, *L'Asphalte, son origine, sa préparation, ses applications*. Paris 1888; Leo Strippelmann, *Die Petroleum-Industrie Österreich-Deutschlands usw.* Leipzig 1878; W. H. Delano, *Twenty Years Practical Experiences of Natural Asphalt and Mineral Bitumen*. London u. New York 1893; L. Meyn, *Der Asphalt*. Halle a. S. 1872; R. Kayser, *Untersuchungen über natürliche Asphalte*. Nürnberg 1879; E. Dietrich, *Die Baumaterialien der Asphaltstraßen*. Berlin 1881; V. Křepelka, *Über Methoden der Unterscheidung der natürlichen von den künstlichen Asphalten*. Inaugural-Dissertation Zürich 1904; G. Lunge, *Aufstellung einer einheitlichen Definition und Nomenklatur des Bitumens*. Bericht zum Brüsseler Kongreß des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik 1906; E. Nöthling, *Der Asphalt*. Leipzig 1899; Ellice Clark, *Asphalt and its Application to Streetpaving*. London 1879; Chabrier, *The Applications of Asphalt*. London 1878; F. Lindenberg, *Die Asphalt-Industrie*. Wien, Pest u. Leipzig; E. O. Schubarth, *Über Asphaltstraßen*. Berlin 1881; Derselbe, *Asphalt, Asphaltstraßen und Asphaltstraßen*. München 1888; S. F. Peckham, *Asphalt Paving*, Report of the Commissioners of Accounts of the City of New York, 1904; Derselbe, *Solid Bitumen*. New York; Franz Woas, *Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung*. Berlin 1880; C. Engler u. H. v. Höfer, *Das Erdöl*, Leipzig, Verlag von S. Hirzel.

verbindungen derselben sind meist frei oder fast frei von Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff, während die zähflüssigen oder festen Varietäten davon häufig größere Mengen enthalten. Der Geruch ist bei allen eigentümlich „bituminös“, die Farbe wechselnd, bei den flüssigen von gelb bis braun, bei den zähflüssigen und festen von dunkelbraun bis schwarz. Von anderen in der Natur vorkommenden, in der Hauptsache aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden organischen Körpern, wie z. B. Steinkohle, Braunkohle u. dgl., unterscheiden sie sich scharf durch ihr Verhalten gegen Lösungsmittel, wie Schwefelkohlenstoff, Kohlenwasserstoffe der Fett- und aromatischen Reihe, Alkohol, Äther, Chloroform u. dgl., worin diese so gut wie unlöslich sind.

Ausgenommen hiervon sind nur gewisse Arten der Braunkohle, wie der Pyropissit und die Schwelkohle, die beträchtliche Mengen in organischen Lösungsmitteln lösliche Substanzen enthalten, die bei den reichen Sorten bis über 50 Proz. ausmachen können.

Die Kohlen liefern bei der trockenen Destillation neben brennbaren Gasen einen flüssigen Teer, der bei weiterer Verarbeitung teils flüssige, teils feste Destillationsprodukte ergibt, welche gleichfalls Kohlenwasserstoffverbindungen sind und mit den erwähnten Naturprodukten äußerlich eine große Ähnlichkeit besitzen, sich von ihnen aber durch ihr chemisches Verhalten und besonders ihre physikalischen Eigenschaften wesentlich unterscheiden. Der feste Destillationsrückstand dieser Teere, das „Pech“, ist von schwarzer Farbe, leicht schmelzbar und verhält sich gegen Lösungsmittel ähnlich wie natürlicher Asphalt, für den es häufig als Ersatz verwendet wird. Man bezeichnet es vielfach als „künstlichen Asphalt“.

Dieses Verhalten der fossilen Brennmaterialien hat zu der, wie wir später sehen werden, irrigen Annahme geführt, daß die natürlichen Bitumen daraus auf ähnliche Weise entstanden sind, wie wir die künstlichen herstellen können, nämlich auf dem Wege der trockenen Destillation durch die Wirkung der Erdwärme.

In wissenschaftlicher und technischer Beziehung ist der Begriff „Asphalt“ durchaus verschieden und muß streng auseinandergehalten werden. Die Mineralogie versteht darunter nur das reinste Vorkommen dieses Bitumens, ohne irgend welche Gangart, wofür der Asphalt vom Toten Meer, dem „Asphaltites“ der Alten, typisch ist. Die mit mineralischen Beimengungen verunreinigten Varietäten dieses harten Bitumens nennt sie „erdiger Asphalt“ oder „Erdpech“, hierzu ist beispielsweise das Vorkommen auf der Insel Trinidad zu zählen. Als „Bergteer“ oder „Malthe“ bezeichnet sie die zähflüssigen Produkte, welche selten im Zustande der Reinheit, meist in Drusen in bituminösem Gestein angetroffen werden und daher auch den organischen Bestandteil des letzteren bilden. „Erdöl“, „Steinöl“ und „Naphtha“ endlich sind für sie die flüssigen Produkte mit mehr oder weniger hohem Siedepunkt, welche an manchen Orten aus der Erde sickern, an anderen beim Anbohren des Gesteins mit großem Geräusch als Fontäne sich haushoch in die Luft erheben.

Zwischen allen diesen Bitumen besteht ein Unterschied nur dem Grade nach und sie können unter Umständen durch äußere Einflüsse von der einen Form in die andere übergehen.

Die Technik kennt diese Unterschiede nicht und versteht unter der Bezeichnung Asphalt die verschiedenartigsten Natur- und Kunstprodukte. Es

gibt hier kaum einen Unterschied in der Bezeichnung, und unter Asphalt versteht man sowohl das reinste, nur zur Herstellung feinsten Lacke dienende Bitumen des Toten Meeres, den sogenannten syrischen Asphalt, wie auch dessen Surrogate, die verschiedenen Teerpeche oder die zur Herstellung geräuschloser Pflasterungen dienenden bituminösen Kalksteine; ja selbst das daraus hergestellte Pflaster wird häufig kurzerhand „Asphalt“ genannt [unseres Wissens zuerst von Léon Malo¹⁾], und ein findiger Dachpappenfabrikant hat es sogar fertig gebracht, die aus Wollfaser und Steinkohlenteer hergestellte Dachpappe als „Asphalt in Rollen“ in den Handel zu bringen.

Delano²⁾ unterscheidet streng zwischen Asphalt und Bitumen; nach ihm ist der Ausdruck Asphalt nur für einen bituminösen Kalkstein zu gebrauchen, in welchem kohlenaurer Kalk und das reine mineralische Bitumen ausschließlich durch die Wirkung der Naturkräfte innig miteinander verbunden sind. Bitumen dagegen ist der prinzipielle Bestandteil des Asphalts, welcher diesem durch Lösungsmittel entzogen werden kann, sich auch in reinerer Form als sogenanntes „Mineralpech“ im Pechsee von Trinidad und an vielen anderen Orten findet und dessen typischer Vertreter der Extrakt des Asphalts von Seyssel ist. Die Bezeichnung „Asphalt“ in anderem, als in obigem Sinne anzuwenden, betrachtet er geradezu als Mißbrauch, der aufs strengste verurteilt werden sollte, besonders, wenn es sich dabei noch um künstliche Produkte aus Teer-, Erdöl- und Schieferölrückständen handelt. Aber offenbar geht Delano hier viel zu weit, denn nichts berechtigt ihn, den schon in grauer Vorzeit gebräuchlichen Ausdruck Asphalt in seinem Sinne zu usurpieren.

Aus diesen Verhältnissen ist natürlich eine heillose Begriffsverwirrung entstanden, welche dem natürlichen Asphalt und dem Asphaltstein vielfach empfindlich geschadet hat. Selbst die Wissenschaft hat sich häufig dadurch irreführen lassen und vermutete in den von der Technik ausgebeuteten Lagerstätten bituminöser Gesteine ungeheure Fundgruben des ihr längst bekannten natürlichen Asphalts vom Toten Meer, die eingehend beschrieben wurden, obgleich sie kaum Spuren des Minerals in reinem Zustande aufzuweisen hatten³⁾. Heute können diese Verhältnisse als durchaus geklärt gelten, allein der Mißbrauch des Wortes „Asphalt“ ist bestehen geblieben und dürfte auch kaum mehr auszurotten sein.

Um der Verwirrung in der Bedeutung des Begriffes „Asphalt“ ein Ziel zu setzen, ist mehrfach der Versuch gemacht worden, die Asphalte zu klassifizieren. So hat R. Kayser⁴⁾ auf Grund seiner Untersuchungen folgende Einteilung vorgeschlagen:

1. Klasse: Asphalte, nur aus geschwefelten Kohlenwasserstoffen bestehend, wie die Asphalte von Trinidad, dem Toten Meere usw.
2. Klasse: Asphalttoide, d. h. solche Asphalte, welche eine Lösung von geschwefelten Kohlenwasserstoffen in flüssigen oder festen Kohlenwasserstoffen darstellen, wie z. B. der Asphalt von Pechelbronn.

¹⁾ Léon Malo, L'Asphalte, son origine, sa préparation, ses applications. II. Ed. Paris 1888. — ²⁾ Twenty Years Practical Experience of Natural Asphalt and Mineral Bitumen, S. 1 f. London u. New York 1893. — ³⁾ Vgl. Meyn, Der Asphalt, S. 7. Halle 1872. — ⁴⁾ Untersuchungen über natürliche Asphalte, S. 33. Nürnberg 1879.

3. Klasse: Bituminöses Gestein, mit Asphalt getränkter Kalkstein, Sandstein, Dolomit usw., welche sich ihrerseits weiter durch das Grundgestein zu unterscheiden haben.

Diese Definition ist jedoch nicht haltbar, da einmal zwischen Asphalten und Asphaltoiden kein scharfer Unterschied gemacht werden kann insofern, als auch die flüssigen Anteile der Asphaltoiden schwefelhaltig sein können, zum anderen besteht auch zwischen Asphalten und bituminösem Gestein kein Unterschied, da auch die Asphalte teilweise wesentliche Mengen von Mineralbestandteilen enthalten, wie z. B. Trinidadasphalt und andererseits bituminöse Gesteine gefunden worden sind, die in ihrem Asphaltgehalt dem eigentlichen Asphalte nahe kommen.

Unter Ausschluß der künstlichen Asphalte möchte Meinecke¹⁾ die natürlichen Asphalte nach praktischen Gesichtspunkten in folgende zwei Hauptgruppen einteilen:

I. Eigentliche Asphalte und Asphaltgesteine, d. h. solche Arten, deren Bitumen vorwiegend als ein geologisches Endprodukt angesehen werden kann.

- a) Reine Asphalte mit einem Bitumengehalt von 90 bis 100 Proz.;
- b) Rohasphalte, deren Bitumengehalt etwa 40 bis 60 Proz. beträgt, während der Rest aus mineralischen Verunreinigungen und Wasser besteht;
- c) Asphaltgesteine mit einem Bitumengehalt von 5 bis 20 Proz.

II. Asphaltähnliche Produkte, d. h. solche, deren Bitumen noch als ein in der Umwandlung begriffener Bergteer anzusehen ist, „aus welchem sich infolge geologischer Einflüsse in Jahrtausenden einmal Asphalt bilden kann“.

Aber abgesehen davon, daß es in jedem Falle schwierig sein dürfte, ein „geologisches Endprodukt“ von einem in Jahrtausenden in ein solches übergehenden Zwischenprodukt zu unterscheiden, befindet sich Meinecke mit seiner eigenen Klassifikation im Widerspruch, da es bekannt ist, daß das Bitumen der Asphaltgesteine, die er zu den Endprodukten rechnet, teilweise aus Bergteer besteht, von dem er annimmt, daß er noch in der Umwandlung begriffen sei.

H. Höfer²⁾ unterscheidet die Asphalte in:

1. Eigentliche Asphalte oder Erdpeche, als deren typischer Vertreter der Asphalt von Trinidad angesehen werden muß. Es gehören ferner hierher die Asphalte vom Toten Meer, Bermudez, Maracaibo (Venezuela), Bejucal (Kuba), Tamesi River, Tuxpan und Chapapote (Mexiko), La Patera und Santa Barbara (Kalifornien) u. a. m.

2. Asphaltite oder Glanzpeche, worunter die Nichtasphalte oder Pyrobitumen Clifford Richardsons zu zählen sind. Als typischer Vertreter dieser Klasse muß der syrische Asphalt aufgestellt werden. Ferner rechnet man hierzu den Gilsonit (Utah und Kolorado), Grahamit (Indianerterritorium, Westvirginia, Kolorado), Manjac (Barbados), Albertit (Kuba, Mexiko, Utah, Indianerterritorium), Wurtzilith oder Uintahit (Utah).

3. Asphalthaltiges Gestein, wie Asphaltkalkstein vom Val de Travers (Schweiz), Seyssel und Bastennes (Frankreich), Limmer, Vorwohle und Lobsann

¹⁾ Chem.-techn. Untersuchungen über Trinidadgoudron, Biebrich 1895, Verl. von Mattar u. Gaßmus, S. 7. — ²⁾ Engler u. Höfer, Das Erdöl 2, 50.

(Deutschland), Brazza und Moravitza (Dalmatien), Chieti, Salerno Ragusa und Syracus (Italien), Marathoupolis (Griechenland), Ashley Creek und Clear Creek (Utah), Smythe Ranch (Texas) und anderen Orten. Ferner die asphaltigen Sande und Sandsteine, wie die von Lobsann und Hordorf (Deutschland), Tataros und Derna in Österreich-Ungarn, den Schigulewschen Bergen (Rußland), aus Kentucky, Kalifornien, Utah und dem Indianerterritorium (Nordamerika) und von anderen Orten. Das Bitumen der Asphaltgesteine gehört zur Klasse der Asphalte.

Diese Klassifikation lehnt sich an die Ansichten Clifford Richardsons an, der die Bezeichnung Asphalt nur für das Erdpech gelten läßt, dagegen die schwarzen, spröden, muschelrig brechenden Abarten, die vordem in der Geologie den Typus Asphalt repräsentierten, als nicht zum Asphalt gehörig ausschließt. Sie ist auch historisch berechtigt, insofern die Kenntnis des Asphalts zurückreicht bis Herodot, der ihn als Mörtel beim Hausbau zu Babylon erwähnt, wobei es sich jedenfalls nur um Erdpech gehandelt haben konnte, ebenso wie bei dem später bekannt gewordenen Vorkommen am Toten Meer, wovon dasselbe den Namen Asphaltites trug. Die Trennung in Asphalt und Asphaltit ist auch vom geologischen Standpunkt dadurch gerechtfertigt, da beide ganz verschiedene Typen vorstellen und die Asphaltite, im Gegensatz zu den Asphalten, meist gangförmig auftreten. Wir werden uns bei der Einteilung der natürlichen Asphalte dieser Klassifikation bedienen.

C. Engler¹⁾ gibt auf Grund seiner eigenen zahlreichen Forschungen und gestützt auf die Resultate der Untersuchungen vieler anderer Forscher eine Systematik des natürlichen Bitumens auf chemischer Grundlage und unterscheidet dabei folgende Zustandsformen mit den entsprechenden Übergangsformen:

- I. Anabitumen, das noch im Werden begriffene Bitumen.
- II. a) Polybitumen, das durch Polymerisation und Kondensation unlöslich gewordene Endprodukt des Anabitumens.
 - b) Katabitumen, der in Zerfall begriffene löslich gewordene Teil des Polybitumens.
- III. Ecgonobitumen oder fertiges Erdöl, das aber immer noch Katabitumen und kleine Reste von Anabitumen enthält, und schließlich
- IV. Oxybitumen oder Asphalt, das durch Oxydation und Polymerisation aus dem Erdöl entstanden ist.

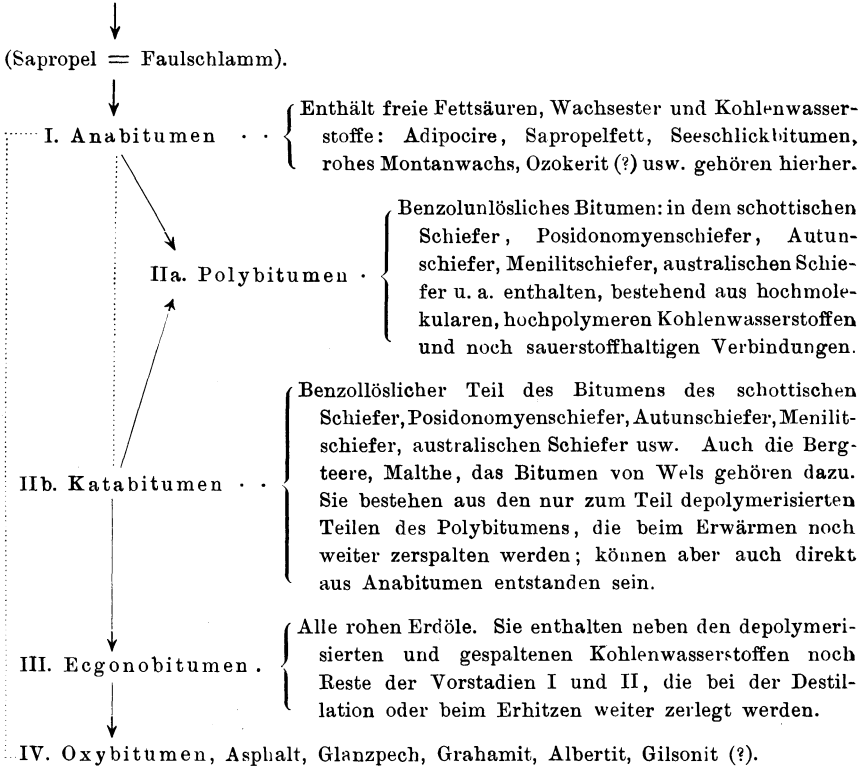
Über den Zusammenhang dieser verschiedenen Formen des Bitumens gibt die Tabelle auf S. 8 ein Bild:

Während die ausgezogenen Verbindungslinien dieses Schemas gewissermaßen den normalen Weg bedeuten sollen, den die organischen Reste bis zur Bildung des Erdöls und Asphalts durchmachen, deuten die punktierten Linien die anderen möglichen Wege an, die direkt zu den Endprodukten führen, denn jede Zwischenform, auch die erste, ebenso das Polybitumen, kann durch Versinkungen in größere Tiefen, Verwerfungen, Überschiebungen, Ausbruch von Eruptivgesteinen, überhaupt durch viele mit stärkeren Warmwirkungen verbundenen Veränderungen, vielleicht auch infolge katalytischer Reaktionen durch Gesteinswirkungen jederzeit mit Überspringen der Zwischenstufen in das Endprodukt, das Erdöl, und auch in Asphalt umgewandelt werden.

¹⁾ Engler u. Höfer, Das Erdöl I, 35 ff.

Diese Systematik gibt zugleich eine kurze Erläuterung der Englerschen Theorie über die Entstehung des Erdöls und seiner Verwandten, auf die wir an anderer Stelle noch eingehender zurückkommen werden.

Tierische und pflanzliche Fett-, Wachs-, (Harz-) usw. Reste.



Auf Grund dieser wissenschaftlichen Erörterungen schließen sich an den Asphalt die Erdölrückstände an, die sich um so mehr dem natürlichen Asphalt nähern werden, je mehr das zu ihrer Herstellung verwendete Petroleum an sich schon gelösten Asphalt enthält, wie es z. B. in hohem Grade bei Trinidadölen, Mexikoölen und Kalifornischen Ölen der Fall ist. Je mehr die Petrolrückstände jedoch aus Zersetzungsprodukten oder gar aus Produkten der chemischen Behandlung des Petroleums, wie Säureharzpechen und Goudrons entstanden sind, um so mehr nähern sie sich dann den künstlichen Asphalten und Pechen, die direkt aus Destillaten erhalten werden, wie z. B. Steinkohlenpech, Braunkohlenpech, Holzteerpech u. dgl. Ebenso wenig wie aber zwischen den verschiedenen Bitumen, vom Erdgas begonnen bis zum festen und spröden Asphalt, eine scharfe Grenze gezogen werden kann, wenn ihre äußersten Glieder scheinbar auch gar nichts Gemeinsames miteinander haben, ebensowenig können zwischen den verschiedenen Asphaltprodukten an sich sprungweise Übergänge gefunden werden, und alle bisherigen Definitionen müssen nur als Versuche betrachtet werden, einigermaßen Ordnung und System in dieses in mehr als einer Beziehung dunkle Gebiet zu bringen.

Ein Vorschlag von Holde¹⁾ geht dahin, die Asphalte und asphaltartigen Kunstprodukte in Übereinstimmung mit ihrer Härte in vier Gruppen: Teer, Pech, Asphalt und Koks, einzuteilen. Wie J. Kovács²⁾ mit Recht ausführt, kann aber auch diese Klassifikation nicht befriedigen, weil dabei der Ursprung des Materials außer acht geblieben ist. Statt dessen empfiehlt er, diese Produkte zu trennen in:

I. Produkte der trockenen Destillation von Teeren und Erdöl:
a) Teer, b) Pech, c) Koks.

II. Asphalt, worunter ausschließlich jene Naturprodukte verstanden sein sollen, welche entweder im reinen Zustande oder gemischt mit Kalk, Sand u. dgl. vorkommen und die in reinem Zustande schwarz und glänzend und bei gewöhnlicher Temperatur teigartig und klebrig, oder auch fest und brüchig sind, einen Schmelzpunkt von nicht unter 35° C besitzen und dabei leicht und vollkommen löslich sind in Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl und Chloroform, aber von verschiedener Löslichkeit in Petroleumäther und Benzol, und in Alkohol meist gänzlich unlöslich sind.

Aber auch diese Einteilung ist keineswegs einwandfrei; es ist kein Grund vorhanden, die asphaltartigen Produkte der Destillation und Verarbeitung des Erdöls, dessen innige Verwandtschaft mit dem natürlichen Asphalt wohl allgemein anerkannt ist, mit den Produkten der künstlichen, pyrogenen Zersetzung der fossilen Brennstoffe, den Teeren, zusammenzuwerfen, welche zwar wohl verwandt in ihrer chemischen Zusammensetzung, aber durchaus verschieden von den Asphalten in ihren physikalischen Eigenschaften sind. In Übereinstimmung mit E. Donath³⁾ nennen wir Peche die Rückstände der Destillation aus solchen Produkten, welche bereits an sich durch eine Destillation aus technischen Prozessen hervorgegangen sind. Erdölresiduen sind daher keine Peche, weil das Erdöl, bei dessen Destillation sie erhalten werden, nicht ein Erzeugnis der Technik, sondern ein Naturprodukt ist. Ganz abgesehen davon gehören sie auch schon wegen der nahen verwandtschaftlichen Beziehungen (Verdampfungsrückstände des Erdöls) weit eher zu den natürlichen als zu den künstlichen Asphalten. Die Peche sind als solche im Ursprungsmaterial nicht vorhanden gewesen.

Für unsere Zwecke genügt die Einteilung des Stoffes in natürliche und künstliche Asphalte. Wie die Verhältnisse einmal liegen, wäre es ein fruchtloses Beginnen, den Namen „Asphalt“ in technischer Beziehung ausschließlich auf dasjenige Produkt anzuwenden, dem er einzig und allein zukommt, dazu hat sich die gemeinsame Bezeichnung dieser Natur- und Kunstprodukte als „Asphalt“ in ihrer vielseitigen Verwendung in der Technik zu sehr eingebürgert, und es hieße die Verwirrung nur vermehren, wollte man heute für die gangbaren Bezeichnungen wieder andere einführen. Es soll deshalb hier auch nicht einmal ein Versuch zu einer neuen Klassifikation unternommen werden.

¹⁾ Chem. Rev. Fett- u. Harz-Ind. 1902, S. 156. — ²⁾ Ebenda. — ³⁾ Chem. Ind. 1904, S. 220.

Erstes Kapitel.

Historische Betrachtung über das Vorkommen, die Herkunft und Verwendung des Asphalts.

Die älteste historische Notiz über das Vorkommen und die Verwendung einer Asphaltart findet sich in der Genesis, Kap. 11, V. 3, wo es im lateinischen Text der Vulgata bei der Erzählung des babylonischen Turmbaus heißt: „Dixitque alter ad proximum suum: Venite, faciamus lateres et coquamus eos igni. Habueruntque lateres pro saxis et bitumen (von Dr. Martin Luther fälschlich mit „Ton“ übersetzt) pro caemento.“ Daß diese Erzählung nicht auf einer bloßen Fabel beruht, beweisen die Ausgrabungen im Tale des Euphrat, welche zeigen, daß in den Niederlassungen Mesopotamiens in der Tat Asphalt als Mörtel benutzt wurde. Jedenfalls muß nicht allein der Asphalt, sondern auch seine Verwendung schon zur Zeit der Abfassung des ersten Buches Moses bekannt gewesen sein, denn es heißt dort Kap. 6, V. 14, daß Noah seine Arche mit Pech ausgekleidet und so wasserdicht gemacht hat.

In Ägypten verwendete man den Asphalt zur Ausmauerung der Gräber der Pharaonen (Pyramiden), sowie zum Einbalsamieren der Leichen hervorragender Persönlichkeiten. Derartig präparierte Leichen wurden Mumien genannt; das Wort stammt aus dem Arabischen und ist vermutlich aus dem persischen Wort „Mumiya“ abgeleitet, womit man eine Art Asphalt bezeichnete. Die älteste erhaltene Mumie besitzt das Museum zu Bulaq; es ist diejenige des Königs Merenre aus der sechsten Dynastie, mindestens 2500 v. Chr.

Das älteste bekannte Vorkommen des Asphalts ist wahrscheinlich das am Toten Meere; hier sammelten es die Juden und verkauften es an die Tyrer und Ägypter zu den genannten Zwecken, und daher stammt auch der bis heute noch gebräuchliche Name „Judenpech“. Auch bei Aristoteles¹⁾ findet sich schon der Name „Asphalt“. Zu Strabos Zeiten sah man den See zuweilen ganz mit Erdpech erfüllt; nach Diodor²⁾ schwammen Massen, kleinen Inseln vergleichbar, auf dem Wasser, was bei dem hohen Salzgehalt des Wassers leicht erklärlich ist. „Nihil in Asphaltite Judaeae lacu, qui bitumen gignit, mergi potest“³⁾. Plinius⁴⁾ kennt auch bereits die Malthe, von der er schreibt: „in Commagene urbe Samosata stagnum est, emittens limum (maltham vocant) flagrantem“. Er erzählt ferner im 35. Buch, wie mannig-

¹⁾ Kobell, Geschichte der Mineralogie, S. 690. — ²⁾ Bibl. hist. **19**, 99, zitiert nach Quenstedt, Mineralogie, S. 750. Tübingen 1863. — ³⁾ Plinius, Hist. nat. **2**, 106. — ⁴⁾ Ebend., S. 108, nach Quenstedt, Mineralogie, S. 751.

fach die Anwendung des Asphalts im Altertum war. Wir erfahren, daß ihn arme Römer zum Anstreichen ihrer Hausgötter benutzten, um diese vor Verwitterung zu schützen, daß das (flüssige) bitumen liquidum nach Herodot von Babylon und Zakynthos, der südlichsten der Ionischen Inseln, ausgeführt und statt des Öls in Lampen gebrannt worden ist, daß es als Universalheilmittel in hohem Rufe stand und gegen Ausschlag, Flechten, Podagra, Epilepsie, Blindheit, Zahnschmerzen und Bauchgrimmen sicher helfen sollte. Selbst auf dem Toilettentisch der Römerin fehlte es nicht und diente zum Färben und Verschönern der Brauen, zum Betupfen der weißen Flecke im Augapfel (albugines), ja selbst im Riechfläschchen der schwachnervigen Damen mußte das Babylonium unsere heutige Eau de Cologne vertreten ¹⁾.

Bei den Persern wurden Erdöl und Asphalt zu Wasserfeuerwerken verwendet, und man behauptet, daß der Asphalt sogar einen der Hauptbestandteile des „Griechischen Feuers“ ausgemacht habe, dessen Zusammensetzung Staatsgeheimnis war und das die Eigenschaft besessen haben soll, auch unter Wasser fortzubrennen. Weniger bedeutend war hier seine Anwendung als Heilmittel; er wurde lediglich zum Schwarzfärben gewisser Salben, sowie zur Herstellung des Asphaltöls gebraucht.

Von späteren Schriftstellern erwähnt Wallerius ²⁾ den Asphalt unter der Bezeichnung bitumen solidum coagulatum. Libavius ³⁾ (Singularium Andreae Libavii, cont VIII libros bituminum et affinum historice, physice, chymice; de Petroleis, Ambra, Halosantho, Succino, Gagate, Asphalto, Pissasphalto, Mumia, Lithanthrace . . . Francofurti 1601, P. Kopff) betrachtet ihn als mit Erdöl, Bernstein, Walrat, Mumia u. dgl. wesentlich zusammengehörig. Die Lagerstätten in Braunschweig und im Elsaß waren ihm schon bekannt. Vom Erdöl unterscheidet er als leichter flüchtigen Bestandteil bereits die Naphta: „Naphta est gygrasphaltus essentialis igneae naturae“ (S. 150). Im übrigen beschränkt er sich auf die Besprechung der Angaben des Plinius, Dioskorides, Hippokrates u. a. über die Verwendung der Bitumen und führt auch an, daß das Erdöl bereits vor 1500 Jahren (also im Jahre 100) zur Beleuchtung angewendet sei („igne Vestae“), sowie bei der Verbrennung des Herkules gedient habe (S. 180) und von Hannibal u. a. zu Kriegszwecken (Griechisches Feuer!) benutzt worden sei. Interessant ist auch eine Angabe von Kopp ⁴⁾, nach welcher die Alchimisten, besonders die „hermetische Gesellschaft“ im „Asphalt“, womit die Alten die Weinstöcke zum Schutz vor Ungeziefer zu bestreichen pflegten, die Lösung des Rätsels der Materia prima (Stein der Weisen) suchten.

Noch im 16. und bis ins 18. Jahrhundert wurden gewisse Sorten Asphalt unter dem Namen „Mumia“ als vortreffliches Mittel gegen Wunden und Knochenbrüche empfohlen und vielfach angewendet, und es ist in dieser Hinsicht bemerkenswert, daß noch in neuerer Zeit M. Vogel ⁵⁾ ein Patent auf Herstellung eines plastischen Verbandes aus Asphalt statt des üblichen Gipsverbandes sich hat erteilen lassen.

Die Verwendung des Asphalts für Bauzwecke scheint auf die Babylonier beschränkt geblieben und mit dem Verfall dieses Kulturvolkes verloren gegangen zu sein. Seine Benutzung als Heilmittel mußte naturgemäß mit dem

¹⁾ Quenstedt, Klar und Wahr, S. 120. Tübingen 1872. — ²⁾ Kobell, Geschichte der Mineralogie, S. 690. — ³⁾ Wagner-Fischers Jahresber. 1886, S. 1075. — ⁴⁾ Geschichte der Chemie 2, 227. — ⁵⁾ D. R.-P. Nr. 17 514.

Fortschreiten der medizinischen Wissenschaft verschwinden, und nur sein Gebrauch für tinktoriale Zwecke, welcher, wie wir gesehen haben, gleichfalls ins graue Altertum zurückreicht, hat sich bis in unsere Zeit erhalten. Erst zu Anfang des vorigen Jahrhunderts wurde die jahrtausendlang verloren gewesene Erfahrung der Alten aufs neue entdeckt und der Asphalt seinem vornehmsten Zweck als vorzügliches Baumaterial wieder zugeführt.

Es war Eirinis¹⁾, ein griechischer Arzt, welcher bei der Berner Regierung in irgend einer Funktion als Sachverständiger angestellt war und um das Jahr 1712 in dieser Eigenschaft das Val de Travers, das wichtigste Quertal des Juragebirges zum Neufchäteler See, bereiste. Er mochte wohl infolge seiner Studien Kenntnis gehabt haben von der Verwendung des Asphalts bei den alten Kulturvölkern, vielleicht auch sind ihm seine naturwissenschaftlichen Kenntnisse bei der Wiedererfindung zu Hilfe gekommen. Gewiß ist, daß er hier einen Deutschen, namens Jost, kennen lernte, welcher gefunden hatte, daß das Gestein der Felswände jenes Tales zum Teil brennbar war und sich infolge seiner weichen, aber zähen Beschaffenheit leicht bearbeiten ließ. Da die Verwendung des Gesteins als Brennmaterial sich als unausführbar erwies, suchte er vergebens nach einem geeigneten Zweck, dem das Material dienen konnte.

Eirinis entdeckte sehr bald die Hauptlagerstätte des Gesteins in der Umgebung von Bois de Croix und fand, daß dasselbe sich für gewisse Zwecke als Baumaterial vortrefflich eignete. Sein Gesuch an den König von Preußen, den damaligen Schutzherrn von Neufchatel, um eine Konzession für alle von ihm in genanntem Fürstentum aufzufindenden Asphaltlagerstätten wurde günstig beschieden, und diese Konzession müssen wir als den Geburtschein der modernen Asphaltindustrie betrachten.

Es ist im höchsten Grade beachtenswert, daß Eirinis die Fabrikation und die Art der Verwendung des Asphaltmastix schon in genau derselben Weise durchgeführt hat, wie dies im großen und ganzen noch heute geschieht. In seiner 1721 erschienenen, 1784 neu aufgelegten Schrift: „Dissertation sur l'asphalte ou ancien ciment naturel, découvert depuis quelques années au Val de Travers dans le comté de Neufchatel par le Sieur E. d'Eyrinis, professeur grec et docteur en médecine, avec la manière de l'employer tant sur la pierre, que sur le bois“ spricht er sich folgendermaßen aus: . . . „Da er unter dem Beistand Gottes in dem Fürstentum Neufchatel ein Gebirge entdeckt hat, welches einen wahren Asphalt führt, der in jeder Hinsicht ebenso gut ist als der Asphalt von Babylon oder aus dem Tale Siddim, welcher bei den Gelehrten so sehr berühmt ist, auch hiervon schon eine bedeutende Menge hat fördern lassen, so fand er es für ratsam, das Publikum durch diese wenigen Zeilen davon vorläufig in Kenntnis zu setzen, bis er sein Werk unter dem Titel: Asphaltasphalidae sive invertibilis veritas ac securitas²⁾ herausgeben wird.“

„Da dieser Asphalt aus einer mineralischen, lettigen und warmen Materie besteht, die zäher und klebriger ist als Pech, wenige Poren hat und sehr fest ist, wie dieses aus ihrem spezifischen Gewicht hervorgeht, so widersteht er allen Einwirkungen der Luft, der Kälte und des Wassers so sehr, daß er nicht davon durchdrungen werden kann, so daß derselbe mehr als jede andere Sub-

¹⁾ Vgl. Meyn, Der Asphalt, S. 20. — ²⁾ Die Schrift scheint nicht in den Buchhandel gelangt zu sein.

stanz dazu geeignet ist, alle Arten von Bauwerk zusammenzufügen oder zu überstreichen, denn er schützt das Holz gegen Fäulnis, gegen Würmer und überhaupt gegen die alles zerstörende Einwirkung der Zeit, und zwar in einem solchen Grade, daß, obgleich beständig dem Wasser, der Luft, dem Eise und jeder Witterung ausgesetzt, anstatt darunter zu leiden, er sozusagen dadurch unzerstörbar wird. Daraus läßt sich leicht schließen, daß dies ein natürlicher Kitt ist, sehr geeignet, Holz, Stein und andere Materialien zu verbinden, aus denen Brücken, Brunnen, Schiffe und alle andere, dem Wasser oder der Feuchtigkeit ausgesetzte Gebäude verfertigt werden.

„Die Zubereitung des Kitts ist sehr leicht; man nimmt dieses Gestein ganz so, wie es aus der Grube kommt, erwärmt es ein wenig, um es gröblich zerreiben zu können, fügt ein wenig Pech hinzu, damit es leichter schmelze und damit die Masse dünner werde, dann schmelzt man sie bei gelindem Kohlenfeuer.

„Man muß das Holz oder den Stein, worauf man den Kitt anwenden will, vorher gut trocknen und ein wenig erwärmen. Zu dem Steinkitt hat man bis jetzt auf jede zehn Pfund Asphalt ein Pfund Pech genommen. Zu dem Holzkitt muß man mehr Pech hinzusetzen. Was jedoch die Marine angeht, so muß man den Handwerksleuten die Sorge überlassen, die zu ihren Arbeiten am meisten passenden Verhältnisse zu suchen; hier sei es genug, hinzuzufügen, daß besagter Asphalt um so weicher und zerlassener wird, je mehr man ihn umschmelzt. Man muß jedoch bei jeder Umschmelzung etwas Pech hinzufügen. Dieses Umschmelzen geschieht in einem kupfernen Kessel, welcher die zur Arbeit erforderliche Quantität enthält.

„Man muß zuerst das Pech schmelzen, dann nach und nach den Asphalt damit vermischen, indem man mit einem Stock oder Spatel beständig rührt, bis sich die beiden Materien ganz durchdrungen haben. Das Harz macht ihn härter und läßt ihn der Sonnenhitze mehr widerstehen. Das holländische Pech, das man aus den Wurzeln der Bäume gewinnt, macht ihn zäher. Die Mischung muß aus 1 Tl. Pech (d. h. gemeines Pech) und 8 oder 9 Tln. Asphalt bestehen, je nachdem man sie mehr oder weniger flüssig machen will, — nach geschehener Anwendung, bevor er ganz erkaltet ist, kann man diesen Kitt vermittelst eines warmen Eisens (wie das, dessen sich die Maurer bedienen bei ihrem Bastardkitt) sehr gut ebnen oder glätten. Vor allem müssen die Arbeiter dafür sorgen, die Steine oder anderen Materialien sehr gut zu reinigen, bevor der Kitt angewendet wird; denn wenn man einige Mängel an der Arbeit fände, so würde das durchaus nicht von der genannten Materie, wohl aber von der Art und Weise der Anwendung herrühren.“

Eirinis gehörte zu jenen unglücklichen Erfindern, denen keine eigenen Mittel zur Verfügung standen. Er mußte sich um Hilfe an einen gewissen de la Sablonnière wenden, der nach den ersten Erfolgen den Erfinder fallen ließ und sich selbst als solchen ausgab. Wir finden ihn 1735 im Elsaß, wo er eine weitere große Asphaltlagerstätte, die von Lobsann entdeckte, nachdem schon seit langer Zeit das Vorkommen von Erdöl, das als „Hanauischer Erd- und Wunderbalsam“ in den Handel kam, beim benachbarten Orte Pechelbronn bekannt war. Er erlangte auch hier eine Konzession, die gleichfalls dem erwähnten de la Sablonnière verfiel, und starb ohne Vermögen. Jedemfalls waren bereits zu Anfang des 19. Jahrhunderts der Erfinder und seine Erfindung in Vergessenheit geraten.

Nicht besser erging es einem Unternehmen, das die im Jahre 1797 zu Seyssel entdeckten und durch Dekret vom 9. Fructidor des Jahres V konzessionierten Asphaltlager im gleichen Sinne auszubeuten suchte. Hier war schon seit längerer Zeit die Gewinnung von Bergteer in lebhaftem Betrieb. Man hatte bald gelernt, aus dem Pulver des daselbst gebrochenen bituminösen Kalksteins durch Zusatz von 5 bis 10 Proz. Bergteer einen vorzüglichen Mastix herzustellen, verfiel aber in den großen Fehler, den Asphalt für alle Zwecke anzupreisen, selbst für solche, für die er sich niemals konnte verwenden lassen. Daher konnte es nicht ausbleiben, daß der Asphalt rasch in Mißkredit geriet und ein Unternehmer nach dem anderen zugrunde ging.

Im Jahre 1802 erwarb Graf de Sassenay das Privileg und die Anlagen von Seyssel und führte einen rationellen Betrieb ein, der sich vor allem auf Versuche über die richtige Anwendung des Asphalts gründete. Für das Studium des Asphalts ließ er ein eigenes Laboratorium einrichten, in welchem auch geschulte Arbeiter für die praktische Ausführung von Asphaltarbeiten aller Art herangebildet wurden. Auf diese Weise gelang es ihm, den Asphalt rasch zu hohem Ansehen zu bringen. Namentlich in Frankreich, wo alsbald öffentliche Plätze und Hallen, Brücken und Straßen mit Asphaltestrich versehen, Kasematten und andere Festungsbauten gegen den Einfluß der Feuchtigkeit durch eine Abdeckung aus Asphaltmastix geschützt wurden, gewann die Sache immer mehr an Boden, und daher stammt auch das notorische Übergewicht, welches die Franzosen bis in die neueste Zeit sich in bezug auf Asphaltarbeiten gegenüber den anderen Nationen erhalten haben. Noch ein weiterer Vorteil gegenüber der Asphaltindustrie im Val de Travers kam Seyssel sehr zustatten.

Eirinis war gezwungen, sich des Pechs zur Herstellung des Mastix aus dem bituminösen Gestein zu bedienen, und konnte deshalb, wie wir heute wissen, nur ein minderwertiges Asphaltmaterial erzielen; dem Grafen von Sassenay aber standen zu diesem Zwecke die reichen Bergteervorräte seines Areals zur Verfügung, von denen wir gleichfalls wissen, daß sie sich zur Herstellung eines guten Mastix vortrefflich eignen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Mißerfolg Eirinis im Val de Travers zum großen Teil auch mit auf diesen Umstand zurückzuführen ist. In Seyssel war es auch, wo man durch fortgesetzte Versuche gefunden hat, daß man den Fußbodenbelag aus Asphaltmastix durch Zusatz von grobem Kies in Erbsengröße bedeutend verbessern und widerstandsfähiger machen kann, eine Erfindung, durch die der Asphalt von Seyssel alsbald einen Weltruf gewann. Neben Eirinis wird daher der Name des Grafen von Sassenay für alle Zeiten mit der Geschichte der Asphaltindustrie eng verknüpft bleiben.

Der Betrieb des Lobsanner Werkes ging im Jahre 1768 in den Besitz der Familie Le Bel über, welche das um dieselbe Zeit durch den Salinendirektor Rosentritt aus Sulz unterm Wald in der Nähe von Lobsann entdeckte Lager von bituminösem Kalkstein gleichfalls erwarb und in Abbau nahm. Zur Zeit der höchsten Blüte des Seysseler Werkes finden wir eine französische Kommanditgesellschaft mit einem Kapital von 1 200 000 Frcs. als Eigentümerin der Gruben von Lobsann, nachdem sie vorher durch die Hände einer Firma Dournay frères gegangen war, welche sich die Errungenschaften Seyssels wohl zunutze zu machen verstanden hatte.

Ein eigenes Geschick ließ die Gruben vom Val de Travers, welche den ersten Anstoß zu der Bewegung gegeben hatten, bis zu diesem Augenblick fast vollständig in Vergessenheit geraten. Es war gleichfalls dem unermüdllichen Streben des Grafen von Sassenay vorbehalten, die Asphaltindustrie auch in diesem Tale zu größter Blüte zu erwecken. Er erwarb die Konzession, gründete zur Ausbeutung des Werkes eine größere Gesellschaft in Paris und sicherte sich die zollfreie Einfuhr der Erzeugnisse vom Val de Travers nach Frankreich. Mit dieser Gründung waren die damals bekannten bzw. ausgebeuteten Zentrallagerstätten des Asphaltsteins in den Händen französischer Gesellschaften; aber obgleich dadurch eine lebhafte Konkurrenz geschaffen war und die Preise für Asphaltmastix mehr und mehr fielen, so konnte doch an eine allgemeine Verwendung desselben als Straßenmaterial infolge der hohen Transportkosten nicht gedacht werden. Seine Anwendung zu diesem Zweck blieb lange Zeit beschränkt auf Paris, Lyon und einige andere französische Städte.

Viel später erst trat auch die deutsche Asphaltindustrie ins Leben. Zwar war auch hier das Vorkommen gewisser Bitumen schon seit Jahrhunderten bekannt; das des Erdöls bei Tegernsee nachweislich schon seit 1430, und das des hannöverschen wird zum erstenmal 1546 von Agricola erwähnt. Als Fundstätte von bituminösem Kalkstein (Asphaltstein) war das Dörfchen Limmer bei Hannover schon seit dem Jahre 1730 (durch Eirinis?) bekannt. Aber erst seit 1843 wird das Lager mit Erfolg abgebaut (zuerst durch Hennig), und heute teilen sich zwei große Gesellschaften, eine deutsche und eine englische, in die Ausbeutung der großen Lagerstätte. Gleich wie im Val de Travers, in Lobsann und Seyssel, deren Gestein der hier zutage tretende Asphaltstein nicht bloß hinsichtlich seiner Zusammensetzung und Entstehung, sondern auch seinem geologischen Alter nach völlig gleich zu setzen ist, wurde das Material gemahlen und mit einem Zuschlag von rohem Bergteer, welcher nördlich von Hannover schon seit unvordenklichen Zeiten aus der Erde quillt, auf Mastix verschmolzen.

Seit Mitte der sechziger Jahre werden auch die bedeutenden Asphaltsteinlager von Vorwohle bergmännisch ausgebeutet und das Material ähnlich wie in Limmer von verschiedenen Gesellschaften industriell verwertet. Seitdem Lobsann nach dem Kriegsjahr 1870/71 in deutschen Besitz übergegangen ist, ist auch dessen Asphaltbergwerk, zuletzt dem Grafen von Oppersdorf gehörig und gegenwärtig im Besitz der „Lobsann-Asphaltgesellschaft“, dem Bestand der deutschen Asphaltindustrie wohl als hervorragendes Glied zuzuzählen.

Noch später erst trat die Asphaltindustrie Italiens ins Leben, wo mächtige Lager von Asphaltsteinfelsen schon seit langem bekannt sind. Am frühesten hat man, wie es scheint, den Abbau der Asphaltfelsen in den Abruzzen in die Hand genommen, wo sich 1868 unter dem Namen „Asphaltène“ eine Gesellschaft zur Ausbeutung der Lager von Lettomanoppello (Prov. Chieti) bildete.

Es wurde bei genanntem Orte eine Schwelerei von 30 stehenden Retorten eingerichtet und in Grottamare eine Destillerie gebaut, welche das zu gewinnende Bitumen auf Öle verarbeiten sollte. Nach Fertigstellung dieser kostspieligen Anlage stellte es sich heraus, daß man auch aus dem besten Rohmaterial nicht über 13 Proz. Bitumen gewinnen konnte, und daß dieses bei

der Destillation nicht mehr als 20 Proz. Öle unter 0,875 spez. Gew. lieferte. Die Öle waren außerdem so unrein, daß sich eine Verarbeitung auf Leuchtöle und Schmieröle gar nicht lohnte. Die bei der Destillation entweichenden Gase verpesteten die Luft derartig, daß die Einwohnerschaft von Grottamare die Schließung der Destillerie durchsetzte. Die Gesellschaft löste sich daher bald auf und trat ihr Areal an mehrere Engländer ab, die aber keine ernstern Arbeiten vornehmen ließen. Später entstand eine Gesellschaft unter dem Namen „Anglo Italian Mineral Oils and Bitumen Company“, welche die Asphaltlager von Roccamorice erwarb. Hier verfiel man in denselben Fehler wie in Lettomanoppello: man baute zunächst bei San Valentino eine Destillerie und eine großartige Schwelerei mit stehenden Retorten, in welcher der Asphalt mit überhitzten Wasserdämpfen behandelt werden sollte, und verband die Anlage mit den etwa 7 bis 8 km entfernten Asphaltbrüchen durch eine Eisenbahn. Die im Großbetriebe erhaltenen Resultate ergaben eine Ausbeute von 5 Proz. an Bitumen, und aus letzterem resultierten bei der Destillation etwa 65 Proz. Öle, von denen die Hälfte Leuchtöle, die andere Hälfte Schmieröle abgeben sollten. Die Leuchtöle erwiesen sich aber als zu geringwertig, und die Schmieröle enthielten so viel Brandharze, daß auch bei weitgehender Reinigung immer nur eine schlechte, in Italien kaum verkäufliche Ware gewonnen wurde. Die „Anglo Italian Company“ stellte daher im Jahre 1882 den Betrieb gänzlich ein. Heutzutage bestehen noch zwei unbedeutende Schwelereien: die von Paparella an der Grube Fonticelli, wo der Asphaltstein in geneigten, schmiedeeisernen, etwa 9 Ztr. fassenden Retorten in primitiver Weise ausgeschmolzen wird, und die von Vittorio Croizat bei Torre dei Passeri, wo man aus dem Rohmaterial von Lettomanoppello ungefähr 2 Ztr. Bitumen täglich gewinnt, welches zur Herstellung von Ölgas verwendet wird.

Die Asphaltlager von San Valentino, die heute der Firma Reh & Co. in Berlin gehören, waren schon Ende der sechziger Jahre bekannt und es sind bald nach ihrem Bekanntwerden Versuche gemacht worden, sie auszubeuten, die aber erst Ende der achtziger Jahre von Erfolg begleitet waren. Die Gruben liegen in den nordöstlichen Ausläufern der Abruzzen im Majellagebirge. San Valentino ist die nächste Station der Bahnlinie Castellamare adriatico—Rom. Sie ist 32 km von Pescara, einer offenen Reede am Adriatischen Meere, entfernt, und das Gebiet umfaßt die in der Provinz Chieti gelegenen Gemeinden Roccamorice, Abateggio, Manoppello und Lettomanoppello. Das Gebiet des Majellagebirges gehört der Tertiärformation an. Die Kalksteine sind vielfach bituminös, und die Lager der reichen Imprägnationen erstrecken sich auf 40 bis 50 qkm. Das Einfallen ist sehr flach, nur etwa 10°. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 10 und 40 m. Das Material wird in verschiedenen Gruben gewonnen, von denen besonders die Grube San Giorgio sich durch reichen Bitumengehalt auszeichnet, deren Gestein manchmal bis zu 30 Proz. Bitumen enthält, so daß es infolge der Luftwärme an den Schichtungsflächen teilweise herausquillt. In der Regel wird das Gestein mit über 16 Proz. sowie unter 11 Proz. Bitumengehalt zur Fabrikation von Gußasphalt verwendet; das dazwischenliegende von 11 bis 16 Proz. zur Herstellung von Stampfasphalt. Das Grundmaterial bildet überall reiner dolomitischer Kalkstein, der nur Spuren von Quarz und Silikaten enthält. Die Zusammensetzung der Gesteine aus den verschiedenen Gruben ist wie folgt:

	Santa Spirito	Piano dei Monaci	Cusano	San Giorgio	Acqua fredda	Fonticelli
Bitumen	10,72	11,70	15,70	12,06	10,62	10,96
Unlösliche Kieselsäure	0,10	0,06	0,48	0,42	0,30	0,32
Lösliche Kieselsäure	0,05	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Kohlensaurer Kalk	82,25	62,23	49,70	85,30	86,40	86,00
Kohlensaure Magnesia	6,50	24,80	32,00	1,40	1,50	1,20
Eisenoxyd und Tonerde	0,74	0,37	0,32	0,16	0,52	1,18
Feuchtigkeit u. Gase bei 100° C . .	0,64	0,40	0,98	0,46	0,66	0,22
	101,00	99,56	99,18	99,80	100,00	99,88

Die Produktion stieg vom Jahre 1889 bis 1901 von 7000 t auf 20 000 t. Ein Teil des gefördertsten Gesteins wird auch heute noch in schmiedeeisernen Retorten unter Verwendung von Asphaltgestein als Heizmaterial auf Bitumen verarbeitet, wobei aus je 40 t mit einem Bitumengehalt von etwa 12 Proz. nur 1 t Asphalt gewonnen wird ¹⁾.

Auch in Filetino und Colle San Magno (Prov. Caserta) werden Asphaltbrüche in mäßigem Umfang von den Firmen Righetti & Co. und Quirino de Ceola in Neapel betrieben. Die Brüche liegen meist hoch im Gebirge, und ihr Material wird durch Frauen auf dem Kopf zu Tal getragen, wo es auf Asphaltpulver und Mastix verarbeitet wird, zu welchem letzterem leider häufig genug das billigere Teerpech statt des natürlichen Bitumens verwendet wird ²⁾. Das Material wird von der Station Rocca Seca versandt und in Rom und Neapel hauptsächlich zu Terrassen- und Häuserabdeckungen verwendet. Ein anscheinend mächtiges Asphaltsteinlager befindet sich noch in der Provinz Salerno in der Gemarkung Lariano und wird von der Firma Nicotera & Co. in Neapel seit 1878 ausgebeutet, soll aber wegen der hohen Gesteinungs- und Transportkosten die Konkurrenz mit den Asphalten anderer Herkunft nicht bestehen können.

Dagegen hat der Asphalt von Ragusa (etwa 20 km von der Südküste Siziliens) schon längere Zeit sich einer gewissen Beliebtheit erfreut. Er dient nicht allein zur Fabrikation von Baumaterialien, sondern wird auch, da er sich in etwas erwärmtem Zustande leicht schneiden und auf der Drehbank verarbeiten läßt, zur Herstellung von Luxusgegenständen verarbeitet. Die Asphaltindustrie Siziliens ist zweifellos die bedeutendste von ganz Italien. Die Ausbeutung der Minen wurde gleichzeitig von den Firmen H. und A. B. Aveline & Co. und „Società sicula per Exploitatione dell' Asphalt naturale siciliano“ betrieben. Erstere erzeugte auf ihren Werken in Catania schon 1884 über 3000 t Gußasphalt; letztere beschränkte sich anfänglich auf den Export des rohen Felsens, hat sich aber neuerdings gleichfalls auf das Mahlen des Gesteins und die Fabrikation von Mastix eingerichtet. Der Asphalt von Ragusa gelangt im Hafenort Mazarelli zur Verladung.

Während nun bis ungefähr zur Mitte unseres Jahrhunderts der Asphalt (bzw. Asphaltstein) in Form von Mastix seine hauptsächlichste Anwendung zur Herstellung von Gehwegen und Trottoirs, sowie zur Isolierung von Mauern gegen den Einfluß der Feuchtigkeit und zur Abdeckung von Gewölben, Terrassen

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1906, S. 1057; Chem.-Ztg. 1904, Rep. S. 28. —
²⁾ Ebend. 1885, S. 941.

und dergleichen gefunden hatte, dagegen zur Ausführung von Fahrbahnen infolge ungünstiger Erfahrungen nicht oder doch nur in sehr geringem Maße herangezogen worden war, so sollte ihm nunmehr durch eine fast gleichzeitig in der Schweiz und in Frankreich gemachte Beobachtung eine neue Zukunft beschieden sein. In den erwähnten Gruben vom Val de Travers, Seyssel und Lobsann hatte man beobachtet, daß der Boden von Höfen, Wegen und Räumen, wo infolge Transports und Lagerung von Asphaltstein und -pulver vielfach Gelegenheit zur Verstreuung desselben gegeben war, im Laufe der Zeit eine so feste und für den Regen undurchdringliche Beschaffenheit angenommen hatte, wie man sie für die vorzüglichste Fahrbahn nicht besser wünschen konnte. Diese Beobachtung wurde von Dietrich¹⁾ noch in jüngster Zeit gelegentlich seiner im Auftrage des Preussischen Ministeriums ausgeführten Informationsreise nach denselben in allen und besonders der Grube in Lobsann bestätigt gefunden. Wie Meyn²⁾ berichtet, boten schon zu der Zeit, als man nach der Periode der ersten Mastixarbeiten von Eirinis den Asphaltstein des Val de Travers nur noch zur Destillation medizinischer Öle nach den Laboratorien führte, die Wege zwischen den Gruben und den letzteren ein eigentümliches Ansehen und besaßen eine durchaus dichte, feste und elastische Oberfläche, auf welcher die Pferde die Last leicht bewegen konnten, ohne daß man einen Verschleiß der Straße wahrnahm. Im Jahre 1856 besuchte Meyn die Gruben vom Val de Travers und hat „diese Wege mit höchster Freude betrachtet, ohne zu wissen, daß eine Anwendung im großen bereits angebahnt sei, und ohne auf den richtigen Gedanken, die Verpflanzung dieses durch die Natur gelehrtens Systems nach den Straßen großer Städte, zu verfallen“.

Wenige Jahre früher hatte indessen schon der französische Ingenieur de Coullaine die Übertragung dieser Beobachtung auf den Bau von Kunststraßen ins Werk gesetzt. Bei Saumur (zwischen Rouen und Bordeaux) ließ derselbe auf einer kurzen Strecke Chaussee zu Grus zerkleinerten Asphaltstein statt des Kieses in die Steinschlagdecke der Straße einwalzen. Die Beschüttung fuhr sich leicht fest, indem der, namentlich in der Wärme leicht formbare Asphalt sich in die Zwischenräume des Granitschotter einzwängte und eine ungleich ebenere und elastischere Decklage gab als eingewalzter Kies. Andere Versuche auf den Wölbungen von Straßenbrücken ergaben das willkommene Resultat, daß eine so hergestellte Decke auch für Regenwasser undurchlässig ist, was man selbst mit einer auf das sorgfältigste ausgeführten Abdeckung mit hydraulischem Mörtel nicht erreichen konnte. Zudem besaß das neue Pflaster den Vorzug der Geräuschlosigkeit, der Reinlichkeit und, wie es schien, größter Dauerhaftigkeit, da der Witterungswechsel ganz ohne Einfluß darauf blieb.

Allein später stellten sich doch Mißstände ein, welche ein Verlassen dieser soviel versprechenden Straßenbefestigung zur Folge hatten. Es hat sich nämlich gezeigt, daß namentlich im Sommer bei heißer Witterung eine Bewegung der in der bituminösen und plastischen Hülle gelagerten Granitschüttung nicht ausgeschlossen war, daß dadurch Risse in der Decklage entstanden, in welche, besonders bei regnerischem Wetter, allerlei Schmutz eindrang, welcher ein späteres Zusammenbacken des bituminösen Deckmaterials verhinderte und zu Beschädigungen Veranlassung gab.

¹⁾ Die Asphaltstraßen, S. 66. — ²⁾ Der Asphalt, S. 50.

Zu einer anderen Art der Ausführung dieser vortrefflichen Straßenbefestigung war inzwischen der Ingenieur A. Merian aus Basel gelangt. Dieser hatte auf der Decklage der bestehenden Chaussee von Travers nach Pontarlier eine Schicht Asphaltstein, den er vorher durch Erhitzen zu Pulver hatte zerfallen lassen, in gleichmäßiger Schicht ausbreiten und festwalzen lassen und dabei trotz des ungenügenden Untergrundes eine vorzügliche Fahrbahn erzielt, bei welcher die Nachteile des Versuches von de Coullaine vollkommen beseitigt waren. Ihm gebührt daher zweifellos das Verdienst, der Schöpfer der modernen Straßen mit komprimiertem Asphalt zu sein.

Die weiteren Fortschritte in diesem Asphaltierungsverfahren knüpfen sich besonders an die Namen Léon Malo, W. H. Delano, E. Dietrich u. a., wie im speziellen Teil ausführlicher dargelegt werden soll.

Die Geschichte des künstlichen Asphalts, zu welchem wir nicht allein die Produkte der trockenen Destillation fossiler Brennmaterien und die durch eine weitere Destillation daraus gewonnenen festen Rückstände (Pech) rechnen, sondern im weiteren Sinne auch daraus hergestellte Gebrauchsartikel, wie Mastix, Eisenlacke, Holzzement, Dachpappen usw., ist neueren Datums. Wenngleich auch die Kunst des Kohlebrennens aus Holz ins graue Altertum zurückreicht, so scheint man doch erst spät das Auftreten flüchtiger Substanzen dabei beobachtet zu haben. Plinius erwähnt zwar die Gewinnung eines Pechs hierbei, dessen man sich zum Verstreichen der Fugen der Schiffe bedient habe; es ist aber anzunehmen, daß es sich nur um ein Harz gehandelt hat, das beim Verkohlen sehr harzreicher Hölzer ausgeschmolzen wurde und aus dem Meiler herausgelaufen ist, also nicht um ein Produkt der trockenen Destillation.

Der Ursprung der Teergewinnung beim Kohlebrennen verliert sich im Dunkel der Geschichte; sicher ist aber, daß der Holzteer zuerst aus Schweden und Finnland in großen Mengen ausgeführt wurde, und vermutlich haben wir daher auch hier die Geburtsstätte der Holzteerindustrie zu suchen. Erst viel später lernte man auch die Gewinnung von Teer aus fossilen Brennmaterien, zunächst der Steinkohle, kennen. Es war Johann Joachim Becher, geb. 1635 zu Speyer, welcher in seiner „Närrischen Weisheit“ folgendes berichtet:

„In Holland hat man Torff und in Engelland Stein-Kohlen, beyde taugen nicht viel zum Brande, weder in Zimmern, noch zum Schmelzen: ich habe aber einen Weg gefunden, nicht allein beyde Sorten zu guten Kohlen zu brennen, die nicht mehr rauchen noch stincken, sondern mit den Flammen davon so starck zu schmelzen, als mit dem Holtze selbst, und so eine große Extension der Feuer-Flammen, daß ein Schuh solcher Kohlen 10 Schuhe lang Flammen machen; das habe ich in Haag demonstrirt mit Torff und hier in Engelland bei dem Herrn Boyle mit Stein-Kohlen, auch in Windsor darmit in grosso abgetrieben. Bei dieser Occasion ist auch merckenswürdig, daß, gleichwie die Schweden ihre Theer aus kiefern Holtz machen, also hab ich hier in Engelland aus Stein-Kohlen Theer gemacht, welche der Schwedischen in allem gleich gehet, und noch in etlichen Operationen darüber ist. Ich habe die Probe daran gethan, sowohl auff Holtz als auff Stricke, und ist in der Probe gut befunden worden, gestaltsam dann auch der König eine Probe davon gesehen, welches von Engelländischen eine große Sache ist, und die Kohlen, wann die Theer daraus gezogen ist, seyn besser zum Gebrauch als vorhin.“

Daß Becher sehr wohl die Tragweite seiner Erfindung erkannte, geht daraus hervor, daß er unterm 19. August 1681 im Verein mit Henry Serle ein englisches Patent entnahm „A new way of makeing pitch, and tarre out of pit coale, never before found out or used by any other“.

Im Jahre 1694 wurde dann ein weiteres englisches Patent (Nr. 330, 1694) an Ele Hancock und Portlock erteilt, to make „pitch, tar and oyle out of a kind of stone from shropshire“. Im Jahre 1761 wurde schon bituminöser Schiefer verschwelt, um Öl für medizinische Zwecke zu gewinnen. Zugleich wurde aber auch erwähnt, daß sich das Öl an Stelle von Terpentinöl und „Steinöl“ verwenden lasse.

Die schon lange vor der Einführung der Gasbeleuchtung geübte Fabrikation von Koks aus Steinkohlen versuchte demnach schon gleich zu Anfang die Gewinnung der Nebenprodukte, waren doch nach de Gensanne¹⁾ schon vor dem Jahre 1768 Muffelöfen zur Verkokung von Steinkohle zu Sulzbach bei Saarbrücken im Betrieb, und hatte doch bereits Dundonald²⁾ sein am 30. April 1781 entnommenes englisches Patent „Ein Verfahren zur Extraktion oder Darstellung von Teer, Pech, flüchtigen Ölen, flüchtigem Alkali, Mineralsäuren, Salzen und Koks aus Steinkohle“ auf seinen Kokswerken seit 1786 in der Ausführung. Allein lohnend war die Sache keineswegs und wurde bald wieder verlassen, bis, nach mancherlei Schicksalen, zu Anfang der achtziger Jahre im verflossenen Jahrhundert ein neuer Aufschwung eintrat und die Gewinnung der Nebenprodukte bei der Koksfabrikation so große Dimensionen annahm, daß diese seither die Produktion der Gasanstalten weit hinter sich zurückgelassen hat.

Ein wesentliches Glied in der Kette von Erfindungen und Entdeckungen, welche die Teerindustrie eingeleitet haben, waren die Beobachtungen des Engländer's Clayton, über die Pecston³⁾ wie folgt berichtet: „Dr. Clayton bemerkte im Jahre 1739 zuerst, daß beim Destillieren von Steinkohlen unter anderem sich auch eine Luftart entwickelt habe, welche sogleich in Berührung mit einer brennenden Lampe Feuer fing. Er sammelte diese Luft in Ochsenblasen auf und unterhielt seine Freunde oft damit, daß er mittels einer Stecknadel kleine Öffnungen in die Blase machte und die Luft gegen eine Lichtflamme preßte, wobei sie sich sogleich entzündete.“ Die weitere Entwicklung dieses, damals „philosophisches Licht“ benannten Versuchs zu dem gewaltigen Umfang der heutigen Gasindustrie durch Philippe Lebon in Frankreich und William Murdoch und Samuel Clegg in England und seitdem vieler anderer darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Wie man mit der Gewinnung der Nebenprodukte im Kokereibetrieb der Zeit vorausgeeilt war und sie aus praktischen Gründen wieder aufgeben mußte, so geschah es auch mit der Verarbeitung des Teers. Schon am 7. August 1746 hat Henry Haskins ein englisches Patent entnommen, dessen Gegenstand er wie folgt beschreibt: „Neue Methode, um aus Teer eine Essenz (spirit) oder ein Öl zu extrahieren und durch denselben Prozeß das schönste Pech zu gewinnen.“ Wir finden in diesem Patent schon genau die Prinzipien angegeben, nach welchen auch heute noch die Destillation des Teers erfolgt. Noch 1830

¹⁾ *Traité de la fonte des mines*, I, Kap. 12. Paris 1770. — ²⁾ Ilgen, *Die Gasindustrie der Gegenwart*. S. 29. Leipzig 1874. — ³⁾ *On Oil- and Coalgas*, London 1832.

schrieb aber Alex¹⁾: „Das Teer wird selten angewendet; man kann Gas daraus bereiten, wenn man es in Retorten leitet, die mit angefeuchtem Koks gefüllt und bis zum Rotglühen erhitzt werden.“

Übrigens war die älteste, erhebliche Absatzquelle für Steinkohlenteer diejenige zur Fabrikation der Dachpappe, welche, wie es scheint, schon im 18. Jahrhundert durch den schwedischen Admiralitätsrat Faxa²⁾ erfunden, aber jedenfalls unabhängig von ihm durch Kag hergestellt worden ist. Eine Zeitungsnotiz³⁾ aus dem Jahre 1791 berichtet: „Ein Bürger zu Mühldorf am Inn in Bayern, Michael Kag, ist Verfertiger einer Pappe, die zu Dachschindeln gebraucht werden kann, indem sie allen Einwirkungen des Regens und der Luft widersteht. Er erzielt das durch Vermischung mit Firnis und Staubmehl. Es ist diese Ölpappe auch mit gutem Erfolge statt des Leders zu Schuhsohlen verwendet worden.“

Später hat man den teuren Schiffsteer oder Firnis durch den billigen Steinkohlenteer ersetzt, den man zu diesem Zweck nicht einmal erst destillierte, sondern wie auch selbst bis in die neueste Zeit noch an manchen Orten durch einfaches Erhitzen in offenen Pfannen entwässerte.

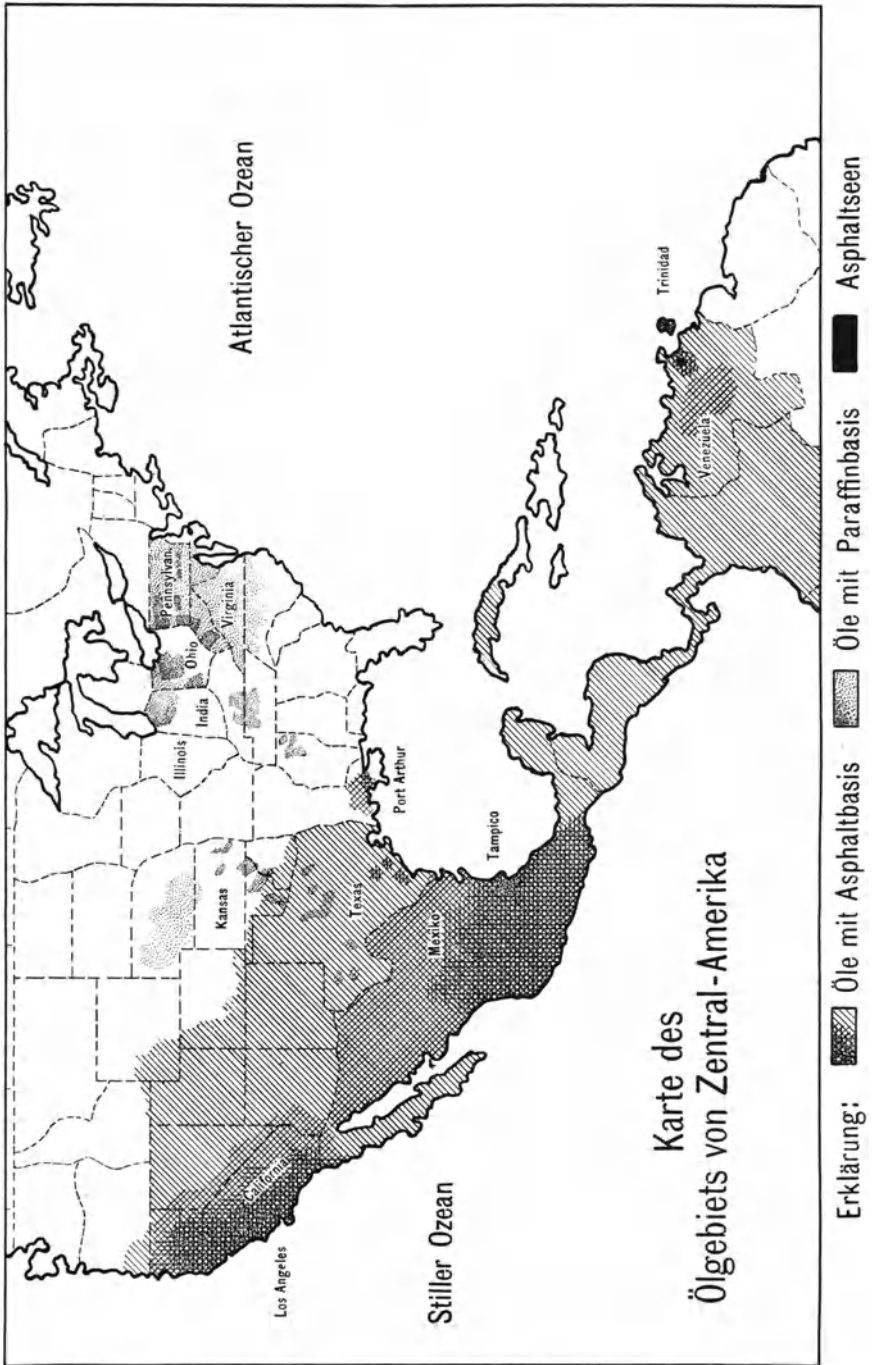
Accum zeigte dann 1815, daß sich beim Entwässern des Teers in geschlossenen Gefäßen eine Essenz gewinnen lasse, welche das Terpentinöl für manche Zwecke zu ersetzen vermag; Bethell erfand 1838 die Imprägnierung des Holzes durch schwere Steinkohlenteeröle, und Brönnner gewann schon seit 1846 die flüchtigsten Bestandteile des Teers durch Destillation und verwendete sie zu dem nach ihm benannten „Fleckwasser“. Als dann Ende der fünfziger Jahre die Industrie der Anilinfarben aufzublühen begann, wurde die Destillation des Steinkohlenteers zu einer allgemein üblichen Arbeit. Das dabei entfallende Pech lernte man sehr bald als Surrogat für die verschiedensten Verwendungsarten des natürlichen Asphalts kennen und verwerten, bisweilen freilich mit zweifelhaftem Erfolg, wie wir später sehen werden.

Später und fast gleichzeitig zu Anfang der fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts traten in England die schottische Schieferölindustrie und in Deutschland die sächsisch-thüringische Braunkohlenteerindustrie ins Leben, beide begründet auf der Entdeckung des Paraffins durch Reichenbach 1830. In England war es James Young, welcher den Grundstein zur heutigen Industrie der Leuchtstoffe aus bituminösen Schiefen legte, und in Deutschland verdankt dieselbe ihre enorme Entwicklung hauptsächlich den Bemühungen Riebeck's und seiner Mitarbeiter; auch in Amerika hatte sich eine Schieferschwelerei entwickelt, die namentlich in Neu-Braunschweig ansässig war und die dort in großen Mengen vorhandenen Lager von bituminösem Schiefer und von Albertit ausbeutete⁴⁾. Alle Bedingungen für ihr Gedeihen waren gegeben, und sie würde wahrscheinlich noch heute bestehen, wenn ihr nicht die Entdeckung des amerikanischen Petroleums ein Ende bereitet hätte.

Dies erschien im Jahre 1863 auf dem Weltmarkt und erst von dieser Periode ab datiert eine großzügige Verarbeitung der Mineralöle. Während die oben erwähnten Industrien ihre Asphalte nur aus Produkten der trockenen Destillation gewannen, kamen hier zum ersten Male Asphaltprodukte aus Erdöl-

¹⁾ Handb. d. angew. Chemie von Dumas, übersetzt von Alex und Engelhart, 1830, 1, 746. — ²⁾ Luhmann, Fabrikation der Dachpappe. — ³⁾ „Leipzig. Tageblatt“ vom 2. Aug. 1891, Nr. 214, 1. Beibl. — ⁴⁾ Vgl. Braunkohle 1910, S. 424.

Fig. 1.



rückständen auf den Markt. Das Material zeigte jedoch, da es aus dem zuerst entdeckten pennsylvanischen Öl von paraffinartigem Charakter stammte, größere Unterschiede vom natürlichen Asphalt, als die später gewonnenen Erzeugnisse aus Ölen mit Asphaltbasis. Bezüglich des Vorkommens der Öle mit Asphalt- und Paraffinbasis, sowie der Asphaltseen in Amerika verweisen wir auf die beigefügte Karte, Fig. 1.

Später folgte die Gewinnung des Erdöls in Rußland, Galizien, Deutschland, Rumänien, Ostindien und anderen Fundstätten, womit ein erweiterter Markt für Materialien zur Herstellung von Asphalt geschaffen wurde. Die nachstehende Tabelle gibt einen Vergleich der Weltproduktion an Erdöl im Jahre 1911 gegenüber dem Jahre 1906:

	1906	1911
1. Vereinigte Staaten von Nordamerika . . .	16 697 200 t	28 468 714 t
2. Rußland	8 159 140 t	9 072 614 t
3. Niederländisch-Indien	1 168 581 t	1 595 000 t
4. Rumänien	1 387 091 t	1 544 072 t
5. Galizien	737 194 t	1 458 275 t
6. Mexiko	—	850 000 t
7. Britisch-Indien	530 068 t	800 000 t
8. Japan	206 760 t	280 000 t
9. Peru	71 506 t	180 000 t
10. Deutschland	81 350 t	142 992 t
11. Kanada	75 207 t	30 000 t
12. Italien	7 451 t	8 000 t
13. Andere Länder	—	29 008 t
Weltproduktion . . .	29 121 548 t	44 458 675 t

Zweites Kapitel.

Das Vorkommen des natürlichen Asphalts.

Das Vorkommen des Asphalts oder asphalthaltiger (bituminöser) Materialien ist über die ganze Erde verbreitet; nicht überall aber ist dieses Vorkommen ein so mächtiges, daß sich die bergmännische Gewinnung lohnt. In folgendem werden wir daher nur jene Lagerstätten berücksichtigen und zum Teil eingehender beschreiben, welche eine größere Bedeutung für die Asphaltindustrie gewonnen haben. Im allgemeinen kann man sagen, daß das Vorkommen des Asphalts beschränkt ist auf die drei sedimentären Perioden der paläozoischen, mesozoischen und känozoischen Gruppe, also solcher geologischen Formationen, welche erst entstanden sind, nachdem die Oberfläche der Erde so weit abgekühlt war, daß Lebewesen (Pflanzen und Tiere) darauf existieren konnten.

In diesen Schichten findet sich nun das Bitumen im Zustande verschiedenster Reinheit und Aggregation, vom leichtflüssigen, dunkelgefärbten Petroleum bis zum spröden, glänzend schwarzen Asphaltit, vom trägfüssigen Asphaltsand oder der Asphalterde bis zum massiven und massigen Asphaltfelsen, dessen Härte je nach der Natur und Menge seines Bitumengehaltes eine sehr beträchtliche sein kann. Die Gewinnung dieser Produkte kann daher eine sehr verschiedenartige sein: Die flüssigen werden durch Bohrarbeit entweder in Form von Quellen oder Fontänen, oder durch Pumparbeit aus dem Erdinnern zutage gebracht, während die festen bergmännisch teils durch Tagbau, teils durch Schachtbetrieb gefördert werden.

Als reinstes Vorkommen des Asphalts ist von jeher das im Toten Meer berühmt gewesen. Dieses Meer, Bahr Lut (Lots Meer) der Araber Lacus asphaltites (Erdpechsee) der Klassiker, Jam Hamelach (Salzmeer) oder Jam Hacarabah (Meer der Wüste) der Hebräer, ist ein Landsee im Südosten von Palästina, dessen Spiegel 394 m unter dem des Mittelmeeres liegt. Zwischen schroffen und kahlen Ufermauern findet sich der See grabartig eingesenkt. Seine Länge beträgt 75, seine durchschnittliche Breite 10 km, seine Oberfläche 915 qkm. Beträchtliche Wassermengen werden dem See durch den Jordan und andere Flüsse zugeführt, aber trotzdem senkt sich das Niveau desselben allmählich, da sich diese Wassermenge infolge des fast tropisch-heißen Klimas ausschließlich durch Verdunstung wieder verliert. Im Osten und Westen steigen Gebirgsreihen schroff in die Höhe, während im südwestlichen Ende sich ein ganzer Salzberg erhebt. Die ganze Umgegend soll nach einigen äußerst steril und fast ohne jegliche Vegetation sein und wie verbrannt aussehen, die Natur wie tot sein, woher auch der Name „Totes Meer“ stammen soll. Nach neueren Berichten liegt der See blau und lachend, wie der Golf von Neapel, vor des Beschauers Füßen.

Die Ursache der Senkung dieser Landschaft wird von van de Velde auf vulkanische Ereignisse zurückgeführt, worauf schon das Vorkommen von Erdöl- und Asphaltquellen, sowie umfangreiche Schwefel- und Bimssteinlager deuten. Möglicherweise ist durch Brände in den Lagern der bituminösen Gesteine ein Einsturz ausgedehnter Hohlräume erfolgt, wodurch das Becken für das Tote Meer geschaffen wurde. Einen bemerkenswerten Anklang an diese Katastrophe bildet die biblische Erzählung vom Untergang der Städte Sodom und Gomorra. Fraas, welcher noch 1866 das Tote Meer besuchte, konnte indessen keine Spur vulkanischer Tätigkeit entdecken. Er fand im Gegenteil eine reine Sedimentlandschaft aus Kreidebildungen mit vollkommen horizontal gelagerten Schichten vor, aus denen das Wasser die tiefe Spalte herausgenagt hat, in welcher das Tote Meer tief unter dem Spiegel des Mittelmeeres liegt. Nirgends konnte er eine Spur vulkanischer Erscheinungen in der näheren Umgebung antreffen, obwohl tektonische Erdbeben, wie in vielen Kalkgebieten, so auch hier häufig verspürt worden sind. Auf ein solches mag auch die Katastrophe der Städte Sodom und Gomorra zurückzuführen sein. Sicher ist die Beschreibung früherer Reisenden von der Umgebung des Toten Meeres durch den biblischen Bericht stark beeinflusst worden.

Das Wasser des Toten Meeres ist klar, aber stark salzhaltig; sein spezifisches Gewicht beträgt 1,21, schwankt aber je nach der Jahreszeit und der Schöpfstelle; so bestimmte es Lavoisier (1778) zu 1,2403, Marcet (1807) zu 1,211 und neuerdings Mitchell zu 1,203. Meerwasser zeigt ein durchschnittliches spezifisches Gewicht von 1,027. Eine erste Analyse des Wassers vom Toten Meere machte Lavoisier (1778) und fand darin 46,6 Proz. feste Substanz, von welcher 40 Proz. aus Calcium- und Magnesiumchlorid und der Rest aus Kochsalz bestand. L. Gmelin¹⁾ fand es bestehend aus 24,54 Proz. Salzen und 75,46 Proz. Wasser. Nach einer anderen Analyse ist seine Zusammensetzung folgende:

Chlormagnesium	11,77	Proz.
Chlornatrium	7,07	„
Chlorcalcium	3,21	„
Brommagnesium	0,44	„
Wasser	77,51	„
	100,00	

C. Ainsworth-Mitchell²⁾ hat neuerdings das Wasser des Toten Meeres untersucht und fand darin, abgesehen von etwas organischer Substanz, 24,46 Proz. feste Bestandteile, nämlich:

Chlormagnesium	9,06	Proz.
Chlorcalcium	3,49	„
Chlornatrium	8,52	„
Chlorkalium	2,37	„
Eisenchlorid	} 0,55	„
Aluminiumchlorid		
Chlorammonium	0,029	„
Calciumsulfat	0,148	„
Kieselsäure	0,083	„
Brommagnesium	0,021	„
	24,271	

¹⁾ Pogg. Ann. 9, 171. — ²⁾ Knowledge 1907, Novemberheft.

Aus mehreren benachbarten heißen Quellen fließt Asphalt in flüssigem Zustande hervor, gelangt mit dem Wasser in den See und erhärtet darin beim Erkalten zu Stücken, welche infolge des hohen spezifischen Gewichtes des Seewassers auf dessen Oberfläche schwimmen und durch Abschöpfen gewonnen werden. Dieser Erguß kommt in besonders reichlicher Menge nach Erdbeben vor und muß in früheren Zeiten viel beträchtlicher gewesen sein, wie wir aus den Mitteilungen von Strabo und Diodor (S. 7 u. ff.) gesehen haben.

Die oft mächtigen Asphaltlager in der Nähe des Toten Meeres sind nach Höfer¹⁾ durch Veränderung des Erdöls entstanden. Asphalt ist in Syrien weit verbreitet und wird seit langem in Harbeja, 56 km SSO von Beirut im oberen Jordantal gewonnen. Hitchcock fand im ausgeschiedenen Material 72,6 Proz. Bitumen und flüchtige Produkte, 14,0 Proz. Kohle, 13,4 Proz. erdige Bestandteile. Jacunski gibt folgende Analyse des Bitumens: C = 77,18 Proz., H = 9,07 Proz., S = 0,40 Proz., N = 2,10 Proz., Asche = 0,50, zusammen 89,25 Proz. Am Fuße des Dschebel Usdom am Südufer des Toten Meeres bildet der Asphalt im Konglomerat das Bindemittel.

Asphaltkalke kommen bei Harbeja, Ain-el-Tineh in der Nähe von Damaskus in der Provinz Beirut vor und werden seit 1901 ausgebeutet. Besonders ein Vorkommen bei Latakia wird gerühmt. Dort dringt aus steilen Klüften reines Bitumen empor, das die Gesteinspartien durchdrängt; an anderen Orten drang das Bitumen in schwebenden Klüften zwischen dem hellen Mergel empor. In Dahana und Sullas ist der tertiäre Serpentinotter durch Bitumen zu Konglomerat verfestigt und es findet sich der Asphalt hier auf sekundärer Lagerstätte. In qualitativer wie quantitativer Hinsicht sind diese Vorkommen als erstklassig zu bezeichnen.

Asphaltlager im Gesamtbestande von etwa 200 Mill. Tonnen sollen sich ferner in der Nähe von Ladikiye in Kleinasien vorfinden. Die Lager sind in einer Entfernung von etwa 40 km von der Küste an der Straße von Ladikiye über Hassab, Djisr-esch-Schuguhr und Edlip nach Aleppo. Sie bilden einen Teil eines 300 m hohen Hügels, als kompakte Masse in einer Ausdehnung von etwa 1500 × 1400 m. Über die Natur des Minerals verlautet noch nichts Näheres²⁾.

Weniger rein, aber von größter Mächtigkeit ist das Vorkommen des Asphalts auf der Insel Trinidad, vor der Mündung des Orinoko. Hier findet sich ein ganzer Pechsee von etwa 40 ha Oberfläche, $\frac{3}{4}$ Stunden von der Westküste und 7 Meilen südlich vom Hafen entfernt.

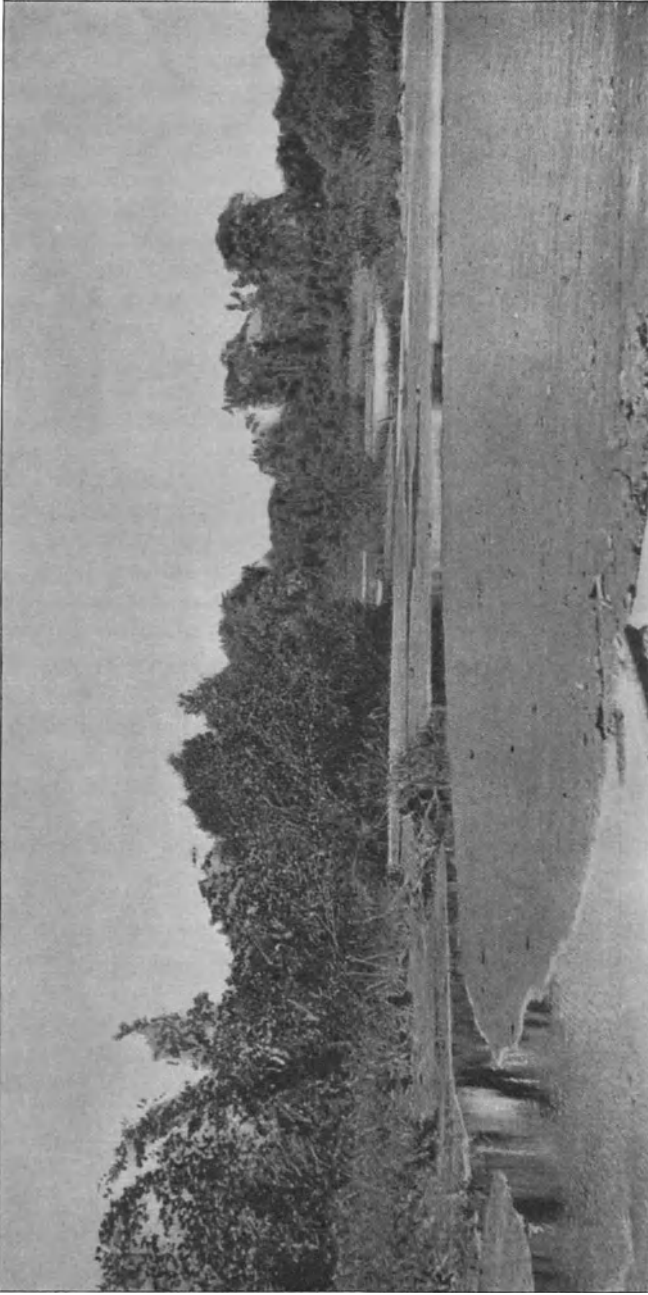
Die erste ausführliche Schilderung des Pechsees von Trinidad gaben, wie es scheint, Nugent³⁾ und Alexander⁴⁾. Der See, welcher $1\frac{1}{2}$ engl. Meilen im Umfang hat, liegt 36 Meilen südwärts von Port of Spain. An der Landspitze La Braye (Cape la Brea) erheben sich Pechmassen, schwarzen Felsen gleich, und treten ins Meer hinaus. Die Höhe des Pechsees über dem Meere beträgt 80 Fuß. Auf erhärtetem Pech erhebt man sich stufenweise bis zu demselben.

E. Graefe⁵⁾, der vor einigen Jahren die Insel Trinidad besucht und das dortige Asphaltvorkommen studiert hat, gibt die folgende Beschreibung vom Pechsee:

¹⁾ Engler-Höfer, Erdöl 2, 446. — ²⁾ Petroleum 1907/08, Nr. 2, Seite 76. — ³⁾ Transact. of Geol. Soc. 1, 63. — ⁴⁾ Jameson, Edinb. nat. phil. Journ. 1832, 27, 94. — ⁵⁾ Vgl. Petroleum 1911, Seite 2024.

Die Kenntnis des Asphaltvorkommens in Südamerika ist so alt wie die Kenntnis des Landes überhaupt. Schon Kolumbus, der im Jahre 1496 die Insel Trinidad entdeckte, hatte Kenntnis von dem Vorkommen des Peches und benutzte das Material, um seine wenig seetüchtigen Schiffe zu kalfatern, und wahrscheinlich stammt von ihm auch die Bezeichnung La Brea für die Gegend des Asphaltvorkommens, denn La Brea ist die spanische Bezeichnung für Pech. Von einer anderweitigen Verwertung des Vorkommens war in jenen Zeiten nicht die Rede, und der nächste, der wieder auf das Mineral hinwies, war Sir Walter Raleigh, der hier im Jahre 1595 auf einer Expedition gleichfalls seine Schiffe mit Asphalt dichtete. Daß das Pech den Entdeckern auffallen mußte, erscheint ganz natürlich, denn wenn man im Golf von Paria, der die Insel Trinidad von Venezuela trennt, an der Küste hinfährt, sieht man an verschiedenen Stellen Pechströme gleich schwarzen Gletschern sich in das Meer ergießen. Von den Pechströmen werden Stücke vom Meer abgebrochen und wieder ausgeworfen und bedecken den Strand. Sie sind durch die Wirkung von Sand und Wasser abgerundet und abgeschliffen worden. Die Pechvorkommen in Trinidad befinden sich vor allem an der Westküste, am Golf von Paria, und das größte Vorkommen bildet den bekannten Pechsee. Er befindet sich auf dem Gipfel eines etwa 45 m hohen Hügels und besitzt eine Ausdehnung von mehr als 40 ha. Der Hügel fällt nach allen Seiten hin ab, am steilsten nach der Seeküste zu, und der Pechsee muß in früheren Zeiten dahin übergeflossen sein und hat gletscherartige Ströme von Asphalt nach der Seeküste hin ergossen. Sie sind, wenn auch nur langsam, noch in Bewegung, und auf dem größten von ihnen, der nach La Brea hin abgeflossen ist, ist eine Straße angelegt worden, die von La Brea nach dem Pechsee führt. Sie war früher der beste Weg von der Küste nach dem See, jetzt ist es näher von Brighton aus, das den Hauptverschiffungsort des Peches bildet. Man hat von La Brea etwa $\frac{1}{2}$ Stunde, von Brighton etwa $\frac{1}{4}$ Stunde Weg nach dem Pechsee. Früher war der Weg von dichtem Gehölz umgeben, meist schönen Palmen, die heute auf der Westseite des Hügels zwischen Brighton und dem Pechsee abgeholzt sind. Der See macht den Eindruck eines großen Feldes, das von Wasseradern durchschnitten ist, und ist an einzelnen Stellen mit Gras und Gebüsch bewachsen (siehe Fig. 2). Er ist annäherd kreisförmig, doch ragen vom Lande aus Halbinseln mit Gebüsch und Palmen bewachsen in das Ufer hinein. Früher füllte das Pech die Ufer des Sees bis zum Rand und er muß, wie die erwähnten Asphaltströme erkennen lassen, auch übergeflossen sein. Jetzt ragen die Ränder schon 2 bis 3 m über den Spiegel des Sees hervor, entsprechend der Entnahme von Asphalt. Um sich zu vergewissern, wie lange das Material wohl ausreichen würde, sind Bohrungen angestellt worden, aus denen sich ergibt, daß der Pechsee eine kegelförmige Vertiefung der Erdoberfläche, der Form eines Vulkankraters entsprechend, ausfüllt. Die Bohrungen ergaben, daß die Wände des Kraters sehr steil nach innen abfallen und daß der See eine ziemlich bedeutende Tiefe besitzt. In der Mitte ist bis zu 60 m gebohrt worden, ohne Grund zu erreichen, und die Bohrungen mußten aufgegeben werden, weil sich die Werkzeuge in dem zähen Material nicht mehr drehten. Die Wände des Kraters müssen den Bohrkernen nach aus Sand oder Sandstein bestehen und sind ganz mit Asphalt imprägniert. Nimmt man an, daß der Pechsee in der Mitte mindestens 60 m tief ist und der Krater eine etwa kegelförmige Gestalt besitzt, so ergibt sich ein Inhalt des Sees von vielen Millionen

Fig. 2.



Der Trinidadasphaltsee, Insel Trinidad, B. W. I.
In der Nähe des Vorkommens von flüssigem Asphalt.

Kubikmetern, fähig, den Weltbedarf für lange Zeit zu decken. In Reisebeschreibungen und populären Schriften liest man oft, daß das Material in der Sonnenhitze weich sei und daß es gefährlich sei, den See zu betreten, und daß die Menschen einfach darauf festkleben würden, wie etwa Fliegen auf einem Fliegenpapier. Das ist nicht der Fall. Wenn man über den See schreitet, so hat man etwa dasselbe Gefühl, als wenn man auf einer vorzüglichen Asphaltstraße hinwandelt; nur an einigen wenigen Stellen, nach dem Rande zu, ist der Asphalt klebrig, doch sind das anscheinend sekundäre Erscheinungen, hervorgerufen durch Öladern, die durch den Asphalt gedrunge sind und das Pech aufgeweicht haben. Je nach der Jahreszeit ist der See mehr oder weniger mit Wasser bedeckt, meist Regenwasser, das am reichlichsten in der Regenzeit vorhanden ist, die vom Mai bis Dezember währt. Reste von Wasser bleiben immer auf dem See zurück und dienen den Negerweibern als Waschplätze, denn frisches Wasser ist dort eine Seltenheit. Das Wasser ist bis zu $1\frac{1}{2}$ m tief und ziemlich klar, und es leben auch kleine Fische darin, was um so verwunderlicher erscheint, als es oft von Gasblasen durchstrichen wird, die, wie eine Prüfung zeigte, reichlich Schwefelwasserstoff enthalten. Unter dem Wasser bemerkt man, wie der Asphalt sich in großen Falten zusammenschiebt, gerade wie etwa ein sehr dicker Teig. Daß die ganze Masse flüssig und in Bewegung ist, bemerkt man vor allen Dingen auch an den Stellen, an denen der Asphalt gebrochen wird. Die frischen und scharfkantigen Bruchflächen sind schon nach einigen Stunden abgerundet und nach wenigen Tagen bildet alles wieder eine glatte Fläche, ohne eine Spur der Bearbeitung zu hinterlassen. Schienen, die auf Schwellen an der Oberfläche des Sees gelagert sind, werden verbogen und verschoben und zeigen die Strömungen der Pechmasse an, die auf der Oberfläche vollständig glatt erscheint; wenn man aber mit der Hacke etwas losbricht, so sieht man, daß sie voller Blasen und Löcher ist, etwa wie Schweizerkäse. An der Sonne wird das Pech zunächst etwas weicher und verliert nach und nach die blasige Beschaffenheit, wird dabei aber härter. Die Ströme von Pech, die nach der See hin abgeflossen sind, zeigen weniger Blasen, ebenso auch das Pech, das aus der Erde, entlang der Ströme, ausgegraben wird und unter dem Namen Landasphalt in den Handel gebracht wird. Der rohe Asphalt, wie er gebrochen wird, besteht aus etwa 40 Proz. Pech, 30 Proz. Wasser und 30 Proz. mineralischen Verunreinigungen. Wie sorgfältige Untersuchungen von Richardson gezeigt haben, hat das Pech überall die gleiche Zusammensetzung, gleichgültig, von welcher Stelle des Sees und aus welcher Tiefe es genommen worden ist. Die mineralischen Verunreinigungen, wenn man so sagen kann, denn sie scheinen einen konstituierenden Bestandteil des Asphalts zu bilden, wie ihre Gleichförmigkeit zeigt, bestehen aus Ton und Quarz mit geringen Mengen von Eisen. Sie sind im Asphalt im Zustande so feiner Verteilung, daß sie sich nicht nur im geschmolzenen Pech nicht vollkommen absetzen, sondern sogar in der Lösung des Asphalts flottieren. Man glaubte deshalb erst, daß es sich um eine Verbindung von Tonerde oder Eisen mit Bestandteilen des Asphalts handelt, doch zeigte Richardson, daß sich durch Zentrifugieren der Asphaltlösung ein großer Teil dieser flottierenden Bestandteile ausscheiden läßt, daß also nur eine physikalische Beimischung vorliegt. Das Bitumen, nachdem es extrahiert und von mineralischen Bestandteilen gereinigt ist, ist ein glänzend schwarzes Material, das aus etwa 82 Proz. C, 10,5 Proz. H und 6 Proz. S besteht, daneben auch etwa 1 Proz. N enthält.

Die Gewinnung des Asphalts gestaltet sich ziemlich einfach. Er wird, wie Fig. 3 zeigt, mit Hacken losgeschlagen und löst sich dabei glatt ab, ohne

Fig. 3.



Das Aufhacken des festen Asphalts.

zu splintern. Ein Häuer hackt Asphalt für 5 bis 6 Träger, die die Stücke auf dem Kopfe in Karren tragen, die durch eine Drahtseilbahn weitergeschleppt werden, Fig. 4. Der Betrieb geht nur am Tage. Mit der Gewinnung ist an

Fig. 4.

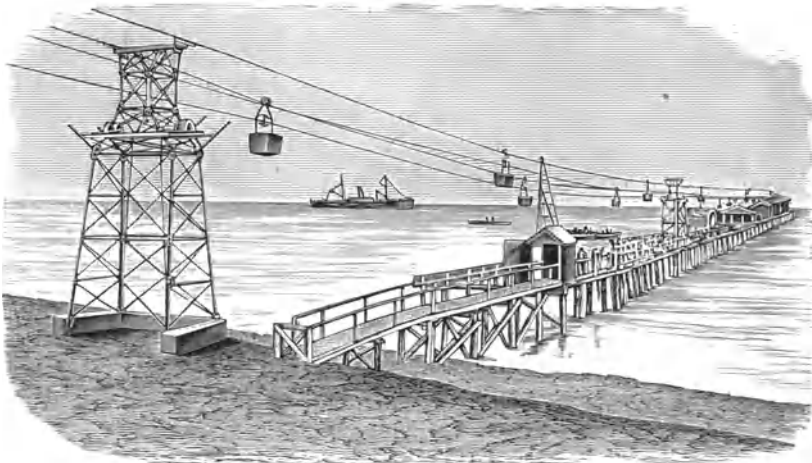


Verladung des gewonnenen Asphalts in Feldbahnwagen.

Ort und Stelle eine Raffinerung verbunden und es genügen etwa 50 Mann, um die Raffinerie mit Material zu versehen. Kommt aber ein Schiff herein, um unraffiniertes Material nach Nordamerika in die Hauptraffinerien zu

schaffen, so arbeiten einige hundert Mann zu gleicher Zeit und können an einem Tage etwa 1000 t Asphalt gewinnen und verladen. Die Wagen fassen etwa 500 kg und kippen am Ende der Verladestation das Material in eine Schurre, die direkt in den Schiffsraum führt, s. Fig. 5. Es bückt hier während der Reise zusammen und muß an der Empfangsstation abermals mit Hacken ausgehauen werden. Die Raffination an Ort und Stelle besteht nur in einem Aufschmelzen. Dadurch wird das Wasser verjagt, gröbere Verunreinigungen, wie Steine und Zweige, setzen sich ab. Das Schmelzen geschieht in großen Eisentanks, die mit gespanntem Dampf geheizt werden. Das Material wird in Spanfässer gefüllt und bildet den sogenannten „Trinidad epuré“, der etwa 50 bis 60 Proz. Bitumen enthält. Der Rest ist anorganische Verunreinigung. Nach den Vereinigten Staaten wird fast nur Rohasphalt verschickt, nach Europa dagegen meist raffiniertes Pech. Es befindet sich außer der Raffinerie am See noch

Fig. 5.



Empfangsstation für Pech auf Trinidad.

eine zweite kleinere Raffinerie in La Brea, die sowohl von den Lizenzträgern gekauftes Seepech, als auch eigenen Landasphalt raffiniert. Wie erwähnt, ist der See zu verschiedenen Zeiten übergeflossen; der Hauptfluß ergießt sich in der Richtung nach La Brea, wird hier ausgebeutet und als sogenannter Landasphalt in den Handel gebracht. Der Landasphalt ist härter als der Seeasphalt und enthält auch größere Mengen von Verunreinigungen. Er wird im Tagebau gewonnen, indem das Erdreich zur Seite geschafft wird und die Arbeiter oder Arbeiterinnen die geförderten Asphaltstücke auf dem Kopfe in Karren tragen, die es zur Raffinerie führen. Das Vorkommen des Landasphalts ist natürlich beschränkt, und es wird von Jahr zu Jahr weniger davon gewonnen.

Was die Entstehung des Asphaltsees anbelangt, so ist es nicht ohne kulturhistorisches Interesse, daß unter den von den Spaniern mit Erfolg ausgerotteten Ureinwohnern der Insel Trinidad die gleiche Sage herrschte, die der biblischen Erzählung vom Untergang der Städte Sodom und Gomorra zugrunde liegt. Wer mit offenen Augen die Insel bereist, dem drängt sich der Verlauf des Herganges von selbst auf. Es mag keinen anderen Ort auf der Erde geben, der in gleichem Maße mit Bitumen so durchtränkt ist, wie

gerade der südwestliche Teil der Insel Trinidad. Überall, wohin man geht, trifft man immer auf Ölausbrüche, Asphaltlager, und es kommt vor, daß sich plötzlich mitten auf dem Wege eine Art Krater öffnet und Asphalt auswirft. Diese kleinen Asphaltvulkane bilden eine Gefahr für die Gebäude, da man nie im voraus wissen kann, ob sich auf dem zum Bau vorgesehenen Boden später ein derartiger kleiner Vulkan bilden wird. Die Gebäude neigen sich dann im Maße, wie der Asphalt durch deren Gewicht weggedrückt wird, und in manchen Fällen haben solche sogar abgetragen werden müssen. Die Krater liegen höher als der See, weshalb der ausströmende Asphalt nicht im Zusammenhang mit diesem stehen kann. Viel zur Aufklärung der Verhältnisse haben die Ölfunde der letzten Jahre beigetragen, und es beginnt sich eine ansehnliche Ölindustrie in Trinidad zu entwickeln. Das Öl ist sehr schwer (hat etwa ein spezifisches Gewicht von 0,960) und ist äußerst asphaltreich. Beim Stehen an der Luft in der Wärme verdickt es sich, und zwar nicht allein durch Verdunsten leichterer Teile, sondern zum Teil durch Oxydation, zum Teil auch durch innere Reaktion, denn die Erhärtung geht unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff vor sich. Wir werden also nicht fehlgehen, wenn wir in diesem Öl das Ursprungsmaterial des Asphalts erblicken. Man muß sich die Entstehung des Asphaltsees so denken, daß das Erdöl anscheinend in eine Vertiefung der Erde, vielleicht in einen alten Krater geflossen ist, eben den heutigen Asphaltsee, hier mit Erde und Schlamm vermengt wurde, die durch Regengüsse hereingespült wurden, und so mit dem Wasser eine Emulsion bildete, die nach und nach durch Verdunstung der leichteren Teile, Einwirkung von Luft und des im Öl enthaltenen Schwefels erhärtete. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß das Wasser teilweise auch aus dem Meere stammt, weil die Sohle des Pechsees tiefer liegt als der Meeresspiegel, zum wenigsten läßt der Salzgehalt im Oberflächenwasser des Sees auf einen solchen Zusammenhang schließen.

Das Öl enthält ungefähr 30 Proz. Benzin und Petroleumfraktion und ist bei gewöhnlicher Temperatur sehr zähflüssig. Unter dem Einfluß der Luft erhärtet es ziemlich schnell. Daraus und aus seinem hohen Schwefelgehalt, der über 3 Proz. beträgt und für die Naturasphalte charakteristisch ist, ergibt sich sein inniger Zusammenhang mit dem Trinidadasphalt. Offenbar ist der Schwefel bei der Umwandlung des Öles in Asphalt stark beteiligt, denn noch jetzt findet hier die Asphaltbildung unter Gasentwicklung, worunter in erster Linie Schwefelwasserstoff, statt. Überall im Urwalde, beim Ausroden, beim Wegebauen findet man die asphaltischen Massen in allen Stadien der Erhärtung vom Öl bis zum harten Landasphalt, und der große Ölreichtum läßt annehmen, daß wir in Trinidad ein fast unerschöpfliches Reservoir für alle Arten Bitumen in allen Härtegraden vor uns haben.

Das Gewinnungsrecht des Seesphalts ist von der englischen Regierung verpachtet worden, und zwar an die „New Trinidad Lake Asphalt Co.“. Die Konzession lautet bis zum Jahre 1930. Die Ausfuhr betrug im Jahre 1908 118 000 t Rohasphalt und 15 000 t raffinierten. Im Jahre 1911 betrug die Förderung etwa 180 000 t, 1912 über 200 000 t und für 1913 rechnet man mit nahezu 300 000 t Ausbeute. Von der Regierung wird ein Ausfuhrzoll von 5 sh für eine Tonne Rohasphalt, für eine Tonne raffinierten Asphalt, der Abnahme des Wassergehaltes entsprechend, von 7 sh 6 d erhoben. Ferner wird von der Gesellschaft eine Pachtsumme von jährlich 14 000 £ bezahlt, so daß die englische Regierung von der Asphaltgewinnung allein eine Reineinnahme

von etwa 1 Million Mark hat, die im Haushalte der Insel eine gewichtige Rolle spielt. Etwas Asphalt wird auch auf der Insel selbst verwendet, wofür keine Abgabe zu zahlen ist. Man findet in der Umgegend des Asphaltsees, selbst auf Strecken, die neu im Urwald angelegt sind, asphaltierte Straßen, und zwar Straßen, die mit reinem Asphalt belegt sind, ein Luxus, den sich in Europa nicht einmal eine große Stadt leisten kann. Die Art der Asphaltierung ist sehr einfach und besteht darin, daß man den Rohasphalt auf die frisch hergestellten Straßen schüttet und mit großen Messern, sogenannten Cutlasses, und Gabeln kleinschlägt. Der Verkehr besorgt dann das übrige, und in kurzer Zeit sind die Asphaltstücke zu einer festen Decke zusammengeschweißt, die selbst in der großen Hitze hart und dabei doch elastisch ist. Die Arbeiter, die bei der Gewinnung und Verschiffung des Asphalts verwendet werden, sind Neger, teilweise auch Hindus, die von der englischen Regierung eingeführt werden.

Der Bestand des Asphaltsees ist beinahe als unerschöpflich zu bezeichnen und reicht jedenfalls noch auf Jahrhunderte. Das in einem Jahre verschifft Quantum an Trinidadasphalt allein ist größer als der Versand von allen anderen Asphaltfundorten der Welt zusammengenommen.

Über die Gesamtausbeutung und die ständig zunehmende Produktion des Trinidadasphaltsees geben folgende statistische Zahlen Aufschluß:

Jahr	Menge in sh t	Jahr	Menge in sh t	Jahr	Menge in sh t
1867	3 727	1883	39 806	1899	115 091
1868	1 525	1884	37 598	1900	123 219
1869	5 297	1885	34 744	1901	136 525
1870	8 810	1886	37 133	1902	142 513
1871	4 050	1887	42 569	1903	182 697
1872	11 998	1888	49 294	1904	112 818
1873	7 659	1889	70 388	1905	112 353
1874	9 915	1890	71 471	1906	124 868
1875	14 732	1891	68 749	1907	141 442
1876	15 694	1892	97 665	1908	129 568
1877	13 017	1893	86 051	1909	132 344
1878	15 786	1894	94 946	1910	157 776
1879	22 711	1895	81 080	1911	176 693
1880	22 792	1896	82 946	1912	etwa 200 000
1881	26 276	1897	109 943		
1882	29 953	1898	86 959		

Der Gesamtexport an Trinidadasphalt seit dem 31. Januar 1907 stellt sich wie folgt:

Jahr	Nach den Ver. Staaten			Nach Europa			Nach and. Ländern			Gesamt- ausfuhr sh t
	See sh t	Land sh t	Total sh t	See sh t	Land sh t	Total sh t	See sh t	Land sh t	Total sh t	
1907	97 243	4 642	101 885	59 987	224	60 211	—	230	230	162 096
1908	92 212	5 886	98 098	51 183	1276	52 459	—	—	—	150 557
1909	97 629	13 787	111 416	49 345	224	49 569	—	—	—	160 985
1910	109 198	9 274	118 472	65 778	150	65 928	—	—	—	184 400
1911	103 590	8 040	111 630	67 105	—	67 105	983	—	983	179 718

Nach Clifford Richardson¹⁾ hat das Wasser des Sees ein spezifisches Gewicht von 1,0599 und enthält in einem Kilogramm:

Gesamtrockensubstanz	82,1 g	Kalk	Spur
Natrium	27,193 g	Magnesia	0,506 g
Kalium	0,528 g	Kohlensäure	3,700 g
Chlor	38,210 g	Kieselsäure	0,222 g
Schwefelsäure	3,207 g		

außerdem noch organische Substanz, viel Schwefelwasserstoff, Jod und Bor.

Seit einiger Zeit ist auch dem Vorkommen von Asphalt in Venezuela²⁾ eine erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet worden. Bis jetzt kommen für den

Fig. 6.



Asphaltkrater im Bermudezsee.

Welthandel nur zwei Fundstellen in Betracht; beide sind im Osten des Landes unfern der Mündungen des Orinoko gelegen und bieten eine leichte Verschiffungsgelegenheit. Die eine dieser Minen ist Eigentum einer deutschen Gesellschaft, die im Jahre 1891 mit der Ausbeutung zu beginnen gedachte. Das hier gefundene Produkt ist ein flüssiger Asphalt, der etwa 40 Proz. Öle enthalten soll. Die Schicht, aus welcher dieses Öl stammt, befindet sich etwa 12 bis 25 m unter der Oberfläche, besteht aus feinem, mit Asphalt getränktem Sand und hat eine Stärke von angeblich über 15 m.

Ein Asphaltsee, oberflächlich noch größer als der von Trinidad, befindet sich an der entgegengesetzten Seite des Golfs von Paria, der Trinidad von Südamerika trennt, etwa 50 km Luftlinie von

der Küste in der Provinz Bermudez. Der Guanocofluß, ein Seitenfluß des San Juan, führt bis auf etwa 5 km in die Nähe des Sees. Seine Oberfläche beträgt 900 amerikanische Acker und ist größtenteils mit Vegetation bedeckt. In der Regenzeit ist der See teilweise unter Wasser und auch sonst sehr feucht, da er nicht höher liegt als die umliegenden Sümpfe. Dadurch wird die Asphaltgewinnung sehr erschwert. Im wesentlichen ist der See entstanden durch den Ausfluß mehrerer Asphaltquellen, weshalb er weder die Tiefe noch die Gleichförmigkeit des Materials des Trinidadasphaltsees aufzuweisen hat. Er besitzt eine Tiefe von 2 bis 3 m, abgesehen von den eigentlichen Asphaltquellen. Die weichen Stellen in der Nähe der Quelle zeigen keine Vegetation. Das Ausströmen des flüssigen Asphalts erfolgt gleichfalls unter Gasentwicklung (vgl. Fig. 6). Das Gas enthält auch hier wie auf dem Trinidadsee wesentliche Mengen von Schwefelwasserstoff. Der Asphalt selbst schließt aber weniger Gas

¹⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 13 f. — ²⁾ Chem. Ind. 1901, S. 313.

als der von Trinidad ein, da dieses infolge seiner weichen Beschaffenheit schnell entweichen kann.

Der Asphalt ist auf der Oberfläche härter und bildet eine Art Kruste, unter der sich weicherer Material befindet, das den Fußgänger nicht trägt, wie das des Trinidadsees. Zum Teil ist der Asphalt durch Brände mit Koks durchsetzt oder mit durch teilweise Destillation entstandenem harten Material vermischt, wo die Hitze nicht groß genug war, um den Asphalt vollkommen zu verkoken. Entsprechend seiner weniger einheitlichen Natur enthält der Bermudezasphalt wechselnde Mengen Wasser, 11 bis 46 Proz., während der rohe Trinidadasphalt ziemlich gleichmäßig etwa 28 bis 30 Proz. mechanisch beigemischt Wasser aufweist. Das Wasser ist nicht mit dem Asphalt emulgiert, wie beim Trinidadasphalt, sondern es ist Tagewasser. Bei der Destillation des weichen Asphalts gehen etwa 6 bis 16 Proz. Öle über. Durch Auslesen der für die industrielle Verwertung geeigneten Schichten erhält man dagegen ein ziemlich gleichmäßiges Material von etwa 95 Proz. Bitumen nach der Raffination und dem Rest an Asche und mechanisch beigemischten organischen Bestandteilen, meistens Pflanzenresten entstammend. Über 70 Proz. des Materials sind leicht in Benzin löslich; Carbene, die sich nicht in Tetrachlorkohlenstoff lösen, sind nicht vorhanden. Das Bitumen des Bermudezasphalts enthält über 5 Proz. Schwefel. Ein Vergleich der beiden Bitumen (auf reines Bitumen berechnet) des Bermudezsees und Trinidadsees ergibt nach Richardson folgende Werte:

	Bermudez rein	Trinidad rein
Kohlenstoff	82,88	82,33
Wasserstoff	10,79	10,69
Schwefel	5,87	6,16
Stickstoff	0,75	0,81
	100,29	99,99

Beide Bitumen sind sich also verhältnismäßig sehr ähnlich. Der hohe Gehalt an Schwefel in den Natur-Bitumen bildet ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal gegenüber den meisten Petrolrückständen.

Das Ausbeutungsrecht des Sees gehört der New York and Bermudez Co., einer Tochtergesellschaft der Barber Asphalt Paving Co., die auch das Eigentumsrecht auf dem Trinidadsee hat. Die Gewinnung von Bermudezasphalt betrug 1911 etwa 47000 t im Jahre, ist aber im Steigen begriffen. Sie ist um so höher zu veranschlagen, als das Material wesentlich reiner und hochprozentiger ist als der Rohasphalt des Trinidadsees.

Die Gewinnung von Bermudezasphalt seit dem Jahre 1891 ist in umstehender Zusammenstellung nach einer freundlichen Privatmitteilung der Barber Asphalt Paving Co. gegeben.

Auf der britischen Insel Barbados finden sich an zahlreichen Plätzen Vorkommen von Erdöl und Asphaltit, der hier in der Form des Manjac auftritt, so vor allem bei Groves, südöstlich vom Mount Hillaby, bei Springfield in der Nähe von St. Margaret's Quinty und Causell Bay. Ein Gang von Manjac durchbricht den grauen Kalk nahe dem Gipfel des Burnt Hill, der seinen Namen von einem fünf Jahre dauernden Manjacbrand trägt. Der Manjac ist

fast völlig löslich in Chloroform und besteht aus fast reinem Bitumen. Er ist teilweise löslich in Petrolbenzin und enthält eine bestimmte Menge von Petrolen. Seine Elementaranalyse ergab: C = 81,18 Proz., H = 8,43 Proz., O = 10,39 Proz. Er ist frei von Schwefel und wird seit 1896 gewonnen, doch wurde die Ausfuhr nach den Vereinigten Staaten, wo er als Isoliermittel für elektrische Kabel benutzt wird, immer geringer.

1891	250 t	Übertrag	89 502 t
1892	1 130 t	1903	22 493 t
1893	1 743 t	1904	22 862 t
1894	7 038 t	1905	18 400 t
1895	3 025 t	1906	21 550 t
1896	5 654 t	1907	40 479 t
1897	11 790 t	1908	36 660 t
1898	—	1909	27 790 t
1899	11 825 t	1910	34 561 t
1900	17 981 t	1911	47 492 t
1901	21 418 t	1912	72 625 t
1902	7 648 t ¹⁾		434 414 t
	89 502 t		

Die offiziellen Zahlen für den Export sind:

Jahr	t à 1000 kg	Wert £	Preis pro t £
1896	878	1756	2,0
1897	1880	3760	2,0
1898	1160	2320	4,10
1899	1016	4617	5,10
1900	1120	6162	9,0
1901	1044	9334	9,0

Von dem Herrn Kolonialsekretär in Barbados erhalten wir folgende Angaben über den Export an Manjac in den letzten zehn Jahren:

Jahr	Exportierte Menge t	Wert £	Jahr	Exportierte Menge t	Wert £
1902	868 ¹⁰ / ₂₀	7,817	1907	693	6,930
1903	650 ¹⁶ / ₂₀	6,508	1908	430 ⁹ / ₂₀	4,305
1904	501 ⁴ / ₂₀	5,012	1909	341 ¹⁵ / ₂₀	2,492
1905	929 ⁵ / ₂₀	9,293	1910	174 ⁴ / ₂₀	1,307
1906	782	7,820	1911	164 ⁵ / ₂₀	1,568

In Verbindung mit diesen Asphaltfunden steht das Vorkommen von Petroleum an verschiedenen Stellen von Venezuela. Nach Mitteilungen von interessierter Seite, die jedoch einer weiteren Bestätigung noch bedürfen, sprechen Anzeichen dafür, daß sich sowohl in den bezeichneten Distrikten im

¹⁾ Der Abfall ist durch die politischen Vorgänge in Venezuela verursacht.

Osten wie auch an der Küste westlich von Puerto Cabello in der Nähe der Orte Toenyo, Capadare und Curamichate, ferner in dem einstweilen noch sehr unzugänglichen Gebirgslande Tachira größere Petroleumlager befinden.

Flüssiges Bitumen kommt in dem Maracaibosee bei San Timoteo vor. Das Bitumen, das eine Dichte von 0,975 hat, enthält 14,5 Proz. Asphaltene, 61,3 Proz. Petrolene und der Rest ist Wasser und Erde. Der Asphalt quillt zusammen mit heißem Wasser aus der Erde, das einen kleinen See bildet, und verhärtet sich nach und nach an der Luft ¹⁾.

Ein Pechsee von bescheidenerem Umfang findet sich nach Ochsenius ²⁾ in Peru bei Coxitambo, Provinz Payta, und wird seit dem Jahre 1860 ausgebeutet. Hier findet sich der Asphalt im Zusammenhang mit Petroleumlagern, welche neuerdings ebenfalls ausgebeutet werden. Ähnliche Vorkommen, welche wahrscheinlich gleichfalls mit Erdöllagerstätten in Verbindung stehen, werden außerdem gemeldet vom Hügel Condorocana, Provinz Angaracs (schon seit 1760 bekannt) und Sacsamarea, beide im Departement Huancaavelica, dann von Pastos de Mito, Provinz Janja, Departement Junin, und Clumpi, Provinz Parinacochas, Departement Ayacucho. Die näheren Verhältnisse dieser Lokalitäten sind indessen nicht bekannt.

Interessante Mitteilungen über ein außerordentlich großes Vorkommen von reinem Asphalt in Mexiko bringt ferner ein Bericht des amerikanischen Vizekonsuls Bielenborg ³⁾ in Matamoros. Der Asphaltbezirk liegt in der Nähe des Distrikts Sota de la Marina, und der Transport der dort gewonnenen Produkte kann auf dem Wasserwege bis zur Küste geschehen. Der La Marina-Fluß fließt durch das Gelände und ist für Fahrzeuge von 30 t schiffbar. Nachdem bereits seit langer Zeit Gerüchte über bedeutende Petroleumvorkommen in Mexiko im Umlauf waren, wurde auf Veranlassung des Genannten das Terrain sowohl, wie auch das angebliche Petroleum näher untersucht, und es ergab sich, daß die teerige Substanz kein Petroleumrohöl, sondern Asphalt ist, sowie daß hier eins der reichsten Asphaltfelder der Welt vorliegt. Es wurden ungefähr 20 Mineralteerquellen aufgedeckt, welche sich in beständiger Tätigkeit befinden. Eine Fläche von über 20 Quadratmeilen ist von Asphaltlagern gebildet, und die benachbarten Flüsse sind während des ganzen Jahres mit einer öligen, fetten Substanz bedeckt, welche von den umgebenden Bergen in die Wasserläufe gelangt und deren Wasser ungenießbar macht. Alle Anzeichen sprechen dafür, daß sich unter dem Asphaltlager noch ein ausgiebiges Lager von Erdöl und Kohle befindet. Zur Exploitation dieser Lager hat sich bereits eine amerikanische Gesellschaft gebildet, welche eine Konzession auf 50 Jahre erworben hat und damals mit den Bohrarbeiten beschäftigt war.

Weitere Asphaltlager finden sich in Mexiko, im wesentlichen im Distrikt Tuxpan und Tampico, und es sind schon Arbeiten im Gange, die Lager aufzuschließen. Außer diesem natürlich vorkommenden Asphalt wird hauptsächlich Asphalt als Rückstand der Destillation von Erdöl von der Mexican Petroleum Company in Ebano, 40 Meilen westlich von Tampico, und der Mexican Eagle Co. in Minatitlan gewonnen ⁴⁾.

Von beträchtlichem Umfang scheint auch ein Asphaltvorkommen im Kreise Santa Barbara in Kalifornien zu sein. A. S. Cooper ⁵⁾ berichtet, daß in

¹⁾ Petroleum 1908/09, S. 1234. — ²⁾ Chem.-Ztg. 1891, Rep., S. 1866. — ³⁾ Chem. Ind. 1897, S. 102. — ⁴⁾ Petroleum 1907/08, S. 907. — ⁵⁾ Eng. and Min. Journ. 1898, S. 278.

dem dortigen Gebirge sich große, gleichförmige Sandbetten finden, welche sich nur durch die Größe und Gestalt der Sandkörner voneinander unterscheiden. Der Sand ist mit etwa 8 bis 15 Proz. Asphalt durchtränkt und seine Menge wird auf etwa 50 Mill. Tons, die des Asphalts auf etwa 20 Mill. Barrels geschätzt. Bis zu einer Tiefe von 2 Fuß ist der letztere braun und spröde, Eigenschaften, welche durch Entweichen der leichtflüchtigen Bestandteile und wahrscheinlich durch Polymerisation bedingt sind. Darauf folgt eine etwa 6 Zoll dicke Schicht eines sehr zähen Materials. Mit wachsender Tiefe wird der Asphalt weicher, bis er in einer Tiefe von 500 bis 1000 Fuß die Konsistenz eines dickflüssigen Öles zeigt.

Die La Patora-Grube bei Santa Barbara erschloß 3 oder 4 mit Asphalt erfüllte Klüfte, die bis zu 12 Fuß Mächtigkeit erreichen. Der Asphalt ist hart, aber er schwillt in den Grubenräumen auf, weshalb er ständig entfernt wird. Er enthält nur 30 Proz. sandige Bestandteile. Die Gänge werden bis zu 300 Fuß Tiefe bergmännisch abgebaut. Die reineren Sorten enthalten 60 bis 70 Proz. Bitumen.

Die Asphaltproduktion Kaliforniens war nach den Veröffentlichungen des U. S. geol. Survey:

	1906		1911	
	Menge t	Wert \$	Menge t	Wert \$
Bituminöser Sandstein . . .	20 418	47 427	27 501	89 274
Asphaltgummi	8 176	101 106	15 589	179 646
Malthe	1 000	20 000	8 574	135 966
Ölasphalt	62 361	590 046	139 275	1 709 545

Größere Asphaltlager sollen sich in Texas an der Mündung des Rio Grande entlang der Golfküste befinden. Der Asphalt soll sich für Straßenbau ebenso gut eignen wie der Trinidadasphalt¹⁾. Bedeutende Asphaltlager weisen außer Texas noch Arkansas und das Indianerterritorium auf. Der Asphalt kommt als imprägnierter Kalk- und Sandstein vor. Im Indianerterritorium befinden sich die Asphaltlager bei Baria, Dougherty und Tar Springs. Das asphaltische Gestein liegt unter einer 2 bis 45 cm starken Sandsteindecke. Das Gestein ist meistens schichtenweise gelagert und 1½ bis 2 m mächtig. Der Sandstein enthält 10 bis 14 Proz. Asphalt, 20 bis 30 Proz. schwere Öle und 56 bis 70 Proz. Anorganisches (Sand). Er wird durch Tagebau gewonnen, nachdem die Sandsteindecke entfernt ist, vermahlen und durch Aufkochen mit Wasser vom Sand getrennt. Das reine Bitumen hat ein spezifisches Gewicht von 0,995 und enthält 97,80 Proz. in Schwefelkohlenstoff Lösliches²⁾.

Noch an manchen anderen Orten Nordamerikas findet man Asphaltlager von abbauwürdigem Umfang. G. H. Stone³⁾ hat alle Asphaltvorkommen von Utah und Kolorado auf Veranlassung der Regierung genau untersucht. Das häufigste Vorkommen befindet sich in dem sogenannten Sandasphaltfels. Er besteht aus Quarzkörnern, zwischen welchen Asphalt sich findet (15 Gew.-Proz. und weniger). Die größte Mächtigkeit beträgt 12 m, gewöhnlich jedoch

¹⁾ Vgl. Asphalt- und Teerindustrie-Zeitung 1910, S. 483. — ²⁾ Vgl. Chem.-Ztg. 1904, Rep., S. 28. — ³⁾ Amer. Journ. Science 42, 48 (1891).

nur 1 bis 3 m (Ashley Creek U.). Ähnliche Lager sind die bituminösen Schiefer, die 10 bis 20 Proz. einer kohlenstoffhaltigen, dem Wurtzilit ähnlichen Masse enthalten. Die reicheren Lager werden als Ölfels in Kolorado verarbeitet; sie erreichen selten $\frac{5}{4}$ m Mächtigkeit. Auch bituminöse Kalksteine kommen weit verbreitet vor; sie sehen entweder grau, gelbbraun oder schwarz aus, sind oft oolithisch oder konkretionär. Hier findet sich der Asphalt in Höhlungen als solcher oder als Wurtzilit oder Uintait. Flüssige Asphalte, ähnlich wie Petroleum, finden sich ebenfalls. Die Malthen von Utah haben alle schwarze Farbe; sie sind gewöhnlich flüssig, erhärten aber, sind dann wachsartig oder hornig und finden sich in schmalen Adern. Ferner finden sich hier Uintait oder Gilsonit, ein leicht löslicher und schmelzbarer Asphalt, und Wurtzilit, ein schimmerndes, zähes, schwer schmelzbares und auflösbares Erdpech.

Die Lager von Wurtzilit sind jünger als Jura, wahrscheinlich sind alle Sandasphaltilager von tertiärem Alter. Die schwarzen Asphalte und bituminösen Mergel haben das Alter der Green River-Formation. Dasselbe Alter haben die bituminösen Kalksteine; einige derselben sind vom Alter der oberen Wasatch-Gruppe. Der Ausbruch der Spaltengänge, welche Uintait, und einige, welche Wurtzilit enthalten, sind jüngeren Ursprunges als die Browns Park-Epoche. Der Gilsonit (Uintait) findet sich nach Eldrige¹⁾ mit den ihn begleitenden anderen Bitumen im Uintabecken mit einer Ausdehnung von etwa 10 000 Quadratmeilen; er ist schwarz, teerig aussehend, von lebhaftem Glanz und sehr spröde. Er findet sich in Gängen und Trümmern im Sandstein des Obereozäns in einer großen Synklinale, mit deren Bildung die Entstehung der Gänge, die sich in große Tiefen erstrecken können, im Zusammenhang stehen dürfte. Die Gänge wurden auf 1,5 Meilen Länge mit 3 bis 4 Fuß Mächtigkeit verfolgt und sind bis auf 200 Fuß Tiefe im Abbau. Der Uintait zeigt in der Nähe des Nebengesteins säulenförmige oder kuboidische Absonderungen, und seine Beziehungen zum Nebengestein zeigt Fig. 7.

Eldrige erklärt die Entstehung dieser Gänge so, daß der Gilsonit unter starkem Druck von unten als plastische, genügend flüssige Masse emporkam, um in die Spalten und zwischen die Körner des Nebengesteins einzudringen. Das Material wird bergmännisch mit Hacke und Schaufel gewonnen, wobei der Staub sich an Gesicht und Händen festsetzt und mit Petroleum gewaschen werden muß. Er ist auch sehr gefährlich für die Lunge, ist explosibel, weshalb nur mit Verwendung von Atmungsapparaten und Sicherheitslampen gearbeitet werden darf.

Wurtzilit tritt bei Fort Duchesne auf einer 100 qm großen Fläche in Gängen von 1 bis 22 Zoll Stärke auf. Es sind einige 30 Gänge mit wenigstens

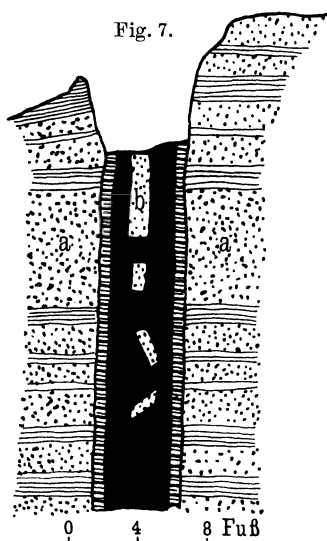


Fig. 7.
 Uintaitgang in Utah.
 b Nebengestein.

¹⁾ Engler-Höfer, Erdöl 2, 617.

5500 t zu sehen. Im Jahre 1905 wurden 500 t Wurtzilit und 10916 t Gilsonit, 1906 dagegen nur 12 947 t Gilsonit mehr gefördert. 1911 betrug die Produktion 30 236 t Gilsonit im Wert von 486 116 \$ und nur 610 t Wurtzilit.

Fig. 8.



Gewinnung von Gilsonit, Cumberland Mine, Utah.

Grahamit und Albertit findet sich auch im östlichen Teil des Indianerterritoriums und wird in zwei Gängen der Moultongrube, die 35 und 53 Fuß tief sind, gewonnen. Das Mineral hat einen lebhaften Glanz, ist schwarz und sehr spröde; sein spezifisches Gewicht beträgt 1,175, und die Analyse ergibt 86,57 Proz. Kohlenstoff, 7,26 Proz. Wasserstoff, 1,48 Proz. Stickstoff, 1,38 Proz. Schwefel, 2,0 Proz. Sauerstoff und 1,31 Proz. Asche. Ein ähnliches Vorkommen

ist 70 Meilen nordöstlich bei Paye, nahe an der Grenze von Kansas. Die Förderung betrug im Jahre 1906 1952 t, 1911 5000 t im Werte von 15 000 \$.

Es ist schon in der Einleitung zu diesem Werk (S. 6) darauf hingewiesen worden, daß eine Klassifikation der Asphalte in eigentliche Asphalte oder Erdpeche und Asphaltite oder Glanzpeche sich auch aus geologischen Gesichtspunkten mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit des Vorkommens, jene in Seen, Nestern oder als Gesteinsimprägnierung und Konglomerat, diese als gangartige Anhäufungen, berechtigt erscheint. Dies wird in augenfälliger Weise klar beim Vergleich der Fig. 8, die nach einer photographischen Abbildung der Gilsonitgrube Cumberland Mine in Utah hergestellt ist mit den Fig. 2 und 6, die Asphaltseen in Trinidad und Bermudez darstellend. Auch die abweichende Art der Förderung läßt offensichtlich die Verschiedenartigkeit des geologischen Charakters dieser Naturprodukte erkennen.

Asphalt findet sich ferner im Distrikte Oklahoma, teils als poröser Kalkstein, der mit Asphalt getränkt ist und 10 bis 25 Proz. Bitumen enthält, teils auch als reiner Asphalt, wie Grahamit und Gilsonit. Gefördert wurden im Jahre 1906 an Asphaltgestein 738 t, 1911 11 959 t. Einer Verwertung im größeren Maßstabe standen früher die hohen Transportkosten entgegen, doch ist es mit der Erschließung durch Eisenbahnen besser geworden.

Beträchtliche Lager von Asphalt in verschiedenen Varietäten finden sich in Kanada¹⁾, zumal in Kings- und Alberts-Counties, N. B. Ein großer Teil derselben war aber bereits 1898 erschöpft, so daß der Export des Asphalts nach den Vereinigten Staaten ganz aufgehört hat, die Produktion aber für den einheimischen Bedarf noch ausreicht.

Nach einer Mitteilung von Petroleum 1907/08, S. 896, sind neuerdings große Lager von Teersand, d. h. Sand, der mit einem weichen Asphalt oder einem hochasphaltischen schweren flüssigen Petroleumrückstand getränkt ist, am Athabaskafuß entdeckt worden, die 130 Meilen vor seinem Durchfluß durch den Athabaskasee beginnen und danach sich noch weitere 500 Meilen längs des Flußes erstrecken. Die Ausdehnung beträgt schätzungsweise etwa 3000 engl. Quadratmeilen und erscheint in einer Stärke von 3 bis 60 m. Gleichzeitig mit dem Teer kommen große Gasmengen unterirdisch vor. Die Sande bestehen aus etwa 12 Proz. Bitumen, 6 Proz. Wasser und 82 Proz. feinem kieseligen Sand. Der Bitumengehalt wird durch das Schmelzen während der Sommerzeit beeinflusst. Durch Kochen mit Wasser sollen sich 70 Proz. des Bitumens aus dem Sand gewinnen lassen.

Der amerikanische Kontinent ist verhältnismäßig arm an bituminösem Gestein, das sich zu Stampfasphaltarbeiten eignet; infolgedessen hat sich dort ein anderes Asphaltierungsverfahren im größten Maßstab, der sogenannte Walzasphalt, ausgebildet (s. später). Die bis jetzt erschlossenen Lager sind entweder zu arm oder zu reich an Bitumen und eignen sich nicht für diesen Zweck.

Ein größeres Lager von bituminösem Sandstein mit 6 bis 8 Proz. Bitumen ist in den Grayson und Emerson Counties (Kentucky) seit 1888/89 im Abbau. Das Material wird zur Straßenpflasterung in den Staaten Ohio und Kentucky benutzt; im Jahre 1905 wurden 8834 t im Werte von 66 430 \$, 1911 9938 t im Werte von 53 703 \$ gebrochen.

¹⁾ Petroleum 1907/08, S. 1025.

Kleinere Lager von bituminösem Kalkstein finden sich auch in Texas, besonders in Uvalde County. Sie gehören der oberen Kreideformation an und weisen einen Gehalt von durchschnittlich 15 Proz. Bitumen auf. Es sind 15 Fuß tiefe Steinbrüche im Betriebe. Das Gestein wird erhitzt, das ausfließende Bitumen in Mulden gesammelt und auf Mastix verarbeitet. 1906 erzeugte Texas 16 000 t Asphaltkalkstein (hier Lithocarbon genannt) und 8900 t Erdteer (Malthe).

Lager von bituminösem Sandstein und Kalkstein finden sich im Indianerterritorium am Arbuckleberg. Der Sandstein ist im Steinbruch der Gilsonit Paving Co. 10 bis 12 Fuß mächtig, aber nur auf 9 Fuß abbauwürdig. Die bitumenreichste Schicht enthält 14 bis 15 Proz. Asphalt.

Bei Davis und Dougherty an der Santa-Fé-Eisenbahn kommt ein bitumenreicher Kalk- und Sandstein vor im Umfang von ungefähr 30 Quadratmeilen, der im Ralstonesteinbruch einen Gehalt von 10 bis 12 Proz. Bitumen aufweist, das durch heißes Wasser ausgeschmolzen wird. Im Brunswickgebiet, nordöstlich von Dougherty sind vier Steinbrüche im untersiluren Kalk im Betrieb. Die Gesamterzeugung an bituminösem Kalkstein und Sandstein in Oklahoma und im Indianerterritorium betrug 1905 1300 t, 1906 738 t, 1911 23 821 t.

Über die Gesamtproduktion der Vereinigten Staaten an Asphalt und bituminösem Gestein seit dem Jahre 1882 liegen folgende offizielle Zahlen vor:

Jahr	Menge sh t	Wert \$	Jahr	Menge sh t	Wert \$	Jahr	Menge sh t	Wert \$
1882	3 000	10 500	1892	87 680	445 375	1902	105 458	765 048
1883	3 000	10 500	1893	47 779	372 232	1903	101 255	1 005 446
1884	3 000	10 500	1894	60 570	353 400	1904	108 572	879 836
1885	3 000	10 500	1895	68 163	348 281	1905	115 267	758 153
1886	3 500	14 000	1896	80 503	577 563	1906	138 059	1 290 340
1887	4 000	16 000	1897	75 945	664 632	1907	223 861	2 826 489
1888	50 450	187 500	1898	76 337	675 649	1908	198 382	2 057 881
1889	51 735	171 537	1899	75 085	553 904	1909	228 655	2 138 273
1890	40 841	190 416	1900	54 389	415 958	1910	260 080	3 080 067
1891	45 054	242 264	1901	63 134	555 335	1911	360 004	3 820 751

Nach Qualität, Menge und Wert verteilt sich die Produktion der Jahre 1908 bis 1911 wie folgt:

	1908		1909	
	Quantität sh t	Wert \$	Quantität sh t	Wert \$
Bituminöses Gestein	37 371	146 821	55 376	205 756
Raffiniertes Bitumen	11 536	136 780	10 953	112 184
Malthe	12 875	162 000	652	8 047
Wurtzilit, Elaterit	450	36 000	220	1 400
Gilsonit	18 533	61 824	28 669	218 186
Grahamit	2 286	20 340	3 894	32 737
Ozokerit und Tabbyit	50	2 500	30	1 500
Ölasphalt	115 281	1 491 616	128 861	1 558 463
Insgesamt	198 382	2 057 881	228 655	2 138 273

	1910		1911	
	Quantität sh t	Wert \$	Quantität sh t	Wert \$
Bituminöses Gestein	64 554	400 557	51 328	161 219
Raffiniertes Bitumen	5 018	85 931	29 305	317 722
Malthe	1 252	12 742	8 574	125 966
Wurtzilit, Elaterit	—	—	610	30 500
Gilsonit	29 832	372 900	30 236	486 114
Grahamit	—	—	5 000	15 000
Ozokerit und Tabbyit	—	—	—	—
Ölasphalt	159 424	2 207 937	234 951	2 684 230
Insgesamt	260 080	3 080 067	360 004	3 820 751

Mehr als die Hälfte der Produktion an Ölasphalt stammt aus Kalifornien, der Rest entfällt auf Texas und Oklahoma. Der Asphalt dient hauptsächlich zum Straßenbau und hat die natürlichen weichen nordamerikanischen Asphalte für diese Zwecke fast völlig verdrängt.

Die Produktion an hartem Asphalt beschränkte sich zumeist auf den leicht löslichen Gilsonit in Utah, daneben wurde im gleichen Staat noch etwas Elaterit produziert. Der harte Asphalt dient vornehmlich zur Firnisfabrikation; der Preis im Großhandel stellt sich in New York und Boston auf ungefähr 35,50 \$ für die sht ton von 907,2 kg, für Elaterit etwa 10 \$ mehr. Letzterer läßt sich schwerer lösen, doch besitzen die daraus hergestellten Firnisse die vorzügliche Eigenschaft, mit größter Zähigkeit an metallischen Oberflächen zu haften¹⁾.

Asphalte von größter Reinheit und Härte, die sich gleichfalls vorzüglich zur Lackfabrikation eignen, finden sich ferner auf Kuba und den übrigen Westindischen Inseln. Sie bilden einen sehr wichtigen Ausfuhrartikel für diese Länder, sind aber verhältnismäßig noch wenig erschlossen, obgleich ihr Vorkommen schon seit der Eroberung Kubas bekannt ist.

Hartasphalt wird in Kuba²⁾ in Mendene an der nördlichen Seeküste östlich von Cardenas abgebaut, ferner im ausgedehnten Maße in den Jatibonico-gruben in der Nähe der Eisenbahnstation von Jatibonico. Der Asphalt ist meist sehr brüchig und koksähnlich, wird aber mit zunehmender Tiefe schwärzer und glänzender und ähnelt in vieler Beziehung dem Gilsonit. Das koksähnliche Material ist wenig löslich in Lösungsmitteln, während sich das schwarzglänzende Material leicht löst. An manchen anderen Plätzen sind flüssige und halbflüssige Asphalte gefunden worden, so bei Sabanilla, östlich von Cardenas und nahe bei Minas, 20 Meilen von der Stadt Camaguey entfernt, doch nirgends in großen Mengen. Das Material sickert teilweise aus dem Boden heraus.

In der Provinz Habana ist seit 1900 nur die Asphaltgrube Angela Elmira, 9 km von Bejucal im Betrieb, die von der West Indie Co. in New York ausgebeutet wird. Es ist harter Asphalt, der in Massen von beträchtlicher Größe im Kalkstein vorkommt. Eine andere Grube liegt am Wege nach Taspoti; hier

¹⁾ Vgl. Chem.-Ztg. 1913, S. 273. — ²⁾ Asphalt- und Teerindustrie-Zeitung 1912, S. 459.

traf man in einer Tiefe von 6,4 m auch Asphalt (Chapapot), der bis 36,6 m anhielt und mit Seigerbohrloch noch weitere 11,9 m durchsunken wurde, so daß seine Mächtigkeit 42,1 m beträgt. Vier Hoffnungsschläge von je 27,4 m Länge erschlossen durchwegs Asphalt.

Bis jetzt sind aus den Gruben in Kuba etwa 100 000 t Asphalt gewonnen worden, etwa 10 000 t pro Jahr. Das Mineral enthält ungefähr 60 Proz. Bitumen, 36 Proz. anorganische Bestandteile und 4 Proz. Wasser im rohen Zustande; das raffinierte Produkt enthält etwa 75 Proz. Bitumen und hat einen Schmelzpunkt von ungefähr 125° C. Für die Gewinnung ist weder eine Abgabe noch ein Ausfuhrzoll zu zahlen. Die Mächtigkeit des Vorkommens läßt sich nicht schätzen, da die Tiefe noch nicht ergründet wurde. In Sicht sind nach den heutigen Aufschlußarbeiten etwa 500 000 t¹⁾

Ein beträchtliches Lager von asphalthaltigem Sand ist in Tataros (Ungarn) erschlossen worden. Der Sand hat einen Bitumengehalt von 10 bis 15 Proz. und die kreisförmige Asphaltsandlinie einen Umfang von 2 100 000 qm bei einem Inhalt von 10¹/₂ Mill. Kubikmetern, so daß daraus etwa 2 080 000 t Asphalt gewonnen werden können. Das Lager wird seit 1889 von der Tataros-Petroleum- und Asphaltaktiengesellschaft und später der Ungarischen Asphaltaktiengesellschaft ausgebeutet, die in 22 Jahren 25 000 t Erdöl und 45 000 t Asphalt daraus erzeugt hat. Der Sand wird in bewegtes heißes Wasser eingetragen, wobei sich der flüssige Asphalt an der Oberfläche abscheidet und abgezogen wird. Der Rückstand enthält noch etwa 3 Proz. Bitumen. Der Asphalt wird destilliert und ergibt bis 180° leichte, zwischen 180 bis 200° mittlere und zwischen 200 und 300° schwere Öle, die weiter verarbeitet werden. Es hinterbleiben 44 Proz. Asphaltpech, das durch Vermischen mit Kalkstein auf Mastix verarbeitet wird²⁾.

Über die Menge der im Königreich Ungarn in den Jahren 1902 bis 1911 produzierten rohen Asphalterde, Erdpech, Mineralrohöl und Goudron ist uns nachstehende Aufstellung zugänglich geworden :

Produktions- jahr	Produktionsmenge in Meterzentnern			
	Rohe Asphalterde	Erdpech	Mineralrohöl	Goudron
1902	248 734	27 735	43 471	—
1903	215 524	24 222	30 100	—
1904	176 400	22 213	21 335	—
1905	193 718	Liegen keine Angaben vor		—
1906	346 644	41 114	26 915	—
1907	330 959	39 199	24 035	3 860
1908	729 722	48 185	24 271	14 090
1909	—	50 535	25 900	25 330
1910	—	49 935	25 010	28 008
1911	—	38 609	21 905	26 690

Die Produktionsangaben der rohen Asphalterde konnten bloß bis einschließlich des Jahres 1908 mitgeteilt werden, weil die Bergwerksbehörden von diesem Jahre an in der über die Produktionsergebnisse der Betriebe ihrer

¹⁾ Austin Advocate 1912, Nr. 10. — ²⁾ Engler-Höfer, Erdöl 2, 348.

Bezirke verfaßten Nachweisung die rohe Asphalterde nicht nachweisen, sondern nur das aus derselben erzeugte Erdpech zur Mitteilung bringen.

Nicht unerwähnt darf hier auch das erhebliche und eigenartige Vorkommen des Asphalts in Selenitza (Albanien) bleiben. Hier findet sich der Asphalt an der Vereinigung der Vojutza mit der Sauchista am Nordfuß der akrokeraunischen Berge im Sandstein und Konglomerat parallel zur Schichtung eingelagert überaus reichlich, oft bis 3 m mächtige Linsen bildend. Die an Asphalt besonders reiche Sandsteinpartie ist 45 m mächtig.

Der sehr reine Asphalt ist tiefschwarz, spröde, von muscheligem Bruch, brennt sehr leicht mit stark rußender Flamme unter Hinterlassung eines leichten Koks. Die Destillation ergab 43 Proz. Petroleum, 43 Proz. reiner verkokbarer Kohle und 14 Proz. Rückstand. Er wurde vorwiegend zum Schutz der Weinreben nach Smyrna verkauft und zum Kalfatern der Schiffe benutzt. 1885 erwarb eine französische Gesellschaft das Ausbeuterecht auf die Dauer von 75 Jahren; sie erzeugte 1904 4345 t im Werte von 623 675 Frs. und verschifft den größten Teil nach England, Ägypten und den Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Das Vorkommen ist auch historisch interessant; schon Strabo¹⁾ berichtet von einem Bitumenbergwerk auf einem Hügel in Nymphäum, wo nach Posidonius die Erde sich in Bitumen verwandelt. Auch von Vitruvius, Aristoteles, Plinius, Aelianus und Plutarch wird es erwähnt. Ponqueville²⁾ sagt: „Die Ausdehnung der Minen, die man seit einer langen Reihe von Jahrhunderten nicht aufgehört hat auszubeuten, scheint sich so stark nach SO auszubreiten und die Menge von Pech ist so groß, daß ganz Europa seine Bedürfnisse damit decken könnte, ohne ein Verarmen desselben zu befürchten“³⁾.

Ein bemerkenswertes Vorkommen von reinem Asphalt ist das auf der griechischen Insel Zakynthos (Zante), das schon von Herodot⁴⁾ erwähnt wird, welcher sagt: „Die Insel Zakynthos enthält mehrere Seen, deren größter 70 Fuß Länge nach jeder Richtung und 12 Fuß Tiefe hat. Wenn man in den See einen Stab eintaucht, an dessen Ende ein Myrtenzweig gebunden ist, so hängt sich an diesen Zweig ein Pech mit Bitumengeruch. Dies Pech wird in eine Grube neben dem See, und wenn man genügend davon gesammelt hat, in eine Amphore gegeben. Alles was in den See fällt, geht unter die Erde und erscheint später im Meer, das ungefähr vier Stadien davon entfernt ist.“ Plinius⁵⁾ sagt: „Es gibt auch ganz flüssigen Asphalt auf Zakynthos“, und nach Africanus (etwa 224 n. Chr.) ist der Asphalt von Zakynthos Bestandteil eines selbstentzündlichen Feuers. Die von Herodot beschriebene Gewinnungsweise wurde auch späterhin, sogar teilweise bis 1867, betrieben. Später gewann man den Asphalt durch Schöpfen mit Kübeln und erzielte im April die größte Ausbeute. Neuerdings hat eine englische Gesellschaft das Ausbeuterecht von der griechischen Regierung erworben.

Reiche Asphaltvorkommen befinden sich bei Ssernowodsk im Kaukasus. An manchen Stellen erreicht der Bitumengehalt des Gesteins 86 Proz. mit

¹⁾ Geographie, Impr. Imper. 1812, III, S. 8. — ²⁾ Voy. dans la Grèce 1, 271. — ³⁾ Vgl. Engler-Höfer, Erdöl 2, 193 ff. — ⁴⁾ Hist. IV, 1905. — ⁵⁾ Hist. nat. XXXV, 15, 178.

Schwefelkohlenstoff extrahierbarer Substanz. Der Asphalt zeigte im Mittel folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	75,42	Proz.
Wasserstoff	7,86	"
Stickstoff	0,06	" (nach Kjeldahl)
Schwefel	0,888	"
Asche	4,75	"

Er ist ähnlich zusammengesetzt wie der vom Toten Meer, der jedoch stickstoffreicher ist. Der Schmelzpunkt des Materials liegt sehr hoch, über 200°. Das Material wird erst durch Zusammenschmelzen mit schweren Mineralölrückständen brauchbar, da es an sich zu hart ist¹⁾. Es ist kaum glaublich, daß der gesamte Rest bei dieser Analyse, über 12 Proz., aus Sauerstoff bestehen sollte. Das spezifische Gewicht dieses Asphalts ist 1,2.

Unter den russischen Asphaltlagerstätten ist besonders diejenige in der Nähe des Ortes Kara-Tschungul²⁾ im Bezirk Guriew (Gouvernement Uralsk im Uralgebiet) für die Bildung des Asphalts interessant. Man findet dort, etwa 130 km von der Mündung des Urals ins Kaspische Meer entfernt, neben den im Jahre 1895 von Lebedjeff entdeckten Naphtaquellen mächtige Lager von Asphalt, Erdwachs, Glaubersalz und anderen wertvollen Mineralien, von denen zunächst nur die genannten ausgebeutet werden. Die Naphta findet sich hier nicht wie in Baku in unterirdischen Seen, sondern in weit verzweigten Adern, wodurch ihre Ausbeutung sehr erschwert wird.

Über ein von J. A. Gluschkow entdecktes Lager von Elaterit (elastisches Erdharz) bei Semirjetschensk, 20 km vom See Balchasch, berichtet M. A. Rakusin³⁾. Die Lagerung ist derart, daß eine ununterbrochene Schicht des Bitumens eine samtartige Sandschicht überdeckt. N. W. Sokoloff untersuchte das Material. Es ist weniger elastisch als andere Elaterite, verbrennt, ohne zu schmelzen, mit weißer, rußender Flamme, schmilzt unter Zersetzung und hat ein spezifisches Gewicht von 0,905 bei 18°. Aschengehalt 3 bis 5,1 Proz., unlöslich in der Kälte in Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Äther, Alkohol und Benzin, quillt aber bei längerem Stehen darin auf. Ist beständig gegen Schwefelsäure von 1,83 spez. Gew., wird von Salpetersäure rasch zerstört. Säurezahl 4,9, Verseifungszahl 56,9. 100 Teile des Minerals enthalten: Verseifbare Bestandteile 11,1. Unverseifbare Bestandteile 88,9. Elementaranalyse: C = 74,64, H = 10,10, O = 6,60, N = 0,125, Asche = 5,135 Proz. Heizwert 9408 Cal.

Das Mineral läßt sich gut walzen und verhält sich für die Gummiwarenindustrie fast wie Ozokerit oder wie reines Paraffin. Die Einwohner versuchten, das Elaterit als Heizmaterial zu verwenden.

Ausgedehnte Asphaltlager befinden sich in Nordafrika in der Nähe von Constantine bei St. Arnaud. Graefe, der diese Lager untersuchte, fand, daß sie zum großen Teil aus Kalkstein bestehen, der aber oft kristallinisch ist und nicht, wie bei italienischem Asphalt, mit Asphalt imprägniert. Das Bitumen sitzt vielmehr größtenteils in den Spalten des Gesteins, teilweise in so großer Menge, daß das Gestein an manchen Stellen 40 und mehr Prozent enthält. Das Gestein liegt zutage und ist nur mit einer dünnen Schicht von Lehm bedeckt. Die Tiefe der asphaltführenden Schicht ist noch nicht vollständig erforscht. Jedenfalls ist die Schicht mächtiger als 10 m, wie

¹⁾ Petroleum 1906/07, S. 569. — ²⁾ Chem. Ind. 1900, S. 210. — ³⁾ Petroleum 11, 729.

Probeschächte, die abgeteuft wurden, ergeben haben. An vielen Stellen ist das Gestein so reich an Asphalt, daß das Bitumen herausquillt und gesammelt werden kann. Das Bitumen ist sehr rein, zeigt einen Schmelzpunkt von 59° und eine Penetration von 11°. Der Schwefelgehalt beträgt 0,90 Proz. Es stellt somit ein vorzügliches Material für Straßenbau dar. Infolge ihrer leichten Zugänglichkeit und der Nähe von Verkehrswegen dürften diese Asphaltvorkommen in Zukunft wohl noch eine große Rolle bei der Asphaltversorgung der Welt spielen.

Bitumenge tränkte Sande kommen in Nigeria bis zu 10 m an der Elfenbeinküste vor und es sind sogar Versuche gemacht worden, sie bergmännisch auszubeuten, indem man den Sand durch Kochen mit Wasser von seinem Bitumengehalt befreit und das Bitumen als solches gewinnt, jedoch sind die Gesteinungs- und Verfrachtungskosten zu hoch, als daß das Material mit anderen konkurrieren könnte. Der raffinierte Nigeriaasphalt erweicht bei 24° C und fließt bei 43,5° C. Er enthält 70,68 Proz. Bitumen, 9,10 Proz. organische und 20,22 Proz. anorganische Substanzen. Das Bitumen ist verhältnismäßig schwefelarm, enthält 80,48 Proz. C, 9,29 Proz. H, 1,50 Proz. S, 0,68 Proz. N, 8,05 Proz. O¹⁾.

Wir haben es bisher in der Hauptsache nur mit solchen Asphalten zu tun gehabt, die in der Natur in annähernd reinem Zustande oder in einer solchen Form vorkommen, daß sie daraus durch einfache Prozesse mit brauchbaren Eigenschaften abgeschieden werden können. Von der größten industriellen Wichtigkeit sind aber auch die bituminösen Gesteine, vor allem der Asphaltkalkstein, der eine ausgedehnte Anwendung in der Asphaltindustrie findet. Die Förderung dieses Materials hat, wie wir gesehen haben, in der Schweiz ihren Ausgang genommen.

Zunächst zu erwähnen als eine der zuerst ausgebeuteten und noch heute eine der wichtigsten Lagerstätten ist das Val de Travers, ein romantisches Quertal des Jura im Kanton Neuchâtel, durch dessen Sohle die Reuse nach dem Neuchâtel See fließt. Seinen Namen führt es von dem Städtchen Travers, einer Station der Bahnlinie Neuchâtel-Pontarlier. Hier ist es der Kalkstein der Neokomformation, welcher von Bitumen durchtränkt ist und fast an allen Wänden des Tales zutage steht. Besonders bemerkenswert ist die Hauptfundstätte in der Umgebung von Bois de Croix. Die abgebaute Schicht ruht auf einem härteren, nicht bituminösen Kalkstein in einer Stärke von 2 bis 6 m und ist überlagert von einem muschelhaltigen Ton.

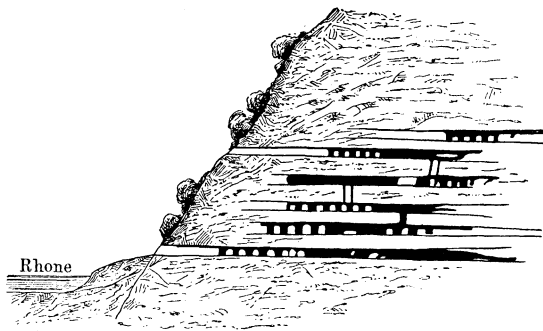
Die Hauptminen liegen etwa 1 km von Travers entfernt, und obgleich sie in ihrer größten Tiefe noch nicht den Wasserspiegel der Reuse erreichen, ist der Wasserandrang aus dem sie überlagernden, mehrere 100 m Mächtigkeit besitzenden Gebirgsstock doch ein so enormer, daß eine besondere, in ununterbrochener Tätigkeit befindliche Wasserhaltung stündlich ungefähr 65 cbm zutage schafft. Im übrigen ist die Senkung der abgebauten Schicht von der Talseite nach der Bergseite hin eine so mäßige, daß die Förderwagen der Feldbahn durch Menschenkraft betrieben werden können.

Die Gruben werden sowohl bergmännisch als fabrikatorisch von der „Neuchatel Asphalt Company“ in London ausgebeutet.

¹⁾ Petroleum 1907/08, S. 1070; 1908/09, S. 1339.

Als weiteren wichtigen Fundort haben wir Seyssel an der Rhone im französischen Departement de l'Ain, an der Bahn von Genf nach Culoz, etwa 50 km von Genf, zu verzeichnen. Treppenförmig übereinander gelagert, mit schwachem Gefälle nach dem Flusse hin, finden sich hier (Fig. 9) sieben Schichten Asphaltstein mit einer Mächtigkeit von je $1\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ m, welche durch schmale Zwischenschichten von Sandstein und bitumenfreiem Kalkstein getrennt sind. Der Abbau erfolgt im Erdinneren in der Weise, daß das Material von Schicht zu Schicht auf Rampen abwärts und auf Karren mit Pferdebetrieb zum Ufer der Rhone befördert wird. Bergteer trifft man in der in diesem Teile der Rhonelandschaft allgemein verbreiteten Molasseformation im Sandstein nesterweise an. Im Rhonebecken liegen die Schichten dieses Molassesandsteins fast horizontal und erheben sich bis zu einer Höhe von 200 bis 300 m über den Rhonespiegel. Sie sind auf der ganzen Strecke bis Genf an einzelnen Stellen bituminös, wie überall, wo das Bitumen nicht im Sand, sondern im Sandstein angetroffen wird, wo das mehr oder weniger

Fig. 9.



Bergprofil Seyssel.

Schießen gewonnen. Nach dem Zerkleinern und liefert das Gestein etwa 3 bis 4 Proz. Bergteer.

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts, als diese Bergteergruben schon längst im Betrieb waren, entdeckte man erst die oben erwähnte, oberhalb dieser Gruben unter der Molasse hervortauchende Schicht des bituminösen Jurakalksteins, welche zwar eine viel beschränkere Ausdehnung besitzt, aber bei sehr großer Mächtigkeit ein unerschöpfliches Material für die Industrie darbietet. Der Gehalt an Bitumen in dieser Schicht beträgt ungefähr 10 Proz. Man erreicht diese Gruben wenige Kilometer von Seyssel entfernt bei der Station Pymont, woselbst sich auch die Fabrik der sie abbauenden Gesellschaft (Compagnie Générale des Asphaltes de France, Ld.) befindet (vgl. die beistehende Karte der Konzession, Fig. 10). Die ursprünglichen, auf dem rechten Ufer der Rhone gelegenen Gruben von Pymont sind anscheinend erschöpft, weshalb man neuerdings ungefähr 1 km oberhalb auf dem linken Ufer bei Volant eine neue Strecke in Abbau genommen hat, deren Material auf Schiffen der Fabrik in Pymont zugeführt wird. Die ganzen Verhältnisse des steil zur Rhone abfallenden Berglandes bringen es mit sich, daß der Abbau in keiner Weise durch Wasser belästigt wird.

festen Gefüge eine größere oder geringere Kapillarität zuläßt. Nach Meyn¹⁾ werden diese bitumenhaltigen Teile des Sandsteins in jenen Bänken, welche ungefähr im Niveau des Tales liegen, durch Bergbau in Stollen, „deren unregelmäßige Querschlänge dem eigensinnigen Verlaufe der Bitumenverteilung folgen“, oder durch Bohren und

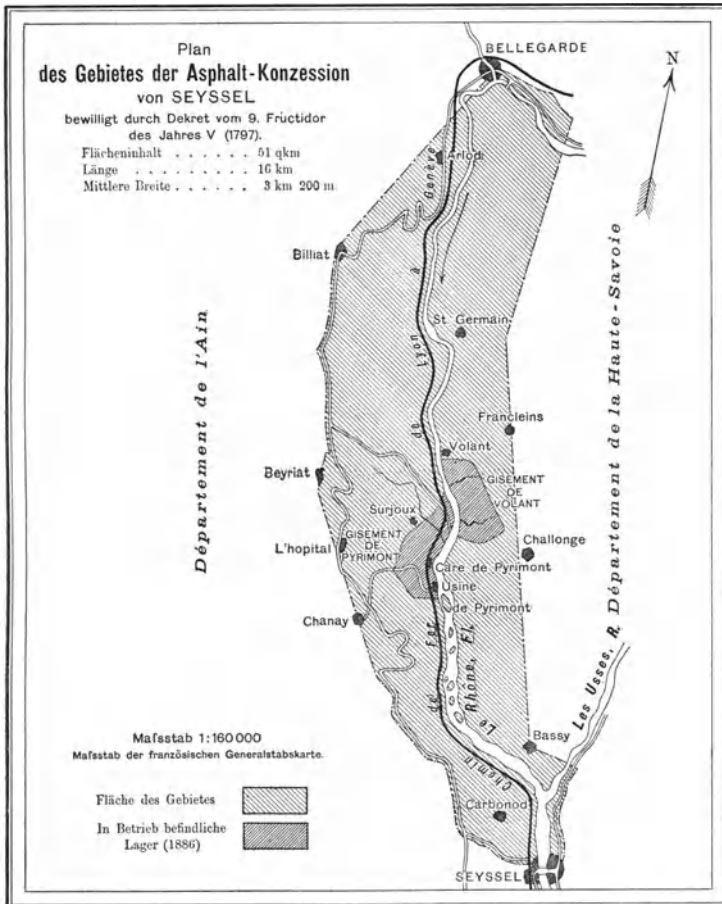
Auskochen mit Wasser

¹⁾ Der Asphalt, Halle 1872, S. 28.

Die gleiche Gesellschaft beutet auch die im Süden von Frankreich, Departements Puy de Dôme und Cantal, gelegenen Gruben in Chavaroche, Forens, Frangy und Bastennes (Depart. des Landes) aus, welche allerdings mehr bituminösen Sandstein und bituminösen Sand liefern, der sich hauptsächlich zur Fabrikation von Asphaltmastix eignet.

Vom französischen Ministerium des Innern wurden uns folgende Mitteilungen über die Produktion Frankreichs an bituminösem Schiefer

Fig. 10.



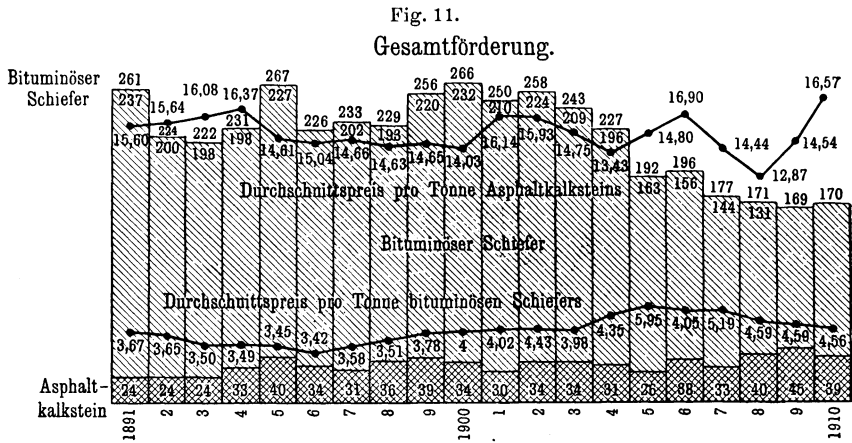
und Asphaltkalkstein abschließend mit dem Jahre 1910 zur Verfügung gestellt:

Die im Betriebe befindlichen 19 Werke förderten im Jahre 1910 126 000 t bituminösen Schiefer, 38 500 t Asphaltkalkstein, 5 300 t Boghead, insgesamt 169 000 t im Gesamtwert von 1 424 000 Frs. Von den beiden Gewinnungszentren für Ölschiefer förderte das Becken von Autun (Depart. Saone et Loire) 66 000 t, sowie obige 3 500 t Boghead, das von l'Aumance (Allier) 60 000 t. Im Depart. Puy de Dôme wurden außerdem 500 t bituminöser Schiefer produziert, der auf Mineralschwarz verarbeitet wird.

Die Gewinnung von Asphaltkalkstein geschieht inmitten der Depart. Ain, Gard, Puy de Dôme und Haute Savoy. Die Produkte wurden, wie seit Jahren, auf Mastix, Trottoirplatten und Asphaltpulver verarbeitet. Von den insgesamt 805 Arbeitern sind 539 unter Tag mit einem Lohn von etwa 4,32 Frs., 266 an der Oberfläche zu einem Lohnsatz von etwa 3,22 Frs. beschäftigt. Der Durchschnittslohn beträgt etwa 3,98 Frs., steigt aber zu Zeiten großer Nachfrage auf etwa 16 Frs. Die Summe der Gesamtjahreslöhne betrug etwa 840 000 Frs.

Die Kurventafel Fig. 11 zeigt Produktion und Preis des bituminösen Schiefers und Asphaltkalksteins seit 1891. Die Einfuhr an Asphalt und Asphaltprodukten betrug im Jahre 1910 36 000 t, die Ausfuhr 20 000 t.

Im Asphaltbergwerk Lobsann im Unterelsaß, ungefähr in der Mitte zwischen Weißenburg und Wörth, unmittelbar an den steilen Gehängen des Hochwaldes belegen, ist nach Jasper¹⁾ folgende Ablagerung aufgeschlossen, die nebst Val de Travers und Seyssel von hervorragender Bedeutung geworden



Graphische Darstellung der Asphaltproduktion Frankreichs.

ist. Von Tage bis zu 60 m Tiefe steht Septarienton in verschiedener Ausbildung mit gelbgefärbtem, kalkigem Ton und hellgrauen bis dunkelbraunen Mergeln an, welche sowohl Foraminiferen als Konchylien des Mitteloligozäns, wie Leda, Nucula, Pectunculus, Pecten usw. enthalten. Der unter dem Septarienton anstehende Asphaltkalk ist im Hangenden aus Muschelkalkkonglomerat derartig zusammengesetzt, daß das Bindemittel der einzelnen Rollstücke ein grober und zäher Pechsand bildet. Darauf folgen dolomitische Kalke, die von feinen Braunkohlenschmitzen durchzogen sind.

Die Braunkohle besteht aus Koniferenholz und aus der sogenannten Nadelkohle, die aus Palmfasern gebildet wird.

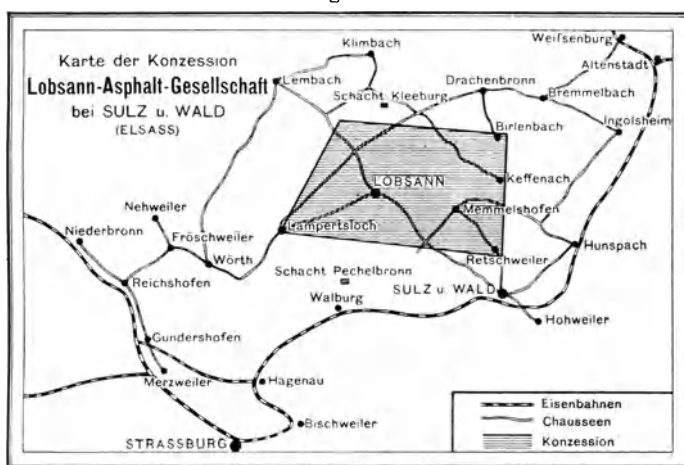
In diesen Kalk- und Lignitschichten tritt der Asphaltkalk lagerförmig auf, und zwar so mächtig, daß er an einzelnen Stellen das vorwiegende Gestein bildet. Die Mächtigkeit des Asphaltkalkes beträgt etwa 25 m und nimmt in der Richtung auf das Hochgebirge — nach NW — zu, während er sich

¹⁾ Das Vorkommen des Erdöls im Unterelsaß, S. 10. Straßburg 1890.

nach SO in der Richtung auf das Dorf Lobsann hinauskeilt bzw. durch Erosion abgeschwemmt ist. Während derselbe am Gebirge entlang nach NO bei Drachenbronn nicht mehr ansteht, ist er am Gebirge nach SW bis Lampertsloch und Pechelbronn zu verfolgen, ohne daß der Süßwasserkalk hier jedoch asphaltführend wäre. Diese Lagerstätte stellt sich somit als eine lokale Einlagerung dar. Unter dem Asphaltkalk stehen unteroligozäne Mergel an, in denen sandige Schichten auftreten, deren eine 6 m im Liegenden des Asphaltkalkes schwarzen Pechsand von stark aromatischem Geruch und zäher, klebriger Beschaffenheit führt. Solche Sandlager sind auch nordöstlich der Grube Lobsann in der Konzession Kleeburg in einer Teufe von 20 m und einer Mächtigkeit von 3 bis 4 m, in einer Längserstreckung bis 90 m und einer Breitenausdehnung von 40 m aufgeschlossen; der Pechsand wird durch Schachtbetrieb gewonnen und das gewonnene Pech in Lobsann dem Asphaltmastix zugesetzt.

Diese unteroligozänen Mergel gleichen mit ihren Einlagerungen von Pechsandflözen genau den bei Lampertsloch und Pechelbronn (bei Sulz

Fig. 12.



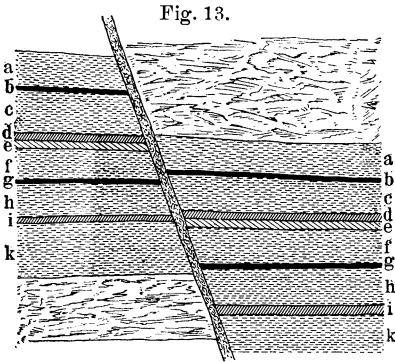
und Wald, siehe obenstehende Karte der Konzession, Fig. 12) aufgeschlossenen Pechsandlagerstätten.

Die Fossilien des Asphaltkalkkomplexes sind nicht sehr zahlreich: Stengel, Früchte und Blätter von *Chara Voltzi*, *Sabal major*, *Cinnamomum* und *Juglans*, sowie an tierischen Resten *Melania*, *Helix*, *Planorbis*, in schlecht bestimmbar Exemplaren, sowie ein *Anthracotheurium alsaticum* (?).

Ausführlich schildert auch Strippelmann¹⁾ die Lobsanner Asphaltlagerstätte in geologischer Beziehung auf Grund eigener Untersuchungen an Ort und Stelle. Soweit dieselbe durch Bergbau aufgeschlossen ist, zeigen sich hier als tiefste Bildungsglieder miozäne Tonmergel, Sandsteine mit Einlagerungen von Schwefelkiesknollen und Gipsnestern, wechsellagernd mit an Öl ärmeren bituminösen Sandschichten, welche hin und wieder durch Nagelfluh aus Muschelkalkgeröllen unterlagert werden. Dieser bitumenhaltige Sand, der offenbar identisch ist mit dem Pechelbronner gleichartigen Vorkommen und

¹⁾ Die Petroleumind. Österreich-Deutchl. 1878, 3, 182.

nur in höheren Horizonten abgelagert und daher im Erdölgehalt wesentlich dickflüssiger (Bergteer, Bergpech) ist, war anfänglich Gegenstand bergmännischer Gewinnung, namentlich als sich gezeigt hatte, daß die vorgängige Ausbeutung der ziemlich regelmäßige Zwischenglieder bildenden, schwachen und schwefelkiesreichen Lignit- (Braunkohlen-) Flöze für den Gebrauch auf der



Verwerfung im Asphaltkalk v. Lobsann.

Saline Sulz und Wald nicht recht brauchbar sind. Erst später ging man dann an den Abbau der darüber gelagerten Kalkschichten, welche reich mit Asphalt durchdrungen sind und von einem blaugrauen marinen Ton überlagert werden.

Die tertiären Ablagerungen von Lobsann, welche in einer Gesamtmächtigkeit von 100 bis 110 m aufgeschlossen sind, schließen nun eine Schichtenfolge von etwa acht Kalkbänken ein, in welchen an Asphalt sehr reiche (bis 18 Proz.), dunkelschwarz gefärbte, bis 5 m mächtige, mit festen, von Asphalt weniger reich durchdrungenen hell-

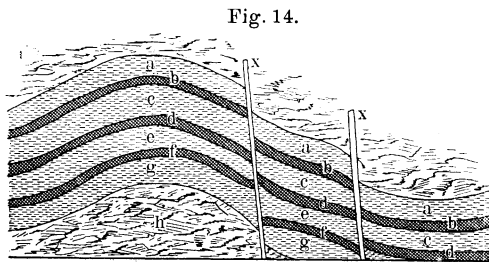
grauen Kalkschichten wechsellagern. Mächtig entwickelte, gangartig, mit verschiedenen Zerreibungsprodukten des Nebengesteins teilweise angefüllte Spalten (Fig. 13 und 14) veranlassen Verwerfungen der Schichten bis 6 m Sprunghöhe.

Außer diesen Hauptverwerfungsclüften ist das Gestein vielfach mit Querspalten und Querclüften durchzogen und eine Zertrümmerung der Lagerungsverhältnisse, verbunden mit einer Menge Gesteinsabsonderungen zu beobachten, überall von klebrigem, selten tropfbar flüssigem Bergpech erfüllt (Fig. 15).

Der Asphalt von Lobsann befindet sich auf sekundärer Lagerstätte, und es ist zweifellos, daß das aus tieferen Niveaus emporgestiegene Erdöl, das, seiner flüchtigen Bestandteile entäußert, in Berührung mit atmosphärischer Luft sich rasch verdickte und schließlich zu Asphalt erhärtete.

Man erreicht die Gruben und Werke von Lobsann am

besten von der Station Sulz unterm Wald, welche etwa 6 km davon entfernt liegt. Die alleinige Konzession besitzt gegenwärtig die „Lobsann-Asphalt-Gesellschaft“. Die Fabrik liegt am Fuße eines Bergrückens von beträchtlicher Höhe, in welchen die Schicht auf etwa 70 m Länge mit schwacher Neigung einfällt, während sie im Berge selbst horizontal liegt; Grubenwasser ist nicht vorhanden, und das durch Sprengung mit Pulver (Dynamit hat sich wegen der weichen Beschaffenheit des Gesteins nicht bewährt) gelöste Gestein wird durch Grubenwagen der Fabrik zugeführt. Man arbeitet bei offenen Lampen, da Gruben-



Verwerfungen im Asphaltkalk von Lobsann nach der Fällungslinie.

x Verwerfungsclüfte; *a* marine Tone; *b, d, f* Asphaltkalke; *c, e, g* an Asphalt ärmere kieselige Kalkbänke mit Ligniteinlagerungen; *h* miozäne Sandsteine mit Petroleumführung.

gase nicht vorhanden sind. Die Bohrlöcher werden durch Löffelbohrer mit der Hand hergestellt, und der Abbau geschieht in der Weise, daß rechtwinkelig sich kreuzende Gänge von 3 bis 5 m Weite und, sofern die Stärke der Schicht dies zuläßt, auch annähernd gleicher Höhe angelegt werden, in welchen man quadratische Zwischenpfeiler stehen läßt, deren Stärke vom Bitumengehalt des Gesteins abhängig ist und von 3 bis 5 m Querschnitt schwankt. Eine Auszimmerung der Gänge wird nur in ganz vereinzelt Fällen erforderlich, wo fortgesetzt Abbröckelungen stattfinden. Der Abbau der Lagerstätte ist mithin ein denkbar günstiger. Nach einer Mitteilung der Lobsann-Asphalt-Gesellschaft vom April 1898 umfaßt die sehr ausgedehnte Konzession einen Flächenraum von 11,7561 qkm, in welchem das Asphaltlager stellenweise eine Mächtigkeit von 28 m erreicht. Der Vorrat an Asphalterz wird bei einer Jahresförderung von 1500 Doppelwaggon von der zuständigen Bergbehörde als noch auf mehrere 100 Jahre ausreichend geschätzt.

Die Förderung des Asphaltbergwerks Lobsann betrug:

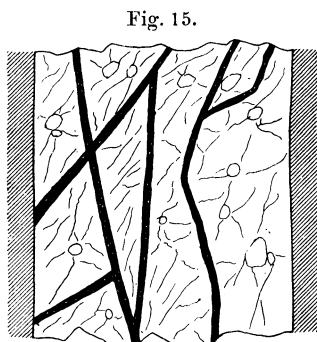


Fig. 15.
First einer Strecke (Galerie)
in Lobsann.

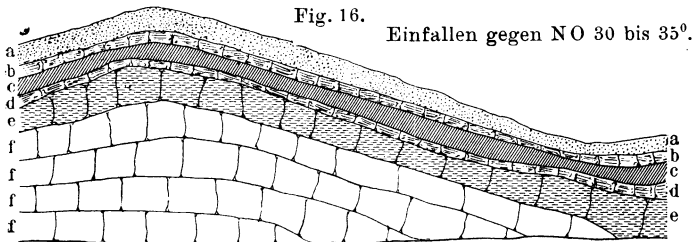
Jahr	Mengen in t	Wert pro t M	Jahr	Mengen in t	Wert pro t M
1887	1597	11,55	1897	5917	8,50
1888	1092	11,55	1898	5031	9,00
1889	860	12,00	1899	6546	8,70
1890	1148	12,00	1900	6988	8,50
1891	2140	12,00	1901	5462	8,25
1892	2424	12,00	1902	5161	8,00
1893	2979	12,00	1903	5190	8,00
1894	3096	10,70	1904	6900	8,00
1895	3540	10,40	1905	6939	8,00
1896	5000	10,40	1906	7498	10,00

Die wichtigen Asphaltlagerstätten von Limmer, einem Örtchen in der Nähe von Hannover, und Vorwohle, einer Station der Eisenbahn Kreiensen-Holzminden, werden gleichfalls von Strippelmann¹⁾ eingehend in bezug auf ihre geologischen Verhältnisse geschildert. Der hier geförderte Asphaltkalk gehört den Pterocerasschichten des weißen Jura (mit Aporrhais Oceani) an. Die im Abbau begriffenen Schichten von oolithischem Kalkstein, schiefrigen Mergelbänken und Kalkmergel sind reich mit Asphalt durchdrungen (der Gehalt steigt bis 18 Proz.), erscheinen im frischen Bruch dunkelbraun und zeigen intensiven Geruch; Gesteinsspalten und Hohlräume, sowie die das Gestein erfüllenden Koniferenschalen sind von dickflüssigem, zähem Erdpech erfüllt, welches durch die Wirkung der Sonnenstrahlen dünnflüssiger wird und ausfließt, wodurch eine sukzessive Bleichung des Gesteins eintritt.

¹⁾ A. a. O., S. 100.

Ähnlich wie im Elsaß ist auch hier eine Verwerfung der Schichten zu beobachten, welche auf gewaltige Umwälzungen hinweist; und gerade diese Störungen sind es vorzugsweise, welche eine reiche Imprägnierung mit Asphalt kennzeichnen. Fig. 16 zeigt das Profil durch die vormals Hennigschen Asphaltkalkbrüche bei Limmer. Wie die miozänen Kalke des Elsaß besitzen auch die oolithischen Kalksteine von Limmer eine große Attraktionsfähigkeit und nehmen mit Leichtigkeit große Mengen von Petroleum auf.

Nach Strippelmann erklärt sich die Asphaltanhäufung bei Limmer auf eine durchaus einfache Weise, wenn man berücksichtigt, daß die den weißen Jura unterteufenden Schichten des Lias bis zum Keuper und des Dogger nachweislich großen Reichtum von Erdöl auf sekundärer Lagerstätte aufweisen (so bei Sehnde, Linden usw.), daß diese Ansammlungen wahrscheinlich aber aus tieferen Schichten kommen und, von der Ursprungslagerstätte des Petroleums ausgehend, Nachschübe teils in gasförmigem, teils in tropfbar flüssigem



Profil durch die vorm. Hennigschen Asphaltkalkbrüche bei Limmer.

a Tonig-sandige Ablagerung; *b* Asphaltkalkbank; *c* Tonige Zwischenlagerung; *d* Asphaltkalkbank;
e Tonige Schichten (grünlich-grau); *f* Asphaltkalckerde.

Zustände, welche nach oben drängten, erhielten; es ist ja eine bekannte und vielfach beobachtete Erscheinung, daß das aus der Tiefe emporsteigende Erdöl die Hohlräume der fossilen Reste ausfüllte, deren Schalensubstanz durch gleichzeitig mit aufsteigendes kohlenensäurehaltiges Wasser zerstört wurde, während die flüchtigen Anteile des Petroleums durch dieses letztere hinweggeführt wurden; unterstützt wurde dieser Vorgang durch die hohe Spannung, in welcher sich diese Gase und Flüssigkeiten jedenfalls befunden haben.

Das Asphaltvorkommen bei Limmer beschränkt sich auf eine Strecke von 500 bis 600 m, die Gesamtmächtigkeit beträgt 11 bis 12 m, und der durchschnittliche Bitumengehalt 5 bis 12 Proz. Abgebaut werden können 700 000 t, wodurch der jetzige Betrieb etwa 100 Jahre aufrecht erhalten werden könnte. Ein größeres Vorkommen von etwa 3 000 000 t befindet sich am Waltersberge, doch ist das Material teilweise so arm, daß es noch mit Trinidadasphalt angereichert werden muß, wozu schätzungsweise im Deutschen Reiche 6 000 t verwendet werden mögen. Die Analyse eines derart angereicherten Materials ergab:

Lösliches Bitumen mit 2,61 Proz. Schwefel	10,27	Proz.
Unlösliches Bitumen, Gips, Alkalien	0,62	„
Kieselsäure inkl. Sand oder Gangart	3,71	„
Eisenoxyd und Tonerde	1,85	„
Kohlensaure Magnesia	0,84	„
Feuchtigkeit	0,25	„
Kohlensaurer Kalk	82,46	„

Gesamtsumme . . 100,00 Proz.

Der Schwefelgehalt des Bitumens dürfte zum größten Teil vom Trinidad-asphalt herrühren, der ja im reinen Bitumen 5 bis 6 Proz. Schwefel enthält.

Die Ausbeutung dieser Asphaltlager findet durch verschiedene Gesellschaften statt, unter denen die Rock-Asphalt-Company Limmer und Vorwohle (vorm. Hennig u. Egesstorff) und die „Deutsche Aktiengesellschaft der Limmer- und Vorwohle-Asphaltgruben“ die bedeutendsten sind. Sie geschieht zum Teil in einfachem Steinbruchbetrieb bei einer Mächtigkeit des Abraumes von 24 bis 30 Fuß und des abbauwürdigen Gesteins von 30 bis 40 Fuß. Dabei werden die Wasser durch eingebaute Stollen bis zu einem gewissen Horizont abgezogen und der Asphalt auf steigender Fahrbahn mit Pferdebetrieb zur Verladungsstelle gebracht; zum Teil erfolgt der Abbau in kombinierten höhligen Stollen, wobei das Material durch Schachtbetrieb zutage gefördert wird. Das geförderte Quantum an Asphaltstein beträgt jährlich:

	Limmer	Vorwohle
Englische Gesellschaft.	16 500	1500 t
Deutsche „	5 000	7500 t

doch sind die Einrichtungen derart getroffen, daß dieses Quantum jederzeit erhöht werden kann.

Die Gesamtförderung des Deutschen Reiches an Asphaltstein stellt sich nach den Mitteilungen des Kaiserl. Statistischen Amtes für die Jahre 1899 bis 1911 wie folgt:

Jahr	Förderung		Jahr	Förderung	
	t	Wert in M		t	Wert in M
1899	74 770	521 000	1906	117 412	1 104 000
1900	89 685	640 000	1907	126 649	1 087 000
1901	90 193	675 000	1908	89 009	774 000
1902	88 374	604 000	1909	77 375	727 000
1903	87 454	812 000	1910	81 335	687 973
1904	91 736	891 000	1911	84 607	639 875
1905	103 006	990 000			

Demnach entfällt der größte Anteil der Förderung auf die norddeutschen Asphaltlagerstätten mit geringerem Gehalt an Bitumen.

In Italien finden sich die bedeutendsten Lager von Asphaltkalkstein in den Provinzen Chieti, dem südlichen Teil des früheren Kirchenstaates, Salerno und Syrakus.

In den Abruzzen findet sich der Asphaltstein im Liegenden der schwefelführenden Schichten und tritt an verschiedenen Orten in oft weiter Ausdehnung zutage. Bei Lettomanoppello und Roccamorice lassen sich die bituminösen Kalksteine in einer Ausdehnung von etwa 5 km deutlich erkennen. Andere Fundorte sind Abateggio, San Liberatore und Manoppello mit der Grube Fonticelli, dem einzigen Punkte in ganz Italien, wo der Asphalt regelmäßig gelagert zu sein scheint. Alle übrigen Vorkommen zeigen eine durchaus unregelmäßige Lagerung. Das Grundgestein der Asphalte in den Abruzzen ist ein von zahlreichen Spalten und Rissen durchsetzter Foramini-

ferenkalk, der wegen seines großen Gehaltes an organischen Resten mehr oder weniger porös erscheint. Infolge der wechselnden Porosität ist das Gestein auch nicht gleichmäßig von Bitumen durchdrungen, und mit dem bloßen Auge schon läßt sich der Unterschied an der helleren oder dunkleren Färbung erkennen. Unter der Lupe kann man deutlich sehen, daß das Bitumen wohl die feinsten Haarspalten erfüllt, daß es das unversehrte Gestein aber nur bis zu geringer Tiefe imprägniert hat. In anscheinend gleichmäßig gefärbten Stücken zeigen sich dann noch immer Punkte, in denen das Bitumen gänzlich fehlt.

Die Asphaltkalke erstrecken sich über eine Zone von 40 bis 50 km, Störungen und Verwerfungen sind selten, und die Mächtigkeit des Lagers beträgt im Mittel 30 m. Man kann drei parallele Asphaltzonen unterscheiden, deren petrographischer Charakter verschieden ist. Je nach der Eigenschaft des Gesteins verwendet man es für Stampfasphalt, Gußasphalt oder reines Bitumen. Die unterste Zone liefert Stampfasphalt mit 9 bis 10 Proz. Bitumen, die nächste Schicht leicht extrahierbares Bitumen (im Mittel 17 Proz.). Die oberste Zone enthält in den Gruben Piano de Monaci 9 bis 12 Proz., in San Giorgio 9 bis 30 Proz. Bitumen. Das reine Bitumen ist gummiartig, tief schwarz und zäh. Gesteinsanalysen ergaben:

Bitumen	10,62 bis 15,70	Proz.
Kieselsäure	0,06 " 0,48	" "
Kohlensaurer Kalk	49,70 " 86,40	" "
Kohlensaure Magnesia	1,20 " 32,00	" "
Tonerde und Eisenoxyd	0,16 " 1,18	" "
Feuchtigkeit	0,22 " 0,98	" "

Die Asphaltstätte liegt im Tale der Pescara bei Sava, die nächste Bahnstation ist San Valentino. Die Asphaltproduktion betrug:

1904	22 900 t
1905	21 014 t
1906	25 554 t

Im südlichen Teile des ehemaligen Kirchenstaates und im Norden der Provinz Caserta sind die Asphaltlager in nicht unbeträchtlicher Anzahl um den erloschenen Vulkan Pofi gruppiert und werden zum Teil, wenn auch mit wenig Energie, ausgebeutet. Die Lagerung entspricht im wesentlichen dem über den Abruzzenasphalt Gesagten, und die wichtigeren Lagerstätten sind Filettino, Bauco, Alatri, Monte San Giovanni, Castro und Colle San Magno.

Der Asphalt des Kirchenstaates ist im allgemeinen mager, d. h. er enthält selten mehr als 7 Proz. Bitumen, wenn man von ausgelesenen Stücken absieht. Besonders rein ist das Gestein von Colle San Magno, kann aber infolge der hohen Gesteinskosten die Konkurrenz mit anderen italienischen Asphaltsteinen nicht bestehen.

Die wichtigste Fundstätte für Asphaltstein in Italien ist zweifellos Ragusa, etwa 20 km von der Südküste Siziliens entfernt, an einem Hange seitlich des Fließchens Irminio, das sich bei Mazarelli ins Meer ergießt. Der Asphalt kommt auf dem rechten Ufer des Irminio vor. Die Lager sind schon seit

langem bekannt und bestehen aus weichem Kalkstein, der 2 bis 20, auch wohl 30 Proz. Bitumen enthält. Vor 1840 wurde das Material nur lokal als Baustein verwendet, wird aber seit 1858 von ausländischen Gesellschaften gewonnen und zur Verwendung als Stampfasphalt ausgeführt. Er gleicht dem Asphalt von Seyssel und enthält nur sehr wenig Ton. Die Ausfuhr betrug im Jahre 1908 89 808 t¹⁾. Man unterscheidet dort hauptsächlich zwei Arten Asphaltstein: den braunen, welcher arm an Bitumen ist (etwa 3 bis 7 Proz.), und den schwarzen, welcher im Mittel etwa 15 Proz. Bitumen enthält. Das Gestein ist durchsetzt mit zahlreichen petrifizierten Resten von stengeliger Form und wahrscheinlich pflanzlicher Natur. Es finden sich darin nicht selten wohl-erhaltene Zähne der verschiedensten Größe, einzeln eingebettet und wahrscheinlich einer Haifischart angehörig. Das Material gehört mit zu den gesuchtesten für Stampfasphaltarbeiten und macht auf dem europäischen Kontinent dem aus anderen renommierten Gruben erfolgreich Konkurrenz.

Nach Coppadoro²⁾ zeigt der sizilianische Asphalt, wie er im südöstlichen Teile Siziliens in der Provinz Siracusa gefunden wird, besonders bei Licata, folgende Zusammensetzung:

Gewichtsverlust	0,92 Proz.
Pech	14,05 „
Siliciumoxyd	0,73 „
Eisen- und Aluminiumoxyd	1,90 „
Calciumcarbonat	82,15 „
Spuren und Verluste (?)	0,25 „
Gesamtsumme . . 100,00 Proz.	

Das untere Asphaltniveau ist höchstens 5 m, das obere 2 bis 20 m mächtig; ersteres hält im Streichen von 500 bis 600, letzteres 600 m an. Beide Niveaus sind durch eine 25 m starke Kalkbank getrennt. Coquand³⁾ berechnet den Vorrat an Asphaltstein mit 12 100 500 000 kg.

Nach E. Cameraana betrug die Asphaltproduktion in Ragusa:

1904	82 000 t
1905	86 000 t
1906	105 217 t

Ein Teil des Gesteins wird an Ort und Stelle auf Asphaltpulver für Stampfasphaltarbeiten und Asphaltmastix für Gußasphaltarbeiten zugerichtet, und zwar im Jahre:

	Asphaltpulver t	Mastix t
1904	8240	1700
1905	7800	1600
1906	8000	800

Die Gesamtproduktion Italiens an Asphalt seit dem Jahre 1860 stellt sich nach E. Cameraana⁴⁾ wie folgt:

¹⁾ Chem.-Ztg. 1910, Ref. S. 361. — ²⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1910, S. 1487. — ³⁾ Engler-Höfer, Erdöl 2, 182. — ⁴⁾ L'industrie des hydrocarbures en Italie, 1907.

Jahr	Produktion t	Jahr	Produktion t	Jahr	Produktion t	Jahr	Produktion t
1860	5300	1873	3 520	1886	17 934	1899	81 987
1861	5500	1874	551	1887	18 507	1900	101 738
1862	5100	1875	1 327	1888	20 064	1901	104 874
1863	5400	1876	3 197	1889	20 844	1902	65 004
1864	5200	1877	7 744	1890	45 125	1903	89 690
1865	5600	1878	6 979	1891	28 180	1904	111 900
1866	5300	1879	12 172	1892	34 580	1905	107 014
1867	5500	1880	6 260	1893	25 980	1906	131 371
1868	5800	1881	9 380	1894	60 493	1910	162 212
1869	7100	1882	8 332	1895	46 713	1911	188 133
1870	5600	1883	6 739	1896	45 456		
1871	7000	1884	17 350	1897	55 339		
1872	8500	1885	13 728	1898	93 750		

Von geringerer Bedeutung sind die dalmatinischen Asphaltkalksteinlager. Das bedeutendste Vorkommen findet sich hier bei Vergorac; das Gestein ist von schwarzer Farbe und weist einen durchschnittlichen Gehalt von 26 Proz. Bitumen auf, das aber viel ölige und flüchtige Substanzen enthält, so daß ein Pulverisieren unmöglich ist. Es wurden gefördert:

1902	4 288 dz	1907	38 576 dz
1903	9 600 „	1908	36 950 „
1904	9 822 „	1909	29 754 „
1905	38 490 „	1910	10 660 „
1906	20 786 „		

Der Asphaltkalk der dalmatinischen Insel Brazza weist einen Bitumengehalt bis zu 40 Proz. auf.

Größere Aufmerksamkeit erregten in letzter Zeit die Bitumenlager in Rumänien, wo sich bituminöses Asphaltgestein in großer und leicht gewinnbarer Menge vorfindet, und zwar in der Nähe von Matitza. Die Bitumenlager von Matitza erstrecken sich am Flusse Matitza entlang, besitzen eine Dicke von 30 bis 40 m. Sie ziehen sich auf beiden Seiten des Flusses mit einer Neigung von 45 bis 48° hin, die manchmal bis zu 90° ansteigt. Ihr Bitumengehalt beträgt im Mittel etwa 25 Proz., steigt aber teilweise bis zu 33 Proz. an. Eine vollständige Analyse ergab, daß das Material 4,36 Proz. Wasser, 24,35 Proz. flüchtige Bestandteile, 5,88 Proz. festen Kohlenstoff, 41,40 Proz. Kieselsäure, 18,08 Proz. Eisenoxyd und Tonerde, 4,12 Proz. Kalk, 0,31 Proz. Kohlensäure und den Rest an Kali und Natron enthält. Das spezifische Gewicht des extrahierten Bitumens ist 1,07 bis 1,09. Das Material ist ziemlich viskos. Sein Schmelzpunkt beträgt 41°, der aber, wenn man die leichten Bestandteile abtreibt, auf etwa 130 bis 150° steigt. Benzin von 0,700 löst 80 bis 85 Gew.-Proz. Greifbar sind von dem Material im Tagebau etwa 150 000 cbm, im Tiefbau weitere 350 000 cbm und es soll teilweise zur Herstellung von Gußasphalt, als Beimischung zu Stampfasphalt und zur Herstellung von reinem Bitumen Verwendung finden¹⁾.

¹⁾ Petroleum, 1909/10, S. 164.

Beim Dorfe Maranthopolis in Griechenland, an der Westküste des Peloponnes, wird seit einigen Jahren ein ausgedehntes Asphaltkalklager ausgebeutet, das wegen der vorzüglichen Eigenschaften des Materials den bedeutendsten Fundstätten Europas anzureihen ist. Die Durchschnittsanalyse des Gesteins ergibt:

Wasser	0,45	Proz.
Bitumen	14,75	"
Sand	1,07	"
Ton, Eisenoxyd und Phosphate	0,80	"
Gips	0,21	"
Kohlensaure Magnesia	0,45	"
Kohlensaurer Kalk	82,27	"

Die vorzügliche Qualität des Bitumens läßt eine sehr vorteilhafte Verarbeitung auf Mastix zu.

Die in vorstehendem erwähnten und des näheren besprochenen Fundstätten von Asphalt und bituminösem Gestein, das hierher zu klassifizieren ist, sind nicht die einzigen, die man kennt; noch an zahlreichen anderen Orten finden sich Organolithe dieser Art, und stets werden neue Fundgruben erschlossen. Wir haben versucht, ein zusammenfassendes Bild der wichtigeren Vorkommen nach ihrer besonderen Eigenart zu geben und erheben auf Vollständigkeit keinen Anspruch.

Drittes Kapitel.

Die Entstehung der Bitumen und des Asphalts ¹⁾.

Die erste, naive Erklärung über die Entstehung dieser Naturprodukte finden wir in der biblischen Erzählung vom Untergang der Städte Sodom und Gomorra durch einen Regen aus Pech und Schwefel, und es ist eine beachtenswerte Erscheinung, daß fast die gleiche Sage auch unter den Ureinwohnern von Trinidad, hinsichtlich der Entstehung des dortigen Pechsees, herrschte. 1797 hat der Warschauer Kanonikus Ch. Kluk die Ansicht geäußert, daß die sehr fruchtbare Erde im Paradies bis zu gewisser Tiefe mit Fett durchtränkt sein mußte, das infolge des Sündenfalls teils verdunstet, teils in größere Tiefen versunken sei und dort sich als Erdöl angesammelt habe, ein Vorgang, der durch die Sündflut unterstützt worden sei.

Die neueren Hypothesen und Theorien nehmen entweder kosmischen oder terrestrischen Ursprung an. Die Vertreter der terrestrischen Richtung setzen zum Teil einfach ein Emporsteigen aus der Tiefe voraus, ohne auf die Entstehung der Bitumen näher einzugehen, oder sie lassen das Öl in der Tiefe aus mineralischen Substanzen entstehen und durch Emanation an die jetzige Lagerstätte gelangen. Gegenwärtig werden von den meisten Geologen und Chemikern organische Urmaterialien vorausgesetzt, sowohl Tiere oder Pflanzen, als auch Tiere und Pflanzen zusammen. Der unorganische Ursprung wurde besonders von chemischer, der organische namentlich von geologischer Seite angeregt und vertreten. Folgende Übersicht kennzeichnet die verschiedenen Richtungen:

I. Kosmischer Ursprung.

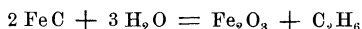
II. Terrestrischer Ursprung	A. Profunde Bildung (Emanation)	a) Bloß Emanation
		b) Aus Mineralien
	B. Vadose Bildung (organischer Ursprung)	c) Aus organischen Resten
		d) Aus Pflanzen
		e) Aus Tieren
		f) Aus Tieren und Pflanzen

Als Vertreter des kosmischen Ursprungs nahm Boutigny (1858) an, daß Erdöl und Wasser einen Teil der Atmosphäre ausmachten und als Regen zur Erde niederfielen, wobei das Erdöl teils sich in den Niederungen sammelte, teils in den Boden eindrang und als Erdöl wieder emporquoll, oder zu Kohle erhärtete. Sokoloff (1892) sieht im Erdöl das erste Produkt der Vereinigung von Kohlenstoff und Wasserstoff durch kosmische Vorgänge; die Kohlenwasserstoffe waren in dem flüssigen Magma gelöst und schieden sich

¹⁾ Vgl. Engler u. Höfer, Das Erdöl 1, 28 ff., 35; 2, 59 ff.

bei dessen Erkaltung ab. Ivan Adadurov glaubt, daß Karbide der Schwermetalle zu einer Zeit, als die Erde noch in glühend heißem Zustande war, bei ihrer Dissoziationstemperatur (über 960°) der Wirkung von Wasser ausgesetzt waren, wobei sich nach bekannten Reaktionen Kohlenwasserstoffe, wie Acetylen und dessen Kondensationsprodukte, gebildet haben, die zur Zeit genügender Abkühlung der Erde als Regen auf diese niederfielen. Ähnliche Vorgänge nahmen Brakebusch und Harperath zu Hilfe, aber alle diese Hypothesen scheitern an der Tatsache, daß die Ölfraktionen verschiedene Kondensations-temperaturen zeigen und das Mitvorkommen von Erdgas unerklärt bleibt.

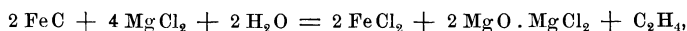
Von den Hypothesen und Theorien betreffend den terrestrischen Ursprung des Erdöls geben die Emanationshypothesen, soweit sie sich darauf beschränken, anzunehmen, daß das Erdöl aus großer Tiefe oder dem feurig-flüssigen Inneren emporgestiegen oder vulkanischen Ursprungs ist, keine Erklärung für dessen Entstehung. Unter zahlreichen Vertretern der Ansichten über die unorganische oder mineralische Bildung des Erdöls schuf Mendelejeff¹⁾ die plausibelste Hypothese, die lange Zeit viele Anhänger, namentlich bei den Chemikern, fand. Er nimmt in der Barysphäre das Vorhandensein von Metallkarbiden, namentlich Eisenkarbid, an, die sich beim Eindringen von Wasser nach der Gleichung



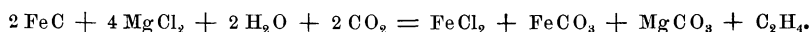
umsetzen. In der Tat soll es ihm auch gelungen sein, auf diesem Wege erdölartige Kohlenwasserstoffe darzustellen.

Abich übertrug die Hypothese auf die Bildung der kaukasischen Ölfelder, Le Bel fand ihre Bestätigung darin, daß das Bitumen von Lobsann und das Erdöl von Tschunguelek geringe Mengen von Eisen, Silicium usw. chemisch gebunden enthält. Beides ist nach neueren Forschungen wieder aufgegeben worden. Cloez erhielt ähnliche Resultate wie Mendelejeff mit Mangan- karbid. Auch Laur und Moissan nahmen die Wirkung des Wassers auf Karbide und Nitride in Anspruch, doch warnt letzterer vor einer Verallgemeinerung und meint, daß die Erdöle aus sehr verschiedenen Quellen stammen können, so das Bitumen von Autun aus organischen Resten, das von Limague aus vulkanischen Eruptionen, während er für die Bildung des Erdgases in Amerika die Einwirkung von Wasser auf Aluminiumkarbid, Al_4C_3 , für wahrscheinlich hält.

Die Hypothese Mendelejeffs ist in neuerer Zeit besonders von Charitschkoff weiter ausgebildet worden. Nach ihm haben in der Tiefe unter Druck Salzlösungen auf Eisenkarbid eingewirkt. Er machte Versuche mit Gußeisenspänen von 3,06 Proz. Kohlenstoff, die er mit 10proz. Lösungen von MgCl_2 , MgSO_4 und NaCl , teilweise mit Kohlensäure gesättigt, zusammenbrachte. Es sollen folgende Reaktionen eingetreten sein:



oder bei Gegenwart von Kohlensäure:



Die Kohlenwasserstoffe wurden nicht näher untersucht und man nimmt an, daß der Stickstoffgehalt des Erdöls durch Nebenreaktionen in dieses gelangt

¹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 10, 229.

sein könne, sowie daß dessen Vorhandensein viel mehr gegen als für den vegetabilen oder animalen Ursprung desselben spreche.

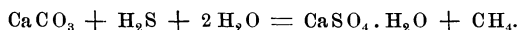
Sabatier und Senderens leiteten Acetylen mit viel Wasserstoffgas über fein zerteiltes Nickel, wobei Selbsterhitzung auf 100 bis 150° auftrat und eine dem pennsylvanischen Erdöl ähnliche Flüssigkeit gebildet wurde, deren Charakter sich bei nochmaligem Durchleiten in Dampfform durch das Reaktionsrohr bei 180° dem des kaukasischen Erdöls näherte; wurde die Temperatur dabei auf über 300° getrieben, so zersetzte sich ein Teil der Naphtene und man erhielt ein Destillat mit den ungefähren Eigenschaften des galizischen Erdöls.

Auf Grund dieser Versuche nehmen die Genannten an, daß sich in der Tiefe der Erde auf verschiedene Weise verteilt freie Alkali- oder Erdalkalimetalle, sowie deren Karbide vorfinden, die mit Wasser in Berührung kommen und dabei Wasserstoff und Äthylen abspalten, welche ihrerseits in veränderlichem Mengenverhältnis mit in der Natur verbreiteten Metallen, wie Nickel, Kobalt, Eisen u. dgl. in fein verteilter Zustand zusammentreffen, zu den beschriebenen Reaktionen Veranlassung geben und dabei je nach der bekannten Wirkungsweise Erdöle der verschiedenen Arten bilden. K. W. Charitschkoff wiederholte diese Versuche und erhielt flüssige Kohlenwasserstoffe, die bei 26° C eine Dichte von 0,926 zeigten und sich in bis 150°, 150 bis 200°, 200 bis 270° siedende Fraktionen zerlegen ließen, die mit jenen des Erdöls eine gewisse Ähnlichkeit zeigten. Die Hypothese von Sabatier und Senderens ist ähnlich der von Berthelot¹⁾ bereits 1866 geäußerten Ansicht, hat jedoch vor dieser infolge der detaillierten Ausarbeitung den Vorzug, auch die Entstehung der verschiedenen Erdölarten zu erklären.

O. E. Ross, und mit ihm andere, setzt bei der Bildung des Erdöls Solfatarentätigkeit voraus und versucht, diese an der Hand der folgenden Gleichungen zu erklären:

1. $2 \text{CaCO}_3 + 2 \text{SO}_2 + 4 \text{H}_2\text{S} = 2(\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}) + 4 \text{S} + \text{C}_2\text{H}_4$;
2. $\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 + 3 \text{H}_2\text{S} = \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3 \text{S} + \text{CH}_4$;
3. $2 \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}_2 = 2(\text{CaSO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + \text{C}_2\text{H}_4$;
4. $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{S}_2$.

Der in den vulkanischen Gasen vorkommende Schwefelwasserstoff vermag zusammen mit dem Wasserdampf durch Einwirkung auf Kalkstein Methan zu liefern nach der Gleichung



Die Hypothesen vom unorganischen Ursprung des Erdöls geben keine befriedigende Erklärung über die Anwesenheit des Stickstoffs im Erdöl und im Erdgas, so daß dieser Mangel als ein entscheidender Beweis gegen ihre Richtigkeit angesehen werden muß. Auch das optische Drehungsvermögen, das an allen Erdölen beobachtet und dessen Bedeutung namentlich von P. Walden, Ragusin, Engler und C. Neuberg hervorgehoben worden ist, spricht, wenn man nicht die allerdings theoretisch nicht völlig ausgeschlossene Selbstaktivierung der Kohlenwasserstoffe annehmen will, gegen die Bildung des Erdöls auf unorganischem Wege. Sämtliche geologischen und chemischen Tatsachen sprechen so entschieden gegen den unorganischen Ursprung und

¹⁾ Compt. rend. 61, 949.

gegen die damit in Verbindung gebrachte Emanation, daß diesen Hypothesen keine wissenschaftliche Berechtigung zugesprochen werden kann.

Mit dieser Erkenntnis ist der indirekte Beweis vom organischen Ursprung des Erdöls erbracht; aber die Anschauungen gehen auch hier im einzelnen weit auseinander, indem die einen in Pflanzen und Mineralkohlen, die anderen in Tieren und wieder andere in Tieren und Pflanzen zusammen das Ausgangsmaterial erblicken.

Das häufigere Auftreten des Erdöls in marinen Schichten gab Veranlassung, Meerespflanzen (Algen) als Urstoff des Erdöls anzunehmen, eine Ansicht, die besonders in Nordamerika beliebt war und von Lesquereux und Newberry vertreten wurde. Die genannten Forscher erblicken im Fukoidenschiefer, der besonders an den Ufern des Eriesees ausbeißt, den Herd der Ölbildung, die durch eine Destillation der eingeschlossenen Algen bedingt sei. Dabei müßte freilich ein kohliges oder graphitisches Rückstand hinterbleiben, der aber tatsächlich fehlt, obgleich er mit Rücksicht auf den Umfang der pennsylvanischen Ölfelder sehr bedeutend sein müßte, und sich nur in den tieferen Schichten des Ölvorkommens in Kolorado in geringfügiger, schwacher Lage findet. Demnach ist die Ansicht unhaltbar, daß das Erdöl sich aus Meerespflanzen gebildet habe.

E. W. Binney erblickte in den Sumpfpflanz-, speziell Torfpflanzen, das Rohmaterial für die Erdölbildung auf Grund von interessanten Beobachtungen an einem englischen Torflager, dem Down Holland Moss. Zur Erklärung nimmt er eine langsame Verbrennung des Torfes, ähnlich der destruktiven Destillation, an, doch haben seine Ansichten keinen weiteren Vertreter gefunden. Neuerdings hat sich eine andere, gleichfalls auf die Sumpfvvegetation gestützte Hypothese geltend gemacht, die aber nicht von den Torfpflanzen selbst, sondern von den in Sümpfen in Milliarden vorkommenden, mikroskopisch kleinen Spaltalgen, den Diatomeen, ausgeht, worauf zuerst A. F. Stahl und gleichzeitig T. Fegräus aufmerksam machten. G. Kraemer und A. Spilker¹⁾ haben die Diatomeenhypothese besonders nach chemischer Richtung weiter entwickelt und durch ihre eingehenden Untersuchungen wesentlich zur Theorie der Erdölbildung beigetragen.

Es war bekannt, daß die Poren der kieseligen Diatomeengehäuse eine wachsartige Substanz einschließen, die Kraemer und Spilker durch Extraktion mit Toluol isolierten. Das Material entstammte dem 900 ha großen und bis 14 m tiefen Moor von Ludwigshof in der Uckermark, das nach der Berechnung der beiden Autoren bis 2 Millionen Meterzentner Diatomeenwachs enthält. Nach Entfernung des Schwefels bildet das Wachs eine paraffinartige Masse vom Schmelzpt. 78°, die bei der Destillation durch Zersetzung veresterbarer Substanzen erst Kohlensäure und etwas Schwefelwasserstoff abgab, wonach das Wachs unzersetzt überging. Da das Erdwachs bei der Druckdestillation (20 bis 25 Atm.) erdölartige Produkte abspaltet, so wird auch das Diatomeenwachs das gleiche Verhalten zeigen und der chemische Vorgang der Erdölbildung auf diesem Wege ist erklärt und kann nicht bezweifelt werden, da sich jedes Fett, sowohl tierischer als pflanzlicher Herkunft, nach den Versuchen von Engler und Sadtler in Erdöl umwandeln kann.

Vom geologischen Standpunkte aus kann diese Hypothese jedoch nach Engler und Höfer nicht angenommen werden, weil man in den Ölschichten

¹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 24, 2785.

keine Diatomeenpanzer findet, sondern diese nur aus Kieselsäure bestehen, wobei es freilich nicht als ausgeschlossen betrachtet werden muß, daß dieselben beim Ölbildungsprozeß gelöst wurden. Auch H. Potonié fand im Schlamm des Ludwigshofener Sees nur relativ wenig Diatomeen, dagegen vorwiegend ein zoophytogenes Gebilde, was gleichfalls gegen die Hypothese von Kraemer und Spilker spricht. Sonach können weder der Torf selbst, noch die Kieselalgen das Urmaterial des Erdöls gewesen und dieses kann also nicht aus einer Sumpflvegetation entstanden sein.

Die Ansichten, als ob das Erdöl und die Bitumen ihren Ursprung aus Landpflanzen genommen haben, verdienen keine weitere Beachtung. Schon 1774 hielt es J. R. Spielmann für wahrscheinlich, daß alle Erdpeche, d. h. Erdöl, Judenpech, Steinkohle, Bernstein usw. aus Bäumen, besonders Nadelhölzern entstanden sind. 1830 vertraten Wall und Krüger eine ähnliche Ansicht. Später wurden Pflanzenharze herangezogen, aber keine dieser Anschauungen bringt einen triftigen Beweis für die Entstehung des Erdöls auf diesem Wege.

Im Jahre 1778 trat der Domherr Franz Freiherr von Beroldingen, der Begründer der modernen Anschauung von der Entstehung der Mineralkohle und Flöze auf dem Wege vom Torf über die Braunkohle zur Steinkohle für die Bildung des Erdöls usw. aus Mineralkohle ein, indem er erklärte, daß das Erdöl als das in der Nähe der Erdoberfläche kondensierte Destillationsprodukt der Mineralkohlen zu betrachten sei, die durch unterirdisches Feuer erhitzt wurden, wobei die Gase ins Freie traten und dort entzündet werden konnten. Als Beweise führte er Erdbrände, das Vorkommen brennbarer Gase beim Erdöl und in der Kohle u. dgl., sowie die Ähnlichkeit der Destillationsprodukte der Kohle mit dem Erdgas, das Vorkommen von Erdöl bei tätigen und erloschenen Vulkanen und Thermen, sowie den Zusammenhang der Salse in Modena und der Gasausströmungen in Persien mit dem Erdöl an.

Mit dieser Hypothese standen die Resultate der Untersuchungen von Reichenbachs im Widerspruch, die ergeben hatten, daß die Destillate der Mineralkohle vom Erdöl ganz verschieden sind. Nöggerath denkt sich das Erdöl aus Steinkohlen oder bituminösem Schiefer infolge des ungeheuren Druckes der überlastenden Gebirgsmassen durch Spalten in die Höhe gepreßt, wo es vom Wasser zutage gefördert wird. Kohlmorgen nimmt für den Asphalt von Peru eine langsame Destillation organischer Reste in tieferen Schichten an, deren Produkte durch Risse und Spalten in die Höhe getrieben wurden. v. Hochstetter erklärt das galizische Erdöl für ein Destillat tiefer liegender Kohlenflöze. Ein schlagender Beweis für die Entstehung des Erdöls aus Kohlenflözen schien erbracht, als man im Shropshire-Gebiet (England) Erdöl in einem Kohlenflöz sammeln konnte, bis sich zeigte, daß dasselbe nicht aus dem Kohlenflöz, sondern aus Spalten einer benachbarten Schicht Sandsteins der Kohlenformation herausträufelt und aus bituminösem Schiefertone mit reichlichen Fischresten stammt, deren Bitumengehalt ganz allgemein auf eingeschlossene Tiersubstanz zurückgeführt wird. E. Donath untersuchte ein Öl, das aus einer Schichtfuge lignitischer Braunkohle bei Köflach herausickert; er fand es bei 300° und darüber siedend, mit einem Gehalt von 1,28 Proz. einer paraffinartigen Substanz, 85,17 Proz. Kohlenstoff, 13,05 Proz. Wasserstoff und 0,11 Proz. Stickstoff enthaltend, in mancher Beziehung dem Braunkohlenteer ähnlich, aber bestimmt vom Erdöl verschieden. Die Bildung des von Smith und Carley zuerst aus japanischer Kohle extrahierten Bitumens wird auf pflanzliche Stoffe,

wie Harze, Öle usw., zurückgeführt und ihr Gehalt an Stickstoffbasen, sowie der Stickstoffgehalt der Kohle auf animalische Reste, denen man im ersten Stadium der Kohlenflözbildung, in den Torflagern, häufig begegnet, denn die Cellulose selbst, aus welcher die Mineralkohle entstanden ist, enthält keinen Stickstoff.

Wäre das Erdöl tatsächlich ein Destillat der Mineralkohlen, so müßte vorausgesetzt werden, daß man nur in Verbindung mit solchen Erdöl findet, was aber den Tatsachen durchaus widerspricht. R. Zuber suchte diesen schwerwiegenden Einwand mit der Annahme zu entkräften, daß keine Destillation, sondern eine Art faulige Gärung, die die Pflanzensubstanz vollständig in Kohlensäure und Methan verwandelte, stattfand. Dabei sollen sich bei Gegenwart von Salzwasser mehr fettige und tranartige Substanzen, bei Gegenwart von Süßwasser nur Kohlensäure und Methan gebildet haben. Aber Hoppe-Seyler hat bewiesen, daß die Cellulose unter dem Einfluß der Bakterien des Schlammes stagnierender Gewässer nur Kohlensäure und Methan, aber keine höheren Homologen oder ungesättigte Kohlenwasserstoffe liefert. Aus diesem Grunde und mit Rücksicht auf den geringen Gehalt der Erdgase an Kohlensäure, sowie den Mangel an kohligen Resten kann von einem Ursprung des Erdöls aus Mineralkohle keine Rede sein.

Ansichten über den animalischen Ursprung des Erdöls sind schon frühzeitig geäußert worden. Haquet (1794) sagt bezüglich des Vorkommens von Öl zusammen mit Salzsolen und Salzlagern in Galizien, die allorts mit Schalthieren erfüllt sind: „Ein großer Teil, wenn nicht das meiste dieses Öles, rührt gewiß von der Auflösung von Seetieren her.“ Auch Quenstedt nahm für das Bitumen des Lias in Württemberg, dessen Gehalt er pro Quadratmeile auf reichlich 200 Millionen Zentner schätzt, den gleichen Vorgang an und Volger sagt von diesem Vorkommen: „Da liegen ganze Vorwelten begraben und gleichsam eingesotten in ihrem eigenen Fett.“ Bertels (1874) hat wohl als erster in der Zersetzung von Molluskenleichen die Quelle des kaukasischen Erdöls auf Grund von Beobachtungen an Ort und Stelle angenommen.

C. Engler und F. Albrecht fanden im Lias von Roth-Malsch (Baden) die Hohlräume zahlreicher Ammoniten und Gryphäen mit Erdöl erfüllt, das Ähnlichkeit mit dem von Baku hat. T. Sterry Hunt machte die gleiche Beobachtung in Kanada bei Packenham, wo die silurischen Trentonkalke große Orthoceratiten führen, deren Wohnkammern mitunter mit mehreren Unzen Erdöl ausgefüllt sind, und bei Rivière à la Rose Erdöl aus den fossilen Korallen des Birdseykalksteins herausmilzt; im ergiebigsten Ölhorizont dieses Landes, bei Bertie, sind im Coniferenkalk die Zellen von Zaphrentis, Heliophyllum und Farosites in gewissen Schichten mit Erdöl erfüllt. Er nimmt primäre Lagerstätten an und betont ausdrücklich den tierischen Ursprung, da er in den Schichten keine Landpflanzen fand.

Auch Ch. Knab (1868), der eine „Theorie der Entstehung des Asphaltens im Val de Travers“ veröffentlichte, nimmt für alle Bitumen animalischen Ursprung an, und faßt seine Ansichten in folgenden Schlußsätzen zusammen:

1. „Asphalt (mit Bitumen imprägnierter Kalkstein) ist durch die Zersetzung von Molluskenschichten in einem Tiefsee entstanden, welche unter einem sehr hohen Druck und bei einer hohen Temperatur sich vollzog.

2. Das starre Bitumen wurde auch durch Zersetzung von Mollusken und Crustaceen in einem flachen Meer bei hoher Temperatur gebildet, aber bei einem Druck, der ungenügend war, um die Schalen mit Bitumen zu imprägnieren.

3. Erdöl wurde durch Zersetzung von Mollusken gebildet, eine Zersetzung, welche sich vollzog bei einer Temperatur, welche zu niedrig war, um sie in Asphalt zu verwandeln, aber unter einem mehr oder weniger beträchtlichen Druck.

4. Die Schichten des weißen Kalksteines, welche aus der Anhäufung fossiler Ostreen hervorgingen, und welche weder Asphalt noch Erdöl einschließen, sind unter solchen Verhältnissen gebildet worden, daß die Produkte der Zersetzung entweichen konnten.

5. Die Bitumés fixes sind durch die Zersetzung von Pflanzen gebildet worden, während die vorher genannten Bitumina animalischen Ursprungs sind.“

H. Höfer (1877) leitet ganz allgemein das Erdöl von animalischen Resten ab, indem er darauf hinweist, daß Pflanzenversteinerungen führender Schiefer nicht bituminös ist, dies aber wird, sobald tierische Reste dazutreten und auf den hohen Bitumengehalt des an Tierresten reichen Posidonienchiefers des Schwäbischen Jura, sowie die großen Mengen der gerüstlosen Weichtiere aufmerksam macht, die bei der Fossilifizierung keine anderen Reste als das Erdöl hinterlassen konnten. Unter Mitwirkung der Erdwärme und entsprechendem Druck hat sich das Rohöl gebildet.

Eine starke Stütze für den animalischen Ursprung des Erdöls brachten ferner Beobachtungen von O. Fraas an einem Korallenriff an der Südspitze der Halbinsel Sinai an der ägyptischen Küste des Roten Meeres in Djebel Zeit. An dem wenig aus dem Meer hervorragenden kleinen Riff zeigen sich tropfenweise Erdölausschwitzungen, die als spezifisch leichter vom Seewasser mit nach oben genommen werden und dort stehen bleiben. „Nur ein Teil der Gase, die sich beim Verwesen der zahllosen, in der Lagune lebenden Tiere entwickeln, entweicht in die Luft, der andere kondensiert sich zu sogenannten schweren Kohlenwasserstoffen, die sich in das abgestandene Korallenriff hineinsetzen, in dem dortigen porösen Kalk noch weitere Kondensationen erfahren und, einmal zu Öltropfen koaguliert, in den Gruben des Riffs sich sammeln. Daß zugleich mit dem Bitumengehalt Chlornatrium sich findet, ist ein weiterer Beweis für den gemeinsamen Ursprung beider aus der gesalzenen und zugleich an organischen Stoffen überreichen Lagune.“

Die Theorie vom animalischen Ursprung des Erdöls stützt sich demnach auf folgende Tatsachen:

1. Wir finden Erdöl — überhaupt echte Bitumen — auf primärer Lagerstätte in Begleitung von tierischen Resten, während pflanzliche fehlen oder nur ganz untergeordnet vorhanden sind. Hierher gehört der Fischschiefer und die an Foraminiferen und Kriechspuren reichen Ölschichten der Karpathen, die bitumenreichen, zur Öl- und Paraffinerzeugung in Verwendung gewesenen Ölschiefer des schwäbischen Lias und von Steierdorf (Südungarn), der Kupferschiefer Mansfelds, die von F. Sterry und Hunt studierten Kalke nahe der Südgrenze Kanadas und viele andere.

2. Schichten, welche nur Pflanzen führen, sind nicht bituminös; sie werden es aber, wenn tierische Reste hinzutreten.

3. Es läßt sich experimentell nachweisen, daß aus tierischen Resten Kohlenwasserstoffe sich bilden, welche dem Erdöl gleichen¹⁾.

4. In Djebel Zeit (Ägypten) ist durch O. Fraas, durch Sickenberger und die ägyptische Geological Survey evident nachgewiesen worden, daß das

¹⁾ Englers Fundamentalversuche s. später.

in den dortigen Lagunen und Korallenriffen vorkommende Erdöl nur tierischen Ursprungs sein kann.

Gegen diese Theorie ist eingewendet worden, daß die erdölführenden Schichten in der Regel sehr arm an Tierversteinierungen seien, während man bei reichem Ölvorkommen auch eine reiche fossile Fauna erwarten müßte; es ist dagegen zu erwidern, daß die ölbildende Fauna zum Teil aus gerüstlosen, schleimigen Tieren bestand, die keine anderen Reste als das Öl hinterlassen konnten und sich andererseits bei der Umwandlung der Tiersubstanz Kohlensäure bildete, die in Verbindung mit Wasser die Kalkschalen dieser niedrig organisierten Wesen löste und hinwegführte. Andererseits gibt es an tierischen Resten reiche Schichten ohne Erdöl, weil hier die zu dessen Bildung erforderlichen Verhältnisse nicht vorhanden waren. Sollte sich Erdöl bilden, so mußten Bedingungen vorherrschen, unter denen die entstandenen Kohlenwasserstoffe nicht entweichen konnten, oder an einem anderen Ort sich sammeln mußten. Tierische Reste hinterlassen in der Regel keinen oder nur einen minimalen kohligten Rückstand und bedingen unter günstigen Verhältnissen eine Anhäufung von Bitumen; in der Regel werden jedoch die entstandenen Kohlenwasserstoffe ohne lokale Anreicherung entweichen. Die Pflanzen hinterlassen entweder ein Kohleskelett oder, wenn dies fehlt, einen Abdruck, wobei dann die pflanzenführenden Schichten nicht bituminös sind.

Ferner wurde darauf hingewiesen, daß unter Voraussetzung des animalischen Ursprungs alle Erdöle stickstoffhaltig sein müßten, man daher nur bei den stickstoffhaltigen den animalischen Ursprung als erwiesen betrachten dürfe. In allen sorgfältig untersuchten Erdölen, Asphalten u. dgl. ist indessen Stickstoff, wenn auch nur in Spuren, nachgewiesen worden, ferner enthalten die diese Stoffe begleitenden Gase oft beträchtliche Mengen von Stickstoff (bis zu 27,87 Proz.). Es ist aber bekannt, daß gerade die stickstoffhaltigen Bestandteile im ersten Stadium der Umwandlung organischer Reste zersetzt werden und der Stickstoff teils im freien Zustande, teils als Ammoniak oder in anderer Form entweicht.

Auch die optische Aktivität des Erdöls ist nur bei sehr vielen Stoffen des Tier- und Pflanzenreichs bekannt; sie kann bei dessen Bildung aus Carbiden u. dgl. nach unseren heutigen Kenntnissen nicht erklärt werden und spricht daher für den organischen — tierischen oder pflanzlichen — Ursprung des Erdöls.

Die Fauna der ölführenden Schichten weist auf eine Bildung in der Nähe von Küsten hin, und die Anhäufung von Tierleichen hat daher für den Geologen nichts Überraschendes. Sie kann unter ganz normalen Verhältnissen erfolgen und man hat nicht nötig, einen katastrophalen Massenmord der Fauna anzunehmen. Wir verweisen auf die erwähnten Beobachtungen von Fraas und Sickenberger, denen ein Kolonieleben der Tiere zugrunde liegt. Über Massenanhäufungen und deren Ursachen berichten ferner Agassiz, Peckham, Ilg, Andrussow, Ochsenius, Kusnetzow u. a. Auch Epidemien können eine Fauna vernichten, und daß Meeresströmungen eine Fauna in Regionen treiben können, woselbst ihre Lebensbedingungen nicht mehr vorhanden sind, ist bekannt.

Die neuesten Ansichten über die Entstehung bituminöser Stoffe setzen tierische und pflanzliche Rohstoffe voraus. Frühere Hypothesen in dieser Richtung scheiterten an dem berechtigten Einwurf gegen den vegeta-

bilischen Ursprung nach dem Verbleib der kohligen Reste, die beim Zerfall der Cellulose doch unvermeidlich wären. Die Frage des Doppelursprungs kam mit der Voraussetzung von Pflanzenölen und Harzen statt der Cellulose (Kraemer und Spilker, Potonié u. a.) in ein neues Stadium, da zwischen Pflanzen- und Tierfett kein wesentlicher Unterschied besteht. H. Potonié (1903) wies auf die Bedeutung des Faulschlammes (Sapropel) für die Bitumenbildung hin, der in stagnierenden Gewässern unter Vertorfungs- und Fäulnisbedingungen gerät, wobei die Organismen oder deren Teile im ersten Fall kohlenstoffreichere, im zweiten (d. s. sapropele) kohlenstoffärmere Verbindungen jedoch Methanderivate und Naphthene liefert. Den Fäulnisprozeß bezeichnet er als Bituminierung. Seine Beobachtungen machte er am Ahlbecker See bei Ludwigshof, woher auch Kraemer und Spilker ihr Material, das sie als Diatomeenschlamm bezeichneten, obgleich diese Spaltalgen nur in untergeordneter Menge vorhanden sind, bezogen hatten. Engler untersuchte diesen Schlamm und erhielt bei der trockenen Destillation desselben 24,4 Proz. teerartiges, paraffinhaltiges Öl, 13,8 Proz. Wasser von stark alkalischer Reaktion, 20,8 Proz. Asche, 26,4 Proz. Koks und 14,6 Proz. brennbare Gase; bei der Druckdestillation des Schlammes erhielt er dünne, reinere, paraffinhaltige Öle von Petroleumcharakter. Wurde das bei Destillation unter normalem Druck erhaltene Öl der Druckdestillation unterworfen, so ergab es petroleumartige Öle und Paraffin unter Wasserabspaltung, wonach also das Produkt der ersten Destillation noch sauerstoffhaltig war. Auch der verseifte Ätherextrakt des Schlammes lieferte bei der Druckdestillation deutliche Petroleumöle.

Potonié betrachtet das Sapropel als Urmaterial für die Erdölbildung und hält das Erdöl der freien Natur für ein Destillationsprodukt aus Sapropelgesteinen. Er kommt zum Schluß, daß sowohl Tiere als auch Pflanzen und unter diesen in hervorragender Weise die so stark vertretenen Ölalgen als Ausgangsmaterial in Frage kommen. Da für die Öllagerstätten aber fast ausschließlich ein mariner Ursprung vorausgesetzt werden müsse, muß paralische Bildung angenommen werden.

Höfer kam 1888 aus geologischen Gründen zu dem Schluß, daß das Erdöl sich durch Umwandlung von Tierresten bei keiner ungewöhnlich hohen Temperatur aber unter höherem Druck gebildet hat und hat damit die Faktoren zur Synthese des Erdöls gegeben, die von C. Engler durch Fundamentalversuche durchgeführt wurde. Von dieser Zeit ab bekam die genetische Frage eine neue, ganz bestimmte Richtung, die in der Engler-Höferschen Theorie ihren Ausdruck fand. Die Leitsätze dieser Theorie erfuhren mittlerweile nur insofern eine Erweiterung, daß auch Pflanzenstoffe, welche chemisch der Tiersubstanz nahe verwandt sind, d. h. zumeist aus Eiweiß und Fett bestehen, ebenfalls als Ausgangsmaterial für die Erdölbildung angesehen werden können.

Als Bestandteile der organischen Reste, die für die Bildung des Erdöls in Frage kommen, müssen in erster Linie die Massenstoffe des organischen Lebens, die Fette, Proteine und Kohlenhydrate betrachtet werden, in untergeordneten Mengen auch Harze, Terpene und Balsame. Über den Verlauf des Übergangs organischer, besonders tierischer Reste in Erdöl konnte man sich früher kein klares Bild machen, weil man sich die Umwandlung von Stoffen mit so hohem Stickstoffgehalt in Kohlenwasserstoffe nicht zu denken vermochte. Engler wies auf Grund der Tatsache, daß bei der trockenen Destillation tierischer Stoffe große Mengen von Basen, wie Pyridin usw., auf-

treten, während im Erdöl der Stickstoff völlig oder fast völlig fehlt, zuerst darauf hin, daß bei diesen Umwandlungsprozessen zunächst ein Fäulnisprozeß eingesetzt haben muß, der die zersetzlichen Eiweißstoffe zerstörte und zum Verschwinden brachte. Kraemer und Spilker zählten als erste diesen Stoffen auch die Zellmembrane (Cellulose usw.) bei, so daß nun die Auffassung dahin präzisiert werden konnte, daß nach dem Absterben des pflanzlichen und tierischen Materials zuerst die Nichtdauerstoffe, Eiweißkörper und Zellstoffe, zersetzt wurden, die Fettstoffe im weitesten Sinne aber als Dauerstoffe zurückblieben und später in einer gewaltsamen Reaktion der Umwandlung in Erdöl unterlagen. Unterstützt wird die Hypothese durch die Überführung von Tran und anderen, auch synthetischen Fetten und Fettsäuren in Erdöl auf experimentellem Wege, sowie die Überführung des Algenwachses durch Druckdestillation in Petroleumkohlenwasserstoffe, die Kraemer und Spilker gelungen ist, welche ebenso wie bei der Englerschen Theorie der Umwandlung der Fettreste eine Verwesung der Nichtfettstoffe, hauptsächlich pflanzlicher, aber auch tierischer Reste, vorangehen lassen. Die Erhaltung der fettartigen Dauerstoffe bei diesem Fäulnisprozeß hat nichts Überraschendes, wenn man sich das in alten Gräbern aufgefundene Leichenwachs (Adipocire) sowie den Fettsäuregehalt fossiler Knochen vor Augen hält.

Unter der oben begründeten Voraussetzung, daß die stickstoffhaltige Substanz der Tierleichen durch Fäulnis zersetzt wurde und in der Hauptsache nur das Fett zurückgeblieben ist, hat Engler verschiedene Fettstoffe der Destillation unterworfen und die entstandenen Produkte untersucht. Es war bekannt, daß die Destillation solcher Stoffe bei Normaldruck unter Abscheidung von Kohle erfolgt und es wurde festgestellt, daß bei Anwendung des Vakuums die Fette größtenteils unzersetzt übergangen. Deshalb wurde die Destillation bei 300 bis 400° unter starkem Überdruck vorgenommen und dabei festgestellt, daß Fischfett zu etwa 75 Proz. (theoretisch mögliche Menge 85 Proz.) in ein flüssiges Kohlenwasserstoffgemisch zerfällt; daneben entstehen gasförmige Kohlenwasserstoffe, hauptsächlich Sumpfgas, Kohlenoxyd, Kohlen säure und Wasser. Bei gut geleiteter Destillation scheidet sich wenig oder gar keine Kohle ab. Zuerst wurden Fischtran, dann synthetische Glyceride und andere natürliche tierische und pflanzliche Fette durch Druckdestillation in petroleumartige Kohlenwasserstoffgemische übergeführt und später eine Charge von einigen Zentnern Tran vom Menhadenfisch in der Fabrik Webau mit Hilfe der Kreyschen Druckdestillation verarbeitet, wodurch eine eingehende Untersuchung der Destillate ermöglicht wurde. Zum Beweis, daß es die Fettsäuren sind, die bei Glyceriden die Kohlenwasserstoffe liefern, wurden im Kleinen Ölsäure und Stearinsäure mit gleichem Erfolg der Druckdestillation unterworfen.

Das von Engler durch Druckdestillation von Fischtran und anderen Fettstoffen erhaltene Produkt besteht in den niedriger siedenden Anteilen aus Kohlenwasserstoffen der Methan- und Äthylenreihe; daneben wurden mit Wahrscheinlichkeit Naphthene und mit Sicherheit Benzol und seine Homologen bis zum Mesitylen in geringen Mengen nachgewiesen. Die höher siedenden Anteile enthalten Schmieröle und wenig Paraffin. Sowohl nach seiner chemischen Zusammensetzung als auch seinen physikalischen Eigenschaften (Dichte = 0,8105, Fluoreszenz, Geruch, Brennbarkeit in Lampen, Leuchtkraft usw.) hat das Druckdestillat die Eigenschaften des Erdöls, abgesehen von seinem

größeren Gehalt an Olefinen (etwa $\frac{1}{3}$ vom Ganzen). Es muß aber angenommen werden, daß diese ungesättigten Kohlenwasserstoffe sich mit der Zeit polymerisieren, wodurch sie in kompliziertere Verbindungen bis zum Schmieröl übergehen. Aus diesem Grunde hat Engler das Druckdestillat zunächst auch als „Protopetroleum“ bezeichnet.

Wir können hier auf die Einzelheiten des Bildungsganges des Erdöls und der Bitume nicht näher eingehen und müssen auf das klassische Werk von Engler und Höfer verweisen. Seine Ansichten über den Chemismus der Erdölbildung stellt Engler in folgenden Thesen unter Vorbehalt der Modifikation ihres Inhalts zusammen:

1. Das Petroleum ist in der Hauptsache aus den Fettstoffen (feste und flüssige Fette, Fettwaxse und Wachse) untergegangener tierischer und pflanzlicher Lebewesen entstanden, nachdem vorher die übrigen organischen Bestandteile derselben durch Fäulnis und Verwesung sich zersetzt hatten. Indirekt können daran auch — doch nur in geringem Maße — die Eiweißstoffe durch Abspaltung von Fettsäuren beteiligt sein.

2. Die Umwandlung der Fettstoffe in Petroleum hat sich unter sehr verschiedenen Bedingungen des Drucks, der Temperatur und in langen Zeitperioden von verschiedener Dauer vollzogen.

3. Die Verschiedenheit der natürlichen Erdöle ist in der Hauptsache durch die verschiedenen Bildungsbedingungen (Druck, Temperatur, Zeit) verursacht und erst in zweiter Linie durch die Natur der Fettstoffe verschiedener Abstammung.

4. Insoweit es sich um gewöhnliche Fette (Glyzeride) handelt, bestand der erste Vorgang des Abbaues wahrscheinlich in der Abspaltung des Glycerins durch Wirkung von Wasser oder Fermenten oder von beiden und also der Ausscheidung von freien Fettsäuren. Der Abbau der Wachse kann auch — muß aber nicht — ohne vorherige Verseifung vor sich gegangen sein.

5. Die Möglichkeit der Bildung weiterer Abbauzwischenprodukte durch Abspaltung von Kohlensäure und Wasser ist anzunehmen.

6. Der endgültige Übergang dieser Fett-, Wachs- usw. Reste in Erdöl vollzog sich in zwei Stadien: 1. primär in einer wahrscheinlich langsam verlaufenden, gewaltsamen Zersetzung derselben, entweder nach Analogie der Druckdestillation oder unter Wärmewirkung ohne Destillation in gesättigte und ungesättigte Spaltstücke (Kohlenwasserstoffe); 2. sekundär in einem darauf ganz allmählich vor sich gehenden Wiederaufbau komplexerer Molekeln (Schmieröle) durch Polymerisation und Addition, sowie der Bildung von Naphthenen durch Umlagerung aus ungesättigten Spaltstücken der primären Zersetzung, eventuell auch noch der Bildung asphaltartiger Produkte durch Anlagerung von Sauerstoff und Schwefel.

7. Die optische Aktivität der Erdöle ist auf die Beimischung relativ ganz geringer Mengen einer stark aktiven Ölfraktion zurückzuführen, deren Hauptbestandteil wahrscheinlich das Cholesterin und Phytosterine sind. Geringe Beimischungen aktiver Substanzen stammen vielleicht auch von Spaltprodukten der Proteine, von Harzen, Gerbsäuren usw.

In einer hochinteressanten Abhandlung über das Bitumen¹⁾ faßt Engler diese Thesen wie folgt zusammen: Im Werdegang des Bitumens haben wir

¹⁾ Chem.-Ztg. 1912, S. 65 und 82.

zwei Hauptperioden zu unterscheiden; zuerst den Übergang der Fett-, Wachs-, Harzreste usw. unter allmählicher Desoxydation in einen relativen Dauerzustand, dessen Höchstpunkt sehr oft, aber nicht immer, unlösliches, hochmolekulares Bitumen mit mehr oder weniger Sauerstoffresten, auch Resten von Stickstoff und Schwefel bildet, in dessen Verlauf noch von äußeren Bedingungen abhängige langsame Veränderungen, wie weitergehende Polymerisationen, Oxydationen, auch Desoxydationen vor sich gehen. Darauf folgt der Abbau dieser hochmolekularen Bitumen durch 'Wärmewirkungen bei gleichzeitigem Druck in lösliche Spaltstücke, deren letzte Stadien das Erdöl und die nächstverwandten Substanzen bilden. Finden daneben oder noch nachher starke Oxydationswirkungen statt, so bildet sich als Endprodukt der Asphalt.

Auf Grund dieser Vorgänge lassen sich für das natürliche Bitumen bestimmte Zustandsformen mit den entsprechenden Übergangsformen unterscheiden, deren nähere Charakterisierung und genetischer Zusammenhang in den aufeinander folgenden Grundformen des Anabitumens, Polybitumens, Kata-, Ecgono- und Oxybitumens (Asphalt) in der Einleitung zu diesem Werk geschildert und näher begründet sind.

Die auf viele beobachtete Tatsachen und Experimente gestützte Engler-Höfersche Theorie wird allen Vorgängen und Erscheinungen gerecht, die sich beim Entstehungsprozeß der Bitumen in der Natur abgespielt haben können. Wir dürfen daher mit größter Wahrscheinlichkeit damit rechnen, daß sie auch zutreffend ist, und erst an der Hand dieser Erklärung wird es uns möglich, den Wechsel in der physikalischen Beschaffenheit der hier in Betracht kommenden bituminösen Stoffe vom dünnflüssigen Erdöl durch alle Zwischenstufen bis zum harten Asphalt, wie dies bereits von Quenstedt vor einem halben Jahrhundert so treffend geschildert worden ist, zu verstehen.

Man kann die bei der Bildung des Asphalts sich abspielenden Vorgänge noch heute in der Natur beobachten. Es ist bekannt, daß das Erdöl zutage oder in der Nähe der Erdoberfläche eine Veränderung erleidet, die teilweise in der Verflüchtigung leicht siedender Bestandteile, teils in einer chemischen Veränderung durch Oxydation und Polymerisation besteht, wobei das Licht die Veränderung zu unterstützen scheint. Das Öl geht dadurch zunächst in einen bergteerartigen Zustand über und verwandelt sich bei weiterem Fortschreiten der Reaktion in Asphalt und Asphaltit. Mabery¹⁾ konnte diesen Vorgang in einigen Gegenden Kanadas direkt beobachten an dem Vorkommen eines leichten, dünnflüssigen Erdöls, das von einer verdickten, zähen Ölschicht überlagert wird, welche offenbar schon den Übergang zum Asphalt darstellt, der gleichzeitig auch fertig gebildet an gleicher Lagerstätte gefunden wird. Noch auffälliger zeigt sich diese Erscheinung nach einem Bericht von A. Sommer²⁾ auf der Insel Trinidad, wo neuerdings die schon früher angestellten Bohrversuche auf Erdöl wieder aufgenommen worden sind. Dort wurden in Teufen von 200 bis 300 m große Mengen von Gas und Öl, regelmäßig fließend, erbohrt. Das Öl ist gegenüber gewöhnlichem Erdöl außerordentlich schwer, besitzt ein spezifisches Gewicht von 0,9595 bis 0,9840, ist sehr viskos und geht beim Stehen allmählich in den dickflüssigen Zustand über, so daß es sogar bei den dortigen klimatischen Verhältnissen nur mit Schwierigkeiten durch

¹⁾ Chem.-Ztg. 1896, S. 83. — ²⁾ Eng. Record, New York, 1. Juli 1911.

die Rohrleitungen zu bewegen ist. Wenn etwa 15 Proz. des Öls abdestilliert werden, zeigt das Destillat ein spezifisches Gewicht von 0,7545, während das des Rückstandes auf 0,9930 bis 1,0000, also sehr nahe dem des Asphalts, gestiegen ist. Das Destillat besteht fast nur aus Benzin, so daß hier in überraschender Weise die höher siedenden Anteile gänzlich fehlen. Beim Fällen mit Benzin erhält man aus dem Rohöl 5 Proz. eines aus Asphalt bestehenden Niederschlages, woraus sich auf einen Asphaltgehalt von etwa 15 Proz. (s. später) schließen läßt.

Man kann dieses Rohöl daher als eine rohe Malthe mit einer relativ kleinen Menge flüssiger Kohlenwasserstoffe nicht asphaltischer Natur ansehen, und es unterliegt gar keinem Zweifel, daß diese Malthe die Quelle oder erste Etappe in der Bildung des Seeasphalts ist, umsomehr, als ihr Schwefelgehalt, auf Bitumen berechnet, dem des Seeasphalts sehr nahe kommt.

Auch der Wirkung des Schwefels, dessen Auftreten bei der Verwesung organischer Stoffe in Gegenwart von Gips und anderen Sulfaten oder beim Lebensprozeß der die Algenvegetation begleitenden, sogenannten Schwefelbakterien bekannt ist, wird ein großer Einfluß auf die Bildung des Asphalts zugeschrieben. Schon Kayser¹⁾ schließt aus dem hohen Schwefelgehalt der Asphalte auf dessen Mitwirkung bei der Entstehung. Kraemer und Spilker²⁾ sprechen dem Schwefel sogar eine entscheidende Rolle bei der Bildung des Erdöls zu, und nach Ansicht von S. F. und H. E. Peckham³⁾ muß das feste Erdpech oft geradezu als das Resultat der Einwirkung von Schwefel auf flüssiges oder halbfestes Erdöl betrachtet werden. Clifford Richardson⁴⁾ schreibt dem Schwefel, den er im übrigen als charakteristisches Kennzeichen für Asphalt gegenüber dem Erdöl betrachtet, polymerisierende Eigenschaften bei der Bildung des Asphalts zu und verweist auf den Gehalt der Erdpeche an Kohlenwasserstoffen der Reihe C_nH_{2n} , deren Neigung zur Polymerisation bekannt ist.

H. Endemann⁵⁾ erblickt im Schwefelgehalt des Asphalts nur eine zufällige Verunreinigung. Dem gegenüber weist Graefe darauf hin, daß der Schwefel ein konstituierender Bestandteil der Asphalte ist; enthalten doch die Bitumen der Asphalte von Trinidad, Bermudez und Selenitza etwa 6 Proz. Schwefel, der sich nicht durch Extraktion daraus entfernen läßt und sich auf die einzelnen Bestandteile des Asphalts verteilt. So fand Marcusson⁶⁾ in den alkoholunlöslichen Pechstoffen eines Trinidadasphalts 5,1 Proz. Schwefel, in den öligen unverseifbaren Bestandteilen 3,3 Proz. und in den Säuren 3,1 Proz., während das ursprüngliche Bitumen 4,35 Proz. enthielt. Daß andererseits der Schwefel nicht allein konstituierend im Asphalt ist, sondern auch bei seiner Bildung mitwirkt, hat Graefe nachgewiesen, indem er zeigte, daß die Verhärtung der Muttersubstanz des Trinidadasphalts, des flüssigen Trinidadasphalts, unter Schwefelwasserstoffabspaltung vor sich geht, daß also Schwefel an der Asphaltbildung beteiligt ist.

Maderna⁷⁾ kommt auf Grund seiner Untersuchungen über die Natur der Asphalte zu folgenden Schlußfolgerungen über die Entstehung des Bitumens:

¹⁾ Unters. über nat. Asphalte, S. 32 u. f. — ²⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1899, S. 2940; 1902, S. 1212. — ³⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, S. 996. — ⁴⁾ Chem.-Ztg. 1897, S. 289. — ⁵⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 1008. — ⁶⁾ Chem.-Ztg. 1912, Nr. 84. — ⁷⁾ Petroleum 1908/1909, S. 1176.

1. Bitumen entsteht durch Einwirkung von Schwefel auf die Kohlenwasserstoffe, wobei verschiedene Mengen ungesättigter Verbindungen entstehen, wie dies auch bei der Destillation von Schwefel mit Mineralöl der Fall ist.

2. Die einmal gebildeten ungesättigten Verbindungen haben sich im Laufe der Zeit unverändert erhalten, eine Anschauung, die durch die Theorie von Kraemer (s. oben) über die Bildung der Bitumen durch Kondensation gestützt ist.

3. Der Schwefel erscheint nicht immer im endgültigen Zustande des Erdpechs, dagegen dient er zu seiner Kondensation.

4. Die Bildung des Bitumens geschieht wahrscheinlich in zwei Phasen, nämlich durch Kondensation (Bildung ungesättigter Verbindungen) und darauffolgende Polymerisation.

Viertes Kapitel¹⁾.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften, Zusammensetzung und Bestandteile der Asphalte und Asphaltite.

Auf Grund der im vorigen Kapitel entwickelten Genesis der Organolithe, die wir Bitumen nennen, sind wir zu der Erkenntnis gelangt, daß in den Asphalten keine einheitlichen Körper vorliegen, sondern daß wir es mit einem jener äußerst komplizierten Gemische von hochkomplexen Stoffen zu tun haben, deren Entwirrung dem Chemiker von jeher die größten Schwierigkeiten bereitet hat. Obgleich die Kenntnis des Asphalts bis ins graue Altertum zurückreicht und seine Anwendung in Gewerbe und Industrie im Lauf der Jahre enorme Dimensionen angenommen hat, so war doch bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit über seine Natur und seine näheren Bestandteile so gut wie nichts bekannt, und man begnügte sich mit der Ausnutzung seiner vortrefflichen Eigenschaften, ohne ihn einer wissenschaftlichen Durchforschung zu würdigen.

Das hat sich erst geändert, als zu Anfang der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts sein Verwandter, das Erdöl, auf dem Weltmarkt erschien, dessen technische Verarbeitung eine Fülle von neuem, wissenschaftlichem Material zutage förderte und vor allem auch die Wissenschaft anregte, dem Bildungsvorgang dieses kometenartig zu enormster Bedeutung emporgestiegenen Handelsproduktes nachzugehen. Die Erdölgenese ist heute nach manchem harten Kampf zur exakten Wissenschaft emporgestiegen, die sich nicht mehr in Vermutungen zu ergehen braucht, sondern auf der unerschütterlichen Grundlage des Experimentes uns Antwort gibt auf die Frage, wie das Erdöl entstanden ist und welcher Art seine Bestandteile sind. Es ist auch leicht verständlich, warum sich bei dem Bestreben, den Ursprung und die Natur der bituminösen Stoffe aufzuklären, das Interesse mehr und mehr dem Erdöl zugewandt und sich endlich ganz auf dieses konzentriert hat. Schon die ungleich größere wirtschaftliche Bedeutung des Erdöls gibt uns hierfür eine natürliche Erklärung, dann aber auch, vom Standpunkt des Forschers aus gesehen, die Tatsache, daß das flüssige Erdöl schon an und für sich ein reineres Produkt darstellt, von dem man hoffen durfte, seine einzelnen Bestandteile leichter entwirren zu können, als der pechartige Asphalt, dessen Trennung in einzelne, wohl charakterisierte Substanzen schon von vornherein die größten Schwierigkeiten ahnen ließ.

Durch die bahnbrechenden Untersuchungen über das Erdöl sind auch unsere Kenntnisse vom Asphalt erheblich gefördert worden, und wenn auch,

¹⁾ Vgl. H. Köhler in Engler-Höfer, Erdöl 1, 683 f.

wie eingangs erwähnt, die Schwierigkeiten auf diesem Gebiet sich in ganz besonderer Weise häufen, so sind wir doch durch zahlreiche Untersuchungen der neueren Zeit, von denen besonders die glänzenden Arbeiten Clifford Richardsons zu erwähnen sind, ein gut Stück vorwärts gekommen, so daß wir hoffen dürfen, in absehbarer Zeit auch in dieses dunkle Gebiet das Licht der Aufklärung zu bringen.

1. Physikalische Eigenschaften der Asphalte und Asphaltite.

Spezifisches Gewicht. Die Dichte der Asphalte und Asphaltite unterliegt beträchtlichen Schwankungen, je nach dem Grad der mineralischen Verunreinigungen, wogegen die der reinen, extrahierten Bitumen sich nur innerhalb mäßiger Grenzen bewegt; die der Petrolresiduen steigt nicht über 1,1, wenn sie nicht durch übergroße Hitze teilweise verkocht, und fällt nicht unter 1,0, wenn sie durchaus fest sind.

Clifford Richardson¹⁾ gibt für eine Anzahl Produkte folgende Tabelle:

Substanz in rohem Zustand	Spez. Gew.
Asphalte:	
Trinidad, See, raff.	1,4000
Trinidad, Land, raff.	1,4196
Bermudez, raff. (1900)	1,0823
Bermudez, raff. (1903)	1,0575
Maracaibo, raff.	1,0667
Bejucal (Kuba)	1,3050
Tamesi River (Mexiko)	1,1180
Chapapot (Mexiko)	1,0450
La Patera (Kalifornien)	1,3808
Standard (Kalifornien), raff.	1,0627
Asphaltite:	
Gilsonit Ia (Utah)	1,0433
Gilsonit IIa (Utah)	1,0457
Grahamit (Ind.-Terr.)	1,1916
Grahamit (Kolorado)	1,1600
Syrischer Asphalt	1,0970
Manjac	1,0844
Albertit (Neuschottland)	1,0790
Albertit (Utah)	1,0990
Albertit (Kuba)	1,2040
Wurtzilit (Utah)	1,0556
Petrolresiduen:	
Beaumont (Texas)	1,0803
Baku (Rußland)	1,1098
Pittsburg	1,9879
Ventura	1,0199
Byerlyte für Pflasterzwecke	1,0230
Byerlyte für Dachbedeckung	0,9070
Hydroline „B“	1,0043

¹⁾ Mod. Asph. Pavem., S. 114.

Lunge und Křepelka¹⁾ haben eine Anzahl Asphalte, Asphaltite und Asphaltgesteine, sowie Peche bis zur Erschöpfung extrahiert und die spezifischen Gewichte der reinen Bitumen wie folgt gefunden:

Substanz in rohem Zustand	Spez. Gew.
Asphalte:	
Trinidad	1,0994
Bermudez	1,0861
Tataros	1,0931
Sebenico	1,1131
Asphaltite:	
Gilsonit (Utah)	1,1495
Asphaltgesteine:	
Limmer	0,9877
Lobsann	1,0343
Seyssel	1,0762
Val de Travers	1,0823
Petrolresiduen:	
Aus galizischem Erdöl	1,0365
Unbekannten Ursprungs	1,1075
Aus Wietzer Erdöl	1,1269
Aus Beaumont-Erdöl	1,1741
Künstliche Asphalte (Peche):	
Steinkohlenteerpech (hart)	1,2741
Steinkohlenteerpech (weich)	1,2365

Farbe. Die meisten Asphalte zeigen im Naturzustand ein mattes Braunschwarz bis Schwarz, sowohl im Pulver wie auch im Strich. Die Asphaltite sind mehr oder minder glänzend schwarz gefärbt und liefern Pulver von braunschwarzer Farbe. Die Farbe des extrahierten Bitumens ist in allen Fällen ein tiefes Schwarz von hohem Glanz. Asphaltkalksteine sind meist schokoladenbraun gefärbt, das reine Bitumen gleichfalls glänzend schwarz. Petrolresiduen sind stets von glänzend schwarzer Farbe.

Die Lösungen der Asphalte, Asphaltite und Residuen sind im auffallenden Licht von schwarzer, im durchfallenden von mehr oder minder tiefbrauner Farbe. Man hat die Farbe dieser Substanzen vielfach mit dem darin enthaltenen, wie man annahm, äußerst fein verteilten Kohlenstoff in Verbindung gebracht. Aber es ist längst erwiesen, daß in denselben kein oder nur äußerst wenig elementarer Kohlenstoff vorhanden ist. Daß es auch reine Kohlenwasserstoffverbindungen von schwarzer Farbe, d. h. solche, welche den Lichtstrahl gänzlich absorbieren, gibt, ist zuerst von Luzi²⁾ gelegentlich der Untersuchungen über die Pyrographitsäure und das Pyrographitoxyd gezeigt worden. Diese Wasserstoff und relativ viel Sauerstoff enthaltenden Verbindungen sind amorphe Pulver, welche vollkommen das Aussehen von amorphem, elementarem Kohlenstoff zeigen. Luzi glaubt, daß derartige Verbindungen auch in der Kohle anzunehmen sind, und Donath³⁾ ist der Ansicht, daß

¹⁾ Inaug.-Dissert. von V. Křepelka, Zürich 1904, S. 33. — ²⁾ Berg- u. hüttenm. Ztg. 1893, S. 1886. — ³⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1906, S. 667.

ihnen auch die Asphalte und Peche ihre schwarze Farbe verdanken. Beim Extrahieren von entfettetem, glänzenschwarzem Stearinpech mit Benzol erhielt er klare, schwarzgefärbte Lösungen, welche beim Verdampfen des Benzols glänzend schwarze, feste Rückstände gaben. Donath weist darauf hin, daß es bisher als Regel galt, daß Kohlenwasserstoffe ungefärbt seien, eine Ansicht, die keinen Anspruch auf Gültigkeit mehr hat, seit es Thiele¹⁾ gelungen ist, aus Cyklopentadien durch Kondensation intensiv orange bis blutrot gefärbte Kohlenwasserstoffe herzustellen. „Es erscheint deshalb die Existenz selbst schwarzer Kohlenwasserstoffe jetzt auch nicht mehr so unwahrscheinlich.“

Optisches Verhalten. Die Lichtempfindlichkeit des syrischen Asphalts ist schon lange bekannt und wurde zuerst von Nicéphore Niépce 1814 zur Herstellung photographischer Bilder verwertet. Sie zeigt sich darin, daß der Asphalt, in dünner Schicht der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt, an den belichteten Stellen in Lösungsmitteln, in denen er vorher leicht löslich war, unlöslich oder wenigstens schwer löslich wird. Auf welchem Vorgang die Erscheinung beruht, weiß man noch nicht.

Auf Grund von Versuchen ist Kayser (a. a. O.) der Ansicht, daß es sich hier nicht um eine Oxydation, sondern um eine molekulare Umlagerung, ähnlich wie bei der Entstehung von Paranthracen aus Anthracen handelt. Beim Überschmelzen geht die unlösliche Modifikation, wie das Paranthracen in Anthracen, wieder in normalen Asphalt über. Man darf mit Grund annehmen, daß durch die Wirkung des Lichtes ein Polymerisationsvorgang ausgelöst wird, wie er auch bei Rohölen und deren Destillaten beobachtet worden ist.

Kayser hat gezeigt, daß diese Eigenschaft nicht allein dem syrischen Asphalt (Asphaltit), sondern auch dem Asphalt in unserem Sinne, z. B. dem von der Insel Trinidad, wenn auch in geringerem Maße, zukommt, und daß nur die schwefelhaltigen Bestandteile derselben lichtempfindlich sind, in besonderem Grade die in Äther unlöslichen, stark schwefelhaltigen Substanzen. Niépce hat gefunden, daß der Asphalt durch eine kurze Vorbelichtung vor der eigentlichen Exposition noch lichtempfindlicher wird, wahrscheinlich weil dann der Polymerisationsprozeß schon eingeleitet ist und bei der Exposition um so schneller verläuft.

Valenta²⁾ hat die Angaben Kayzers bestätigt gefunden, und es gelang ihm auch, die nicht lichtempfindlichen alkoholischen und schwach lichtempfindlichen ätherischen Extrakte des syrischen Asphalts in die stark lichtempfindlichen, ätherunlöslichen Produkte durch Kochen der Lösung des syrischen Asphalts in Cumol mit Schwefel überzuführen. Er hat ferner gezeigt, daß auch gewisse künstliche Asphalte, z. B. der durch Destillation von Kolophonium mit Schwefel entstehende, die gleichen lichtempfindlichen Eigenschaften besitzen.

Nach R. Kayser (a. a. O.) zeigen die Lösungen der Asphalte, Asphaltite und Teerpeche in Chloroform charakteristische Absorptionsstreifen im Spektrum, die besonders für den Asphaltit von Syrien und den Asphalt von Trinidad zwischen den Linien *D* und *E* sehr markant hervortreten und auf die in Alkohol und Äther löslichen Bestandteile zurückzuführen sind, da der unlösliche Anteil die Streifen nicht zeigt. Unterschiede ergeben sich auch

¹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. **33**, 666. — ²⁾ Chem.-Ztg. 1891, Rep., S. 234.

zwischen den Absorptionsspektren der alkohol- und ätherlöslichen Bestandteile, doch ist das Bild für den Asphaltit und den Asphalt ein fast genau übereinstimmendes. Die Absorptionsspektren des Asphalts von Pechelbronn, sowie des Steinkohlenteerpechs dagegen zeigen diese charakteristischen Streifen nicht.

Glanz, Härte, Struktur und Bruch. Asphalte und Asphaltgesteine besitzen in der Regel keinen Glanz, auch nicht am frischen Bruch, wogegen alle Asphaltite, Erdölresiduen und Peche durch einen mehr oder weniger hohen Glanz ausgezeichnet sind, der auch bei den reinen Asphaltbitumen zutage tritt, wenn sie von den mineralischen Verunreinigungen befreit sind.

Über die Härte der Asphalte, Asphaltite und Residuen stellen wir nach Richardsons zahlreichen Untersuchungen folgende Tabelle zusammen, deren Angaben sich auf die Härteskala nach Mohs beziehen:

Asphalte:	
BejucaI	2 bis 3 ^o
Chapapot	2 „ 3
Trinidad	2
La Patera	2
Maracaibo	1
Bermudez	unter 1
Tamesi-River	„ 1
Standard California	„ 1
Asphaltite:	
Grahamit, Kolorado	3 ^o
Grahamit, Ind.-Terr.	2
Gilsonit	2
Albertit	2
Syrischer Asphalt	2
Manjac, Barbados	1
Bitumen aus Asphaltsteinen (Asphalt):	
Kentucky, Grayson County	bis 1 ^o
Utah, Clear Creek	„ 1
Utah, Grand County	verschieden
Erdölresiduen:	
California D-Grade	bis 1 ^o
Beaumont	„ 1
Baku	„ 1

In Struktur und Bruch unterscheiden sich die Asphalte in charakteristischer Weise von den Asphaltiten. Erstere sind meist homogen, zuweilen jedoch von kleinen, mit Gas oder Wasser angefüllten Cavernen durchsetzt, und ihr Bruch ist meist konchoidal oder semikonchoidal, selten irregulär. Die Asphaltite sind von durchaus kompaktem Gefüge mit glänzendem, meist irregulärem, strahligem oder stengeligem Bruch, der selten konchoidale Flächen zeigt. Ähnlich verhalten sich Petrolresiduen, wenn sie nicht teilweise durch Verkokung zersetzt sind.

Der Geruch ist oft ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal für die hierher gehörigen Körper. Asphalte besitzen, besonders in ihren weicheren Varietäten, einen angenehm aromatischen (asphaltartigen) Geruch, der sie scharf von den Petrolresiduen, die einen ausgesprochen öligen Geruch auf-

weisen, unterscheidet. Die Asphaltite sind geruchlos. Ausnahmen soll unter den Asphalten der von Maracaibo machen, der ranzig riechen soll, sowie unter den Asphaltiten der syrische Asphalt, der einen knoblauchartigen Geruch besitzen soll. Bei mäßigem Erwärmen tritt der Geruch in allen Fällen schärfer hervor.

Verhalten in der Wärme. Im Naturzustand erweichen die Asphalte bei höherer Temperatur und fließen bei stärkerer Hitze zu einer teigigen Masse zusammen. Meist verhindert ihr Gehalt an mineralischen Bestandteilen ihre vollkommene Verflüssigung, und es kann daher in diesem Zustande von einem Schmelzpunkt keine Rede sein. Eigentümlich ist das Verhalten des Erdpechs gegen die Sonnenwärme; während z. B. gewöhnliches Steinkohlenteerpech, im Sommer für längere Zeit der direkten Einwirkung der Sonne ausgesetzt, eine große Menge Wärmestrahlen absorbiert und sich dabei unter Umständen auf 60 bis 70° erhitzen kann und zu schmelzen beginnt, erwärmt sich Trinidadasphalt unter den gleichen Umständen höchstens auf 35 bis 40° und fängt nur erst an, etwas elastischer zu werden. Infolge dieser Eigenschaft des Naturasphalts ist es nach Graefe möglich, den Trinidadasphaltsee selbst unter den heißen Strahlen der Tropensonne ohne Gefahr zu betreten, trotzdem das Material ständig in Bewegung ist. Es ist trotz der Hitze so widerstandsfähig, daß es sogar den Schall der Tritte wiedergibt, während selbst höher schmelzendes Pech bei niedrigen Temperaturen schon weich wird.

Die Asphaltite zeigen ein ähnliches Verhalten, gehen aber infolge ihrer größeren Reinheit in den flüssigen Zustand über, wenn sie sich nicht, wie Grahamit und Albertit, beim Schmelzen unter Zersetzung aufblähen. Die Petrolresiduen sind von einem ziemlich scharf begrenzten Schmelzpunkt. Die Asphaltgesteine verändern sich entweder gar nicht oder werden höchstens weich und knetbar, je nach ihrer Struktur. Über den Schmelzpunkt erhitzt, zersetzen sich sämtliche unter Entweichen brennbarer Gase, starkem Aufblähen und Hinterlassung einer porösen Kohle.

Aus den zahlreichen Beobachtungen Richardsons stellen wir folgende Angaben zusammen:

Asphalte:	Erweicht °C	Fließt °C
Trinidad, See	100	106
Trinidad, Land	106	110
Bermudez, raff.	75—78	95—106
Maracaibo	108—155	117—166
Bejucal	130	135
Chapapot	140	150
La Patera	145	166
Standard Kalifornien	95	100
Asphaltite:		
Gilsonit	147—155	170—180
Gilsonit	90	98
Gilsonit	217	222
Grahamit	schwillt unter Zersetzung auf	
Albertit	schwillt unter Zersetzung auf	
Manjac von Barbados	130	140
Syrischer Asphalt	140	145

Die folgenden Angaben Richardsons betreffen die aus den Asphaltgesteinen abgeschiedenen Asphalte bzw. die Petrolrückstände, wie sie aus der Fabrikation erhalten werden:

	Erweicht °C	Fließt °C
Clear Creek Utah	117	122
Grand County Utah	113	122
Petrolresiduen:		
D-Grade Kalifornien	60—83	67—105
Beaumont (Texas)	130	150
Baku	77	83
Hydroline „B“	115—164	122—196

Lunge und Křepelka¹⁾ haben von einer größeren Anzahl Natur- und Kunstprodukte die Bitumen isoliert und geben für die letzteren folgende, nach der Methode von Kraemer und Sarnow bestimmten Schmelz- bzw. Erweichungspunkte an:

Asphalte:	
Trinidad	55,2° C
Bermudez	51,1
Tataros	33,6
Sebenico	90,0
Asphaltite:	
Gilsonit	123,0
Bitumen der Asphaltgesteine:	
Limmer	16
Lobsann	25
Val de Travers	28,1
Seyssel	53,1
Petrolresiduen:	
Galizische	18,2
Unbekannt	37,8
Beaumont	69,3
Wietzer	118,2
Teerpeche:	
Steinkohlenteer, weich	20,0
Steinkohlenteer, hart	23,0

Verhalten gegen Lösungsmittel. Das reine Bitumen der Asphalte, Asphaltite und Petrolresiduen ist unlöslich in Wasser und wird auch von verdünnten Mineralsäuren und Alkalien nicht angegriffen. Dagegen wird dasselbe von den üblichen Solvenzien organischer Natur ganz oder teilweise gelöst. In folgendem soll das Verhalten der Asphalte, Asphaltite und Petrolresiduen gegen die üblichen Lösungsmittel näher charakterisiert werden.

Chloroform ist das vorzüglichste Lösungsmittel für Asphalte, Asphaltite und Residuen, deren Bitumen davon vollkommen aufgenommen wird. Ähnlich verhält sich

Schwefelkohlenstoff, in welchem jedoch in einzelnen Fällen geringe Mengen des vorhandenen Bitumens nicht löslich sind, die von Chloroform oder

¹⁾ Inaug.-Diss. von Křepelka, S. 35.

Terpentinöl (Siedepunkt 97 bis 160°C) noch aufgenommen werden. In

Tetrachlorkohlenstoff ist meist das gesamte Bitumen der Asphalte und Residuen löslich. In einzelnen Fällen zeigt sich, daß Schwefelkohlenstoff nach völliger Erschöpfung mit Tetrachlorkohlenstoff noch größere oder geringere Mengen von Bitumen zu extrahieren vermag. Für manche Varietäten ist das Verhalten charakteristisch (Carbene, vgl. S. 95).

Absoluter Alkohol und Äther lösen nur einen Teil des Bitumens der Asphalte und Asphaltite (Petrolen, Malthen), letzterer um so mehr, je weicher das betreffende Material ist. Nach Kayser beträgt die Löslichkeit von Trinidadasphalt in Alkohol 5 Proz., in Äther 57 Proz., von syrischem Asphalt in Alkohol 4 Proz., in Äther 44 Proz. Asphalt von Pechelbronn (von dickflüssiger Beschaffenheit) ist fast ganz in Äther löslich. Gegen

Aceton verhalten sich Asphalte und Asphaltite ähnlich wie gegen Alkohol und Äther. Von den

Petroldestillaten lösen die spezifisch leichteren und flüchtigeren (Petroleumäther, Ligroin) nur die weicheren Bestandteile der Asphalte und Asphaltite (Petrolen, Malthen), während die schwereren (Benzin und Petroleum) auch die harten Asphalte in Lösung bringen. Ausgezeichnete Lösungsmittel sind auch die

Benzolkohlenwasserstoffe, Benzol, Toluol, Xylol, Cumol usw., in denen fast das gesamte Bitumen der Asphalte und Asphaltite löslich ist. Nach Donath und Margosches¹⁾ lösen sich einige Naturasphalte vollkommen in Benzol, während bei anderen weniger Bitumen als mit Schwefelkohlenstoff in Lösung geht.

Durch sukzessive Extraktion der Asphalte usw. mit Lösungsmitteln von steigendem Lösevermögen lassen sich diese Körper in einzelne Komponentenklassen zerlegen, deren Bestandteile ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften besitzen. Dieses Verfahren wurde von Kayser, Peckham und besonders Clifford Richardson zur Aufklärung der Natur der Asphalte mit Erfolg benutzt. Weitere Einzelheiten in dieser Richtung werden wir später bei der Besprechung der Bestandteile des Asphalts, sowie im analytischen Teil dieses Werkes kennen lernen.

Bemerkenswerte physikalische Eigenschaften der Asphalte und Asphaltite sind ferner ihr geringes Leitungsvermögen für Wärme, den elektrischen Strom und den Schall, sowie ihre Fähigkeit, das Wasser von ihrer Oberfläche abzustößen und für dasselbe undurchdringlich zu sein, wovon in der Industrie weitgehendste Anwendung gemacht wird.

2. Chemisches Verhalten der Asphalte und Asphaltite.

Hier handelt es sich zunächst um die relative Reinheit der wichtigsten hier in Betracht kommenden Produkte.

Über Asphalte und Asphaltite gibt S. F. Peckham²⁾ folgende Zusammenstellung:

¹⁾ Chem. Ind. 1904, S. 220 f. — ²⁾ Rep. of the Comm. of Acc. New York, Febr. 1904, S. 208.

Substanz	Bitumen Proz.	Wasser Proz.	Mineralische und sonstige Verunreinigungen
Asphalte:			
Bermudez, raffiniert	99,779	Spuren	0,221
Kalifornien, Standard	91,680	6,510	1,810
Alcadroz, trocken	68,060	—	31,940
Trinidad, See, raffiniert	56,973	—	43,027
Trinidad, Land, raffiniert	56,112	—	43,388
Trinidad, See, roh	39,249	27,000	33,751
Trinidad, Land, roh	37,730	27,000	35,270
Asphaltite:			
Barbados, Manjac	fast rein	—	Spuren
Mexikanischer Asphalt	fast rein	—	Spuren
Gilsonit, Utah	99,286	—	0,714
Grahamit	95,900	—	4,100

Clifford Richardson¹⁾ gibt die Zusammensetzung verschiedener von ihm untersuchter Asphalte und Asphaltite wie folgt:

Substanz	CS ₂ -lösliches Bitumen	Organische Substanz (Nichtbitumen)	Mineralische Ver- unreinigungen
Asphalte:			
Trinidad, See, roh	39,0	Spuren	25,0—29,0
Trinidad, See, raffiniert	56,4	„	36,9
Trinidad, Land, raffiniert	52,0 — 55,0	„	38,5—38,5
Bermudez, roh	90,65—98,25	6,45— 0,62	3,65— 0,50
Bermudez, raffiniert	93,0 — 96,8	5,0 — 1,4	2,0— 1,8
Maracaibo	92,2 — 96,8	2,0 — 1,4	5,8— 1,8
Kuba, Bejucal	68,6 — 75,1	3,5 — 3,5	27,9—24,4
Mexiko, Tamesi River	59,7 — 99,5	6,9 — 0,0	23,4— 0,5
Mexiko, Chapapot	99,0 — 99,2	0,4 — 0,1	0,6— 0,7
Kalifornien, La Patera	49,3	2,1	48,6
Kalifornien, More Ranch	38,8 — 48,3	3,4 — 1,2	58,3—50,5
Kalifornien, Standard, roh	54,3 — 90,5	6,2 — 0,0	39,5— 9,5
Kalifornien, Standard, raffiniert	89,8	3,4	6,8
Asphaltite:			
Gilsonit (Utah und Kolorado)	99,4 — 99,6	0,3 — 0,1	0,3— 0,3
Gilsonit	93,4 — 98,8	2,2 — 1,1	4,4— 0,1
Grahamit, Indianer-Terr.	94,1	0,2	5,7
Grahamit, Westvirginia	97,8	0,1	2,1
Grahamit, Middle Park, Kolorado	98,2	1,7	0,1
Syrischer Asphalt	99,7	0,2	0,1
Manjac, Barbados	99,2	0,5	0,3
Albertit, Neuschottland	5,9 — 9,0	94,1 — 91,0	0,0— 0,2
Albertit, Utah	3,4 — 5,6	96,4 — 94,2	0,2— 0,2
Albertit, Mexiko	11,9	61,9	26,2
Albertit, Kuba	Spur	98,9	1,1
Albertit, Indianer-Terr.	1,6 — 6,8	87,7 — 71,2	10,7—22,0
Wurtzilit	6,7 — 12,8	?	?

¹⁾ The Modern Asphalt Pavement, S. 153—212.

Folgendes sind die Resultate, welche andere Forscher bei Untersuchung verschiedener Asphaltite gefunden haben:

Substanz	CS ₂ -lösliches Bitumen	Organische Substanz (Nichtbitumen)	Mineralbestandteile	Literatur
Bentheimer Asphalt .	0,00	98,89	1,11	Engler, Dingl. Polyt. Journ. 250, 265.
Syrischer Asphalt . .	91,40	8,60	8,60	} Watt, zitiert nach Swoboda, Asphalt, S. 43.
Syrischer Asphalt . .	82,60	17,40	17,40	
Manjac, Barbados . .	95,00	5,00	5,00	Du Bois, zitiert nach Swoboda, S. 44.
Gilsonit, Utah	99,99	—	0,01	Swoboda, S. 45.

Aus diesen Tabellen ist der hohe Reinheitsgrad der Asphaltite gegenüber den Asphalten, und zwar sowohl in Hinsicht auf die Menge der mineralischen Verunreinigungen, als auch der vorhandenen nichtlöslichen organischen Substanz (Nichtbitumen Richardsons) ohne weiteres ersichtlich. Eine Ausnahme in bezug auf die letztere machen die Albertite, der Wurtzilite und der Bentheimer Asphalt, deren organische Bestandteile entweder ganz oder doch zum weitaus größten Teil in Schwefelkohlenstoff unlöslich sind.

Eine große Anzahl von Analysen liegt über Asphaltgesteine und Asphaltande noch vor. Sie lassen erkennen, daß der Gehalt dieser verschiedenen Produkte an Asphalt nicht allein ein sehr variierender ist, sondern auch für die gleiche Fundstätte sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen sein kann.

Substanz	Bitumen	CaCO ₃	MgCO ₃	Fe ₂ O ₃ u. Al ₂ O ₃	SiO ₂ , Silicate, Sand usw.	Wasser u. b. 90° flüchtige Stoffe	Autor bzw. Literatur
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	
Asphaltkalke:							
Seyssel	9,00	91,00	—	—	—	—	Ulex u. Beit
Seyssel	8,00	89,55	0,10	—	0,45	1,90	L. Malo
Val de Travers	10,10	87,95	0,30	—	1,15	0,50	"
Lobsann	11,90	69,60	0,30	4,45	10,75	3,40	"
Limmer	8,26	56,54	27,01	8,19	—	—	Swoboda
Limmer	13,50	86,50	86,50	86,50	86,50	86,50	Swoboda
Limmer	13,40	67,00	—	19,50	—	—	Kovacs
Vorwohle	6,50	93,50	93,50	93,50	93,50	93,50	Swoboda
Seefeld, Tirol	7,85	81,10	—	4,85	4,85	—	Weber
Seefeld, Tirol	16,23	74,22	—	3,55	3,55	—	Weber
Brazza bei Spalato . . .	13,10	89,90	89,90	—	—	—	Swoboda
Brazza bei Spalato . . .	7,12	58,10	32,58	2,07	2,07	2,07	Kersten
Sizilien	11,80	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	Donath
Moravizza	10,00	90,00	—	—	—	—	Swoboda
Moravizza	15,00	85,00	—	—	—	—	Swoboda
Vrhygoraz, Dalmatien . .	38,92	61,08	—	—	—	—	Kovacs
Trau, Dalmatien	9,20	90,80	—	—	—	—	"
Ragusa, Sizilien	9,20	86,10	—	—	4,70	—	"
Chavaroche, Frankreich	29,20	51,60	—	—	19,20	—	L. Malo

Substanz	Bitumen	Ca CO ₃	Mg CO ₃	Fe ₂ O ₃ u. Al ₂ O ₃	Si O ₂ , Sili- kate, Sand usw.	Wasser u. b. 90° flüch- tige Stoffe	Autor bzw. Literatur
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	
Barbados	8,00	21,32	3,92	0,23	66,53	3,000	Gawalowski
Ägypten	20,00	80,00	—	—	—	—	Watt
Uvalde County, Texas	15—20	80,85	—	—	—	—	Stadler
Uvalde County, Texas	13,54	84,90	Spur	Spur	1,56	—	Peckham
Texas	16,85	83,14	83,14	83,14	83,14	0,206	Swoboda
Sysran, Rußland	7,31	33,30	16,68	1,03	18,86	—	Beilstein
" "	13,84	46,90	20,72	—	0,09	—	"
" "	14,77	45,00	7,45	—	—	—	"
" "	9,09	52,45	19,20	—	0,45	—	"
" "	7,71	50,45	17,49	—	1,22	—	"
" "	17,78	51,06	15,43	—	0,53	—	"
" "	37,96	34,51	10,99	3,48	0,81	—	"
Marathapolis, Griechenl.	15—25	75—85	—	—	—	—	Vowenasas

Clifford Richardson¹⁾ hat die Zusammensetzung von Asphaltkalksteinen und Asphaltanden aus den Vereinigten Staaten ermittelt; seine Resultate sind in folgenden Tabellen niedergelegt:

Asphaltkalkstein:

	Bitumen	Carbonate	Org. Substanz (Nichtbitumen)	Silikate und Unlösliches
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Ind.-Terr., Buckhorndistr.	4,3	68,8	—	8,9
" "	12,1	76,5	—	11,4
" "	13,1	81,6	—	5,3
" Ravadistr.	3,4	63,7	2,1	30,8
" "	7,0	73,2	5,5	14,3
" "	7,3	75,8	1,4	15,5
" "	9,6	77,3	1,2	17,9
" "	9,9	77,9	—	11,3
" "	10,8	69,9	0,8	18,5
Texas, Smith Ranch	12,2	78,8	—	1,2

Asphaltande:

	Bitumen	Org. Substanzen (Nichtbitumen)	Sand
	Proz.	Proz.	Proz.
Texas, Uvalde County	9,8	—	90,2
" " " "	8,1	—	91,9
Kentucky, Grayson County	30,0	4,9	65,1
" " " "	62,4	9,2	28,4
" " " "	88,6	5,5	5,9
" " " "	89,8	0,3	9,9
" Brownsville	94,4	0,5	5,1
" Logan County	62,8	7,7	29,5
Ind.-Terr., Elk Asphalt Comp.	88,0	3,1	8,9
" Arbuckle Mountains	68,7	1,5	29,8
Utah, Thistle Junction	11,6	—	88,4
" Whitmore Cañon	97,8	0,6	1,6

¹⁾ A. a. O., S. 246 f.

Die meisten dieser Produkte haben wohl schon eine, wenn auch nur oberflächliche Trennung von dem begleitenden Sand erfahren. Über europäische Asphalt sands liegen folgende Analysen vor:

	Bitumen Proz.	CaCO ₃ Proz.	Sand Proz.	Autor
Tataros	15—22	—	78—85	Kovacs
Pechelbronn	15—18	—	82—85	"
Derna	15—22	—	78—85	"
Bastennes	38,45	4,96	56,59	L. Malo

In wissenschaftlichem Sinne haben alle diese Analysen natürlich nur einen geringen Wert; für die Beurteilung der technischen Brauchbarkeit der betreffenden Produkte sind sie aber oft von entscheidender Bedeutung.

Die elementare Zusammensetzung der Asphalte und Asphaltite ist vielfach ermittelt worden, und es liegt hierüber eine große Anzahl von Elementaranalysen vor. Es ist dazu aber zu bemerken, daß den älteren Autoren, bis zu Kayser, der Schwefelgehalt der Asphalte entgangen war und dieser daher meist, wenn bei der Elementaranalyse kein Mittel zur Rückhaltung der schwefligen Säure vorgeschlagen wurde, als Kohlenstoff mit in Rechnung kam und falsche Resultate ergeben mußte. Auch wurde häufig der, wenn auch nicht sehr hohe Stickstoffgehalt der Asphalte nicht berücksichtigt. Folgende Gegenüberstellung zweier Analysen von Bermudez- und Trinidadasphalt nach Cl. Richardson mit einer älteren von Trinidadasphalt nach Peckham zeigt diesen Mangel in auffallender Weise:

	Bermudez Reinbitumen von Richardson Proz.	Trinidad Reinbitumen von Richardson Proz.	Trinidad ältere Analyse von Peckham Proz.	
C.	82,88	82,33	88,43	88,51
H	10,79	10,69	11,57	11,49
S.	5,87	6,16	—	—
N	0,75	0,81	—	—
Insgesamt . .	100,29	99,99	100,00	100,00

Wir geben eine Anzahl dieser Analysen der Kürze halber und weil sie doch keinen Anspruch auf größere wissenschaftliche Bedeutung machen können, im folgenden tabellarisch wieder. Sie mögen wohl in gewisser, insbesondere technischer Hinsicht unter Umständen zu brauchbaren Aufschlüssen führen und zeigen uns das Mengenverhältnis der letzten Bestandteile dieser Körper; in welcher Weise dieselben aber in dem komplizierten Gemisch derselben zu einzelnen, individualisierten Komponenten zusammengetreten sind, darüber vermögen sie uns keine Auskunft zu geben. Dabei werden wir von vornherein alle älteren Analysen, welche den Mangel der Schwefelbestimmung zeigen, ausschalten.

	C	H	S	O	N	Autor
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	
Asphalte:						
Trinidad, Land	83,70	10,80	5,10	—	0,50	Richardson, Mod. Asph. Pavem., S. 169.
" See	82,33	10,69	6,16	—	0,81	
" "	85,89	11,06	2,49	0,56	—	Day u. Briant, Journ. Frankl. Inst. 138, 149.
" "	78,80	9,30	10,00	—	1,40	Kayser, a. a. O.
" "	—	—	3,52	—	—	v. Konek, Zeitschr. f. ang. Chem. 1903, S. 516.
" "	—	—	3,56	—	—	
Bermudez	82,88	10,79	5,87	—	0,75	Richardson, a. a. O., S. 174.
Maracaibo	81,56	9,59	8,03	—	—	Kayser, a. a. O.
Kalifornien, La Patera	83,30	9,88	6,23	—	0,70	Richardson, zit. nach Křepelka, S. 15.
" Asphalt	84,31	12,41	1,40	—	1,35	
Park County	86,03	10,03	3,28	0,66	Spur	Day u. Briant, a. a. O.
Totes Meer	80,00	9,00	10,00	—	0,40	Boussingault, Compt. rend. 96, 1452.
Asphaltgesteine:						
Pechelbronn	86,60	11,40	1,40	0,40	0,30	Kayser, a. a. O.
Texas, Litho Carb. County	80,30	10,10	9,80	—	—	Richardson, a. a. O., S. 233.
Sizilien	84,95	11,34	3,69	—	0,30	Richardson, zit. nach Křepelka, S. 15.
Ancona	79,56	8,80	9,39	—	1,40	
Kentucky	84,16	11,52	3,59	—	1,58	
Indianer-Territorium	87,40	11,05	1,47	—	0,65	
Uvalde County	80,32	10,09	9,60	—	0,28	
Asphaltite:						
Syrischer Asphalt	80,50	9,06	10,06	—	0,38	Kayser, a. a. O.
" "	80,87	10,42	8,52	—	0,19	Richardson, zit. nach Křepelka, S. 15.
" "	83,98	9,19	6,14	—	0,09	
Gilsonit Utah	88,30	9,90	1,96	—	—	s. Křepelka, S. 20.
" "	89,28	8,66	1,79	—	0,79	Richardson, zit. nach Křepelka.
Manjac, Barbados	87,04	9,56	2,67	—	—	Kayser, a. a. O.
Albertit	85,53	13,20	1,20	—	0,42	Richardson, a. a. O., S. 209.
Bentheimer Asphalt	89,39	9,71	—	—	—	Engler, Dingl. Polyt. Journ. 250, 265.
Unbestimmt:						
Nevada	79,58	9,31	9,70	—	1,30	vgl. Křepelka, Inaug.- Diss., S. 15.
Kuba	82,98	9,44	8,28	—	0,09	
Kalifornien, Waldorf	82,77	10,62	6,47	—	0,35	
" Santa Maria	82,79	11,58	5,69	—	0,48	
Texas, St. Joe	87,27	11,79	1,13	—	0,23	
Montana	—	—	5,31	—	—	
Potago	83,37	10,54	6,16	—	0,50	
Südfrankreich	82,07	11,58	4,78	—	1,56	
Residuen:						
Pennsylvania	87,44	12,50	0,60	—	—	Richardson, zit. nach Křepelka, S. 15.
Petrolgoudron } Geblasene {	86,22	10,91	0,30	2,39	0,18	Mabery, Chem.-Ztg. 1896, Rep. 77.
Dachasphalt } Residuen {	86,48	10,33	0,40	2,18	0,61	
Straßenasphalt }	86,90	10,20	0,39	1,88	0,63	
Byerlyte }	87,44	9,31	0,41	2,20	0,64	
Petrolhartpech	78,00	6,50	15,50	15,50	15,50	Donath und Mar- gosches, Chem. Ind. 1904, S. 220.
Ohiopetroleum	—	—	2,26	—	—	Richardson, zit. nach Křepelka, S. 13.
"	—	—	2,07	—	—	

Brom- und Jodzahlen der Asphalte und Asphaltite. Clifford Richardson¹⁾ beobachtete zuerst, daß der Chloroformextrakt (Gesamtbithumen, spez. Gew. 1,071, Schmelzpunkt 76°) des Trinidadasphalts unter Abgabe von Bromwasserstoff Brom aufzunehmen vermag und dachte zunächst an eine Beziehung zu dem relativ hohen Schwefelgehalt dieses Asphalts. Er fand ferner:

	Schwefel- gehalt Proz.	Brom- absorption	Entwickelter Bromwasser- stoff
Trinidadasphalt, rein	6,16	30,42	12,19
„ „	6,16	29,99	12,58
Bermudezasphalt, weich	5,23	29,71	19,25
„ „	5,23	24,22	15,31
„ weicher	5,87	21,80	13,74
„ „	5,87	32,69	18,89
„ noch weicher	—	20,83	12,49
„ „ „	—	26,78	15,74
Pennsylvaniasresiduen	0,60	20,80	16,40
„	0,46	22,15	15,82
Ohioresiduen	2,26	34,07	19,72
„	2,07	33,41	11,23

Aus der vorstehenden Zusammenstellung ergibt sich aber, daß derartige Beziehungen nicht vorhanden sind, vielmehr Asphalte und Asphaltsubstanzen mit viel geringerem Schwefelgehalt eine höhere Bromabsorption zeigen können. Richardson vermutet daher, daß die Bromzahlen der Asphalte usw. von der Natur der Kohlenwasserstoffe, aus denen sie zusammengesetzt sind, abhängig sind.

Später haben dann Lunge und Křepelka²⁾ die Jodzahlen einer Anzahl der hierher gehörigen Substanzen bestimmt und sind zu folgenden Resultaten gelangt:

	J o d z a h l	
	Einzelresultate	Mittel
Asphalte:		
Reinbithumen von Limmerasphalt	23,37	} 23,37
„ „ „	23,37	
„ „ Lobsannasphalt	35,01	} 33,84
„ „ „	34,67	
„ „ Seysselasphalt	44,36	} 44,33
„ „ „	44,30	
„ „ Val de Traversasphalt	26,45	} 26,53
„ „ „ „ „	26,62	
„ „ Bermudezasphalt	46,18	} 46,28
„ „ „	46,38	
„ „ Tatarosasphalt	39,52	} 39,71
„ „ „	39,90	

¹⁾ Křepelka, Inaugural-Dissertation, S. 48. — ²⁾ Ebenda.

	Jodzahl	
	Einzelresultate	Mittel
Asphalte:		
Reinbitumen von Trinidadasphalt	54,04	} 54,10
" " "	54,16	
" " Sebenicoasphalt	46,82	} 46,99
" " "	47,07	
Asphaltite:		
Reinbitumen von Gilsonit, Utah	46,54	} 46,68
" " "	46,83	
Erdölresiduen:		
Reinbitumen von galizischem Petrolpech	45,02	} 44,79
" " " "	44,56	
" " Petrolpech unbekannt. Herkunft	44,02	} 44,26
" " " " "	44,50	
" " Wietzer Petrolpech	52,18	} 52,02
" " " "	51,86	
" " Beaumontresiduen	47,09	} 46,97
" " "	46,85	
Steinkohlenteerpech:		
Reinbitumen von Hartpech	64,39	} 64,39
" " "	64,40	
" " Weichpech	69,34	} 69,34
" " "	69,34	

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß es sich hier um eine Addition von Jod keineswegs um eine Substitution handelt, denn das Auftreten von Jodwasserstoff ist nicht nachzuweisen. Dies rechtfertigt den Schluß, daß eine Anlagerung von Jod an ungesättigte Kohlenwasserstoffe stattfindet.

Säurezahl der Asphalte. Nach Untersuchungen von Marcusson ¹⁾ kann man die Säuren aus Asphalten, die sich schon durch die Säurezahlen ihrer Destillate verraten (in Destillaten von Trinidadasphalt 5 bis 14, in Petrolasphalten fast Null), durch fraktionierte Fällung abscheiden, und er fand danach, daß z. B. Trinidadasphalt-Bitumen über 12 Proz. Gesamtsäuren bzw. verseifbare Bestandteile enthält. Frei von verseifbaren Bestandteilen sind überhaupt keine Asphalte, auch künstliche nicht, nur sind ihre Säurezahlen wesentlich geringer als die der natürlichen Asphalte. Näheres darüber wird im analytischen Teil ausgeführt werden.

Die Produkte der trockenen Destillation von Asphalten und Asphaltiten sind mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Werden diese Körper in der Retorte erhitzt, so tritt zunächst Schmelzen ein und bis gegen 300° treten Dämpfe auf, die sich im Kühler zu einer fast farblosen Flüssigkeit von erdölartigem Geruch verdichten. Gegen 300° bemerkt man die eintretende Zersetzung am Entweichen großer Mengen von Schwefelwasserstoff und der Veränderung des Geruches des Destillates. Der Rückstand bildet eine poröse, aufgeblähte Kohle, deren Menge nach Richardson (a. a. O.) für die einzelnen Asphalte und ihre Beurteilung charakteristisch ist.

¹⁾ Chem. Ztg. 1912, Nr. 84.

Die Produkte der trockenen Destillation des Asphalts vom Val de Travers wurden von Völckel¹⁾ untersucht. Das braun gefärbte Rohöl wurde mit Kalilauge gewaschen und darauf im Dampfstrom übergetrieben. Nach dem Waschen des Destillats mit konzentrierter Schwefelsäure wurde es der fraktionierten Destillation unterworfen, wobei die in nachfolgender Tabelle näher charakterisierten Fraktionen erhalten wurden:

	1	2	3	4	5	6
Siedepunkt . .	90—120 ^o	120—150 ^o	150—180 ^o	180—200 ^o	200—220 ^o	220—250 ^o
Spez. Gew. . .	0,784	0,790	0,802	0,817	0,845	0,867
Kohlenstoff . .	87,56 Proz.	87,56 Proz.	87,31 Proz.	87,34 Proz.	87,48 Proz.	87,40 Proz.
Wasserstoff . .	12,34 „	12,50 „	12,59 „	12,69 „	12,60 „	12,40 „

Die Öle besitzen somit sämtlich die gleiche prozentische Zusammensetzung, für welche sich die Formel C_6H_{10} bzw. $n(C_6H_{10})$ berechnet. Sie gehören sonach der Reihe C_nH_{2n-2} (Acetylenreihe) an.

Ähnliche Resultate erhielt Delachanal²⁾ bei der Destillation eines Asphalts vom Toten Meer mit einem Gehalt von etwa 3 Proz. Schwefel. Zu Anfang entweichen große Mengen von Schwefelwasserstoff und gasförmigen Produkten, während ein dunkles Öl übergeht, das bei der Rektifikation farblose Destillate vom Siedep. 110 bis 360^o liefert, die den Destillationsprodukten des Erdöls ähnlich sind.

Die Richtigkeit der Angaben Völckels betreffend den Wasserstoff- und Schwefelgehalt der Öle muß stark bezweifelt werden, da die leichteren Fraktionen stets wasserstoffreicher sind als die schwersiedenden, was schon in ihrem spezifischen Gewicht zum Ausdruck kommt, und aus schwefelhaltigen Produkten stets auch schwefelhaltige Destillate erhalten werden, niemals aber eine vollständige Abspaltung des Schwefels als Schwefelwasserstoff eintritt. Dies beweisen auch die weiter unten folgenden Versuche Kayzers.

Thenius³⁾ destillierte Asphaltstein von Seefeld (Tirol), A in stehenden, B in liegenden Retorten, C mit überhitztem Dampf. Er erhielt einen Teer vom spez. Gew. 0,960, der bei der Destillation folgendes Ergebnis lieferte:

	A		B		C	
	Proz.	Spez. Gew.	Proz.	Spez. Gew.	Proz.	Spez. Gew.
Leichtes Öl	6,2	0,868—0,925	21,8	0,820—0,850	12,5	0,825—0,850
Schweres Öl	21,0	0,925—0,960	21,8	0,850—0,900	25,2	0,850—0,900
Schmieröl	33,3	0,960—0,980	37,5	0,900—0,930	36,4	0,900—0,930
Asphalt	32,1	—	12,2	—	18,1	—
Gas und Verlust . .	7,4	—	6,7	—	7,8	—
	100,0		100,0		100,0	

¹⁾ Ann. Chem. Pharm. 87, 139. — ²⁾ Compt. rend. 97, 491. — ³⁾ Vgl. Perutz, Industrie der Mineralöle, Wien 1868, S. 85.

Wurden die Rohöle vor der Destillation mit Schwefelsäure und Natronlauge gereinigt, so ergaben sie bei der Destillation:

	A		B	
	Proz.	Spez. Gew.	Proz.	Spez. Gew.
Leichtes Öl	10,5	0,850—0,890	16,0	0,790—0,820
Schweres Öl	22,5	0,890—0,930	18,0	0,820—0,860
Schmieröl	54,2	0,830—0,950	44,0	0,860—0,900
Reinigungs- und Destillationsverlust	2,0	—	22,0	—

Ein Trinidadasphalt lieferte nach Geßner¹⁾ bei der trockenen Destillation 62,0 Proz. an Ölen und 1,7 Proz. Paraffin (dieser Asphalt enthält nur 56 Proz. Bitumen und ist paraffinfrei!), während ein Asphalt von Kuba, der von Weil²⁾ untersucht wurde, folgende Endprodukte ergab:

Helles Leuchtöl	4,20 Proz.
Paraffinöl	17,23 „
Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe	0,80 „
Rohparaffin	5,35 „
Ammoniakwasser	3,05 „
Leuchtgas	9,00 „

Der Teer aus Barbadosasphalt (vermutlich Manjac) wurde von Humphrey³⁾ untersucht und enthielt:

Rohöl vom spez. Gew. 0,912	50 Proz.
„ „ „ „ 0,927	40 „
Wasser	5 „
Koks	5 „

Asphalt bzw. Asphaltit von vorher bekannter Zusammensetzung hat R. Kayser (a. a. O.) der trockenen Destillation unterworfen, nämlich Trinidadasphalt und syrischen Asphalt, beide mit einem Gehalt von 10 Proz. Schwefel. Die die Destillation begleitenden Erscheinungen sind die gleichen, wie eingangs geschildert. Beim syrischen Asphalt entweichen dabei etwa 6 Proz. des im Rohmaterial enthaltenen Schwefels als Schwefelwasserstoff, während 46 Proz. (bei Trinidadasphalt 50 Proz.) eines braungefärbten, nach Knoblauch riechenden Öls von starkem Lichtbrechungsvermögen übergehen, welches Schwefel, Kautschuk, Guttapercha und Asphalt schon in der Kälte, leichter beim Erwärmen löst.

Die Elementaranalyse der Rohöle ergab folgende Werte:

	Syrischer Asphalt Proz.	Trinidadasphalt Proz.
Kohlenstoff	80,68	80,43
Wasserstoff	12,09	12,24
Schwefel	6,68	7,04

¹⁾ Vgl. Perutz, Industrie der Mineralöle, Wien 1868, S. 87. — ²⁾ Ebenda. — ³⁾ Ebenda, S. 88.

In ihrer prozentischen Zusammensetzung zeigen die beiden Öle keinen Unterschied. Ohne weitere chemische Reinigung der fraktionierten Destillation unterworfen ergab das Rohöl des syrischen Asphalts 10 Fraktionen von annähernd konstantem Siedepunkt und gelblicher bis bräunlicher Farbe, welche bei der Elementaranalyse und Schwefelbestimmung folgende Zahlen lieferten, aus denen Kayser die danebenstehenden Formeln ableitet:

Nr.	Siedepunkt ° C	C Proz.	H Proz.	S Proz.	Formel	Reihe
1	96	71,67	12,46	14,71	$C_{12}H_{24}S$	$C_nH_{2n}S$
2	158	81,69	12,67	5,09	$C_{30}H_{70}S$	$C_nH_{2n-8}S$
3	170	81,28	12,37	5,68	$C_{38}H_{66}S$	$C_nH_{2n-10}S$
4	188	82,54	12,11	5,10	$C_{40}H_{68}S$	$C_nH_{2n-12}S$
5	221	82,07	11,20	7,03	$C_{36}H_{58}S$	$C_nH_{2n-14}S$
6	225	81,39	11,40	6,90	$C_{35}H_{58}S$	$C_nH_{2n-12}S$
7	229	82,37	11,25	6,47	$C_{36}H_{56}S$	$C_nH_{2n-14}S$
8	233	82,89	11,03	5,75	$C_{36}H_{56}S$	$C_nH_{2n-16}S$
9	240	82,83	11,07	5,84	$C_{36}H_{56}S$	$C_nH_{2n-16}S$
10	260	83,73	11,27	5,76	$C_{36}H_{54}S$	$C_nH_{2n-18}S$

Bezüglich der mutmaßlichen Konstitution dieser Produkte verweist Kayser auf das von Anderson¹⁾ durch Destillation von Leinöl mit Schwefel erhaltene Schwefelodmyl, C_4H_8S , das einen ähnlichen Geruch zeigt, und das Kolbe²⁾ als eine Butylverbindung ansieht, die zum Butylen in einer ähnlichen Beziehung steht, wie die Schwefelallylverbindungen zum Allylwasserstoff, sowie auf das von Hlasiwetz³⁾ durch Destillation der Asa foetida mit Wasser erhaltene Öl, das in Geruch und Zusammensetzung ($C_{12}H_{22}S$ und $C_{12}H_{22}S_2$) mit den Destillaten des syrischen Asphalts eine große Ähnlichkeit aufweist. Kolbe⁴⁾ ist geneigt, das Radikal desselben als isomer oder identisch mit Caproyl anzunehmen. Man wird aber wohl kaum erwarten dürfen, daß die von Kayser erhaltenen Fraktionen in der Tat einheitliche Körper gewesen sind.

Endlich ist auch noch der völlig schwefelfreie und unlösliche Asphalt von Benthaim von C. Engler⁵⁾ auf die Produkte seiner pyrogenen Zersetzung, freilich mehr im technischen Sinne, untersucht worden. Der Asphalt, den wir kaum mehr für einen Asphaltit, geschweige denn für einen Asphalt ansprechen dürfen, verhält sich bei der trockenen Destillation im allgemeinen wie geschildert; er liefert dabei Gase (aber keinen Schwefelwasserstoff) und Teer im folgenden Verhältnis:

	I Proz.	II Proz.	III Proz.	IV Proz.
Gas und Wasser . . .	24	20	20,5	25,25
Koks	48	47	45	46,90
Teer	38	33	34,5	28,66

¹⁾ Journ. f. prakt. Chem. **42**, 1, 1847. — ²⁾ Ausführl. Lehrb. d. org. Chem. **1**, 387, 1854. — ³⁾ Ann. Chem. Pharm. **71**, 23. — ⁴⁾ A. a. O. **3**, 325 u. 378. — ⁵⁾ Dingl. polyt. Journ. **250**, 265 u. ff.

Das spezifische Gewicht des Teers beträgt etwa 0,835 bei 44° C. Er liefert bei der Destillation in Prozent des Asphalts:

An Leichtölen, spez. Gew. 0,800	10,72	Proz.
„ Gas- und Schmierölen, spez. Gew. 0,864	9,78	„
„ Paraffin, Schmelzp. 51° C	1,50	„
„ Paraffinschmiere	0,65	„
„ Retortenkoks	46,09	„
„ Teerkoks	0,86	„
„ Brandharzen (bei der Ölreinigung)	1,52	„
„ Gas und Wasser	28,88	„
	100,00 Proz.	

Die leichten, unter 150° siedenden Fraktionen bestehen aus Kohlenwasserstoffen der Fettreihe, Gasolin, Petroleumäther, Ligroin, Benzin und enthalten geringe Mengen aromatischer Substanzen. Die Mittelfraktion (Leuchtöl) von 150 bis 310° übergehend, spez. Gew. 0,795, besteht ebenfalls im wesentlichen aus Fettkohlenwasserstoffen mit geringen Mengen aromatischer Öle. Der Rest enthält Paraffine, Schmieröle und liefert noch 10 bis 11 Proz. Teerkoks.

Diese Resultate decken sich im wesentlichen mit den einerseits von Völckel, Delachanal, Thenius, Geßner, Weil und Humphrey mit anderen Asphalten erhaltenen und andererseits mit denen, welche man bei der pyrogenen Zersetzung der Erdölresiduen erhalten hat. Bei letzteren kann der Vorgang so gut wie aufgeklärt gelten, und man wird kaum fehlgehen, wenn man annimmt, daß auch bei der pyrogenen Zersetzung der Asphalte und Asphaltite die gleichen Vorgänge Platz greifen, bzw. die Zersetzung der gleichen Körperklassen in Frage kommt.

Wie Engler und nach ihm Zaloziecki¹⁾ gezeigt haben, bestehen die hochsiedenden Teile der Erdöle aus ungesättigten Kohlenwasserstoffen, hauptsächlich Olefinen und deren Polymerisationsprodukten. Die Zersetzung dieser Substanzen beginnt schon wenig über 200°, indem aus den schwefelsäurelöslichen Rückständen einerseits in Schwefelsäure unlösliche Paraffine und wahrscheinlich Polymethylene (Naphthene usw.), andererseits in Schwefelsäure lösliche, also ungesättigte Kohlenwasserstoffe entstehen. Bei 300° beginnt schon die Abscheidung von Gasen, Äthylen und Sumpfgas, bis bei noch höherer Temperatur die Abspaltung von Wasserstoff eintritt, womit die Äthylengasentwicklung ihr Ende erreicht hat, während Methan und Wasserstoff noch gleichzeitig auftreten.

Bei der Verarbeitung galizischer Rückstände, die bekanntlich großenteils der allgemeinen Formel C_nH_{2n} entsprechen, beobachtete Engler, daß bei der Rektifikation der erhaltenen Destillate mehr als die Hälfte bei Temperaturen übergeht, die weit unterhalb derjenigen liegen, bei welcher sie während der Destillation der Rückstände überdestilliert waren. Zwei Fraktionen, die zuerst bei 315 und 330° überzugehen anfangen, beginnen bei der zweiten Destillation bereits bei 80 und 82° zu sieden und liefern 25 bzw. 30 Proz. unter 200° siedender Öle. Dabei steigt der Gehalt der Einzelfractionen an ungesättigten Kohlenwasserstoffen mit steigender Siedetemperatur derselben von 33 auf 48 Proz., während andererseits der Gehalt an gesättigten Verbindungen von

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1897, S. 590.

77 auf 52 Proz. fällt. Da die Flüchtigkeit der Kohlenwasserstoffe gleicher Reihen mit deren Wasserstoffgehalt steigt, müssen die schwerstflüchtigen, besonders die letzten Residuen, am ärmsten an Wasserstoff und am reichsten an Kohlenstoff sein. In der Tat haben Prunier und Varenne¹⁾ aus Erdrückständen Kohlenwasserstoffe isoliert, welche den allgemeinen Formeln nC_7H und nC_9H entsprechend konstituiert sind²⁾.

Das Vorhandensein ähnlicher, wenn auch nicht so hoch kondensierter Kohlenwasserstoffe wird man auch in den härtesten, nur erweichbaren Bestandteilen der Asphalte und Asphaltite voraussetzen dürfen.

3. Die näheren Bestandteile der Asphalte und Asphaltite.

Aus der großen Anzahl von Elementaranalysen, die über das reine Bitumen dieser Substanzen vorliegen, dürfen wir schließen, daß wir es im allgemeinen hauptsächlich mit komplexeren Kohlenwasserstoffen zu tun haben, denen untergeordnete Mengen organischer Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen vergesellschaftet sind. Ihr Verhalten gegen Brom und Jod, sowie bei der trockenen Destillation gibt uns weitere Fingerzeige, aber am meisten dürfen wir natürlich von einer Zerlegung in einzelne, in ihrer Natur unveränderte Körpergruppen von ähnlichen Eigenschaften durch geeignete Lösungsmittel erwarten, weil in diesen die Anzahl der vorhandenen Individuen immer geringer wird.

Dieses Prinzip der sukzessiven Extraktion durch Solvenzien, bei dem man im allgemeinen so vorgeht, daß man mit demjenigen von geringster Lösbarkeit beginnt und mit anderen nach deren steigender Lösekraft weiterfährt, ist schon verhältnismäßig früh auf die Trennung der Bestandteile des Asphalts angewendet worden, und wenn es auch anfangs zu Trugschlüssen führte, so hat es doch durch die fortschreitende Entwicklung der Methoden schließlich zu großen Erfolgen geführt.

Schon Boussingault (a. a. O.) hat den erdteerartigen Asphalt von Pechelbronn durch Extraktion mit siedendem Alkohol, vollständiger durch Destillation mit Wasserdampf oder im Kohlensäurestrom bis 250° in zwei verschiedene Bestandteile zerlegt, einen flüssigen von der Zusammensetzung $C_{10}H_{32}$, den er Petrolen nennt und der den Hauptbestandteil des Petroleums ausmacht, und einen festen von der Formel $C_{20}H_{22}O_3$, von ihm als Asphaltin bezeichnet, der alle Eigenschaften des reinen Asphalts zeigt und nach ihm aus Petrolen durch Oxydation entstanden ist. Boussingault hielt diese Substanzen für reine Körper und isomer mit Terpentinin, Zitronenöl und Kopaivabalsam, die aber ihrerseits selbst wieder keine einheitlichen Stoffe sind.

Kayser (a. a. O.) zeigte später bei der sukzessiven Extraktion verschiedener Asphalte, unter anderen auch des Erdteers von Pechelbronn, durch Alkohol, Äther und Chloroform, daß die Anschauungen Boussingaults falsch waren. Es konnte mit Alkohol wohl das Petrolen mit allen Eigenschaften und der Zusammensetzung, wie sie jener Forscher festgestellt hatte, isolieren, dagegen wies das Asphaltin, welches Boussingault als ein Oxydationsprodukt des Petrolens ansehen zu müssen glaubte, keinen Sauerstoff, wohl aber einen Gehalt von gegen 15 Proz. an Schwefel auf, den ersterer übersehen

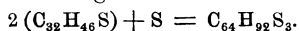
¹⁾ Compt. rend. **90**, 1006. — ²⁾ Muspratt, Enzykl. Handb. d. techn. Chem. 4. Aufl., **6**, 2204 u. ff.

hatte, so daß ihm nach der Elementaranalyse die Formel $C_{25}H_{40}S_2$ zukommt. Kayser faßt daher den Asphalt von Pechelbronn als eine Auflösung dieses geschwefelten Kohlenwasserstoffs, des Asphaltens, in einem flüssigen, schwefelfreien Kohlenwasserstoff, der in dem Gemisch in weit überwiegender Menge vorhanden ist, auf.

Auf die gleiche Weise untersuchte Kayser noch einige andere Asphalte und Asphaltite und erhielt bei einem Trinidadasphalt einen in Alkohol löslichen Teil von der Zusammensetzung $C_{20}H_{30}S$, einen ätherlöslichen $C_{22}H_{34}S$ und einen ätherunlöslichen Rückstand $C_{32}H_{42}S_2$, die demnach den allgemeinen Formeln der Kohlenwasserstoffe, C_nH_{2n-8} , C_nH_{2n-10} und C_nH_{2n-16} , entsprechen, so daß also in den beiden ersteren je H_2 durch S , in letzterem H_4 durch S_2 ersetzt sind. Ein ähnliches Resultat ergab ein Asphalt von Maracaibo. Er hat auch zwei Asphaltite, einen Manjac von Barbados, sowie syrischen Asphalt auf die gleiche Weise mit demselben Erfolg untersucht; die Produkte der Extraktion in der obigen Reihenfolge ergeben Zusammensetzungen nach den Formeln $C_{32}H_{46}S$, $C_{64}H_{92}S_3$ und $C_{32}H_{42}S_2$, welche den allgemeinen Formeln der Kohlenwasserstoffe C_nH_{2n-16} , C_nH_{2n-30} und C_nH_{2n-8} entsprechen, in denen je H_2 , H_6 und H_4 durch S , S_3 und S_2 substituiert sind.

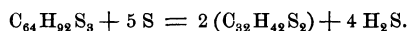
Kayser betrachtet diesen Asphaltit als Gemenge eines schwefelfreien, festen Kohlenwasserstoffs von der Formel $C_{30}H_{50}$ mit einem geschwefelten, gleichfalls festen Kohlenwasserstoff, dessen Zusammensetzung nicht ermittelt wurde. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß wir es bei den von Kayser solierten Körpern keineswegs mit chemisch wohlcharakterisierten, einheitlichen Substanzen zu tun haben. Im günstigsten Falle können es Gruppen von einzelnen Körpern sein, die gegen das betreffende Lösungsmittel annähernd dasselbe Verhalten zeigen. In diesem Licht betrachtet, bilden die späteren Arbeiten von Valenta¹⁾ mit syrischem Asphalt doch eine gewisse Bestätigung der Ansichten Kayzers. Dieser Forscher untersuchte die Ursachen der Lichtempfindlichkeit des syrischen Asphalts, wobei er die Beobachtungen Kayzers, daß die Lichtempfindlichkeit der einzelnen Bestandteile mit deren Schwefelgehalt steigt, bestätigt fand, daß also das alkohollösliche $C_{32}H_{48}S$ nicht lichtempfindlich ist (von Valenta α -Harz genannt), das ätherlösliche $C_{64}H_{92}S_3$ (β -Harz) eine beträchtliche und das γ -Harz, $C_{32}H_{42}S_2$, die größte Lichtempfindlichkeit zeigt. Das Vorkommen dieser drei Schweflungsstufen, bei denen auch Valenta nicht an reine Körper denkt, nebeneinander legte den Gedanken nahe, daß es möglich ist, die beiden niedrigen Schweflungsstufen in die hochgeschwefelte, stark lichtempfindliche Stufe überzuführen. Dies gelang denn auch Valenta in der Tat, als er eine Lösung von syrischem Asphalt in Cumol mit der berechneten Menge Schwefel am Rückflußkühler bis zum Verschwinden der Schwefelwasserstoffentwicklung kochte. Die chemische und spektroskopische Untersuchung des von Cumol befreiten Reaktionsproduktes zeigte, daß das α -Harz verschwunden und vom β -Harz nur noch sehr geringe Mengen vorhanden waren, während sich die Menge des in Alkohol und Äther unlöslichen γ -Harzes entsprechend vermehrt hatte.

Der hier eintretende Vorgang scheint nach Valenta der zu sein, daß schon beim Erhitzen der Lösung auf 100° das α -Harz durch einfache Addition von Schwefel in das β -Harz übergeht:



¹⁾ Phot. Korr. 28, 314; Chem.-Ztg. 1891, Rep., S. 254.

Beim Siedepunkt des Cumols (170°) geht dann auch das β -Harz unter Austritt von Schwefelwasserstoff in das stark lichtempfindliche γ -Harz über:



Im Gegensatz zu Kayzers Resultaten betrachtet H. Endemann¹⁾ den Schwefel als rein zufälligen, nicht chemisch gebundenen Bestandteil der Asphalte, die er im übrigen, wie Boussingault, als aus flüssigen, leicht flüchtigen und chemisch indifferenten Kohlenwasserstoffen, den Petrolenen, und darin gelösten festen Sauerstoffverbindungen, den Asphaltenen, zusammengesetzt betrachtet. Die Kohlenwasserstoffe des Petrolens entsprechen den allgemeinen Formeln $\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$ und enthalten auch Paraffine. Bei der Destillation geht etwa $\frac{1}{3}$ zwischen 260 bis 320° über und besitzt starken Asphaltgeruch, während die höher siedenden Anteile fast geruchlos sind.

Demgegenüber weist S. F. Peckham²⁾ mit Recht auf den Mißbrauch hin, der mit den Begriffen Petrolen und Asphalten getrieben wird, besonders auch, da nicht zwei Asphalte verschiedener Provenienz in ihrer Zusammensetzung einander gleich sind. Auch Clifford Richardson³⁾ bezweifelt die Richtigkeit der Endemannschen Angaben mit Rücksicht darauf, daß alle Asphalte Schwefel und daneben noch Stickstoff in organisch gebundener Form enthalten, welche von Endemann gar nicht berücksichtigt werden.

Peckham sowohl als auch insbesondere Richardson haben durch die Untersuchung einer großen Anzahl Asphalte und Asphaltite unsere Kenntnis über die einzelnen Bestandteile dieser Körper am meisten gefördert, und wenn diese Untersuchungen auch in erster Linie der technischen Brauchbarkeit, namentlich für die Straßenpflasterung, gegolten haben, so haben sie uns doch gleichzeitig einen wissenschaftlichen Einblick in die Natur dieser interessanten Körperklasse ermöglicht, der als Grundlage für weitere Forschungen die endgültige Lösung dieser Frage in Aussicht stellt.

Richardson⁴⁾ schlug bei seinen Untersuchungen gleichfalls den Weg der sukzessiven Extraktion und Zerlegung in einzelne Körpergruppen ein. Durch siebenstündiges Erhitzen auf 180° C werden die bis zu dieser Temperatur flüchtigen Bestandteile, welche Richardson „Petrolene“ nennt, ausgetrieben. Die Extraktion des Rückstandes mit Petrolnaphtha von 88° Bé (spez. Gew. 0,6442, von 25 bis 70° C etwa 90 Proz. übergehend) bzw. 62° Bé (spez. Gew. 0,7290) ergibt die zweite Fraktion, die als „Malthene“ bezeichnet wird. Es folgt die Extraktion mit Tetrachlorkohlenstoff bei Lufttemperatur, aus der die dritte Gruppe der „Asphaltene“ resultiert. In den meisten Fällen ist damit die Extraktion erschöpft; bei manchen Asphalten und Asphaltiten findet sich noch ein Teil des Bitumens, der nicht in kaltem Tetrachlorkohlenstoff, wohl aber in Schwefelkohlenstoff von Lufttemperatur löslich ist, den Richardson unter der Bezeichnung „Carbene“ zusammenfaßt. Die in diesen Solvenzien unlösliche organische Substanz, die sich fast in allen hierhergehörigen Substanzen vorfindet, wird als „Nichtbitumen“ betrachtet.

Die „Petrolene“, welche sich vorwiegend in den weichen, erdteerartigen Varietäten der Asphalte oft in überwiegender Menge, dagegen nicht oder doch nur in Spuren in den Asphaltiten vorfinden, sind identisch mit den korrespondierenden Bestandteilen des Erdöls und bestehen in der Hauptsache (bis

¹⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. **15**, 222 u. ff.; **16**, 121 u. ff.; **17**, 1003. — ²⁾ Vgl. Křepelka, 9. — ³⁾ Chem. Centralbl. **1**, 784, 1897. — ⁴⁾ The mod. Asph. Pavem.

zu 80 Proz.) aus den gesättigten Kohlenwasserstoffen der Methanreihe, etwa von C_9H_{20} bis $C_{12}H_{26}$, deren Zusammensetzung innerhalb folgender Grenzen schwankt:

C = 84,4 bis 84,7 Proz.

H = 15,6 „ 15,3 „

Die von Richardson als „Malthene“ bezeichnete Fraktion besteht aus einem weichen Bitumen, welches weniger Schwefel als die Asphaltene enthält und beim Erhitzen letztere hinterläßt, auch mit der Zeit durch Polymerisation usw. freiwillig in Asphaltene übergeht. Die Malthene, namentlich deren in Naphtha von 88° Bé löslichen Bestandteile, können zum größten Teil im Vakuum verflüchtigt werden. Der Gehalt der von Richardson untersuchten Gesamtbitumen an Malthenen schwankt bei den Asphalten von 53 (Maracaibo) bis 73 Proz. (Trinidad); in den Asphaltiten bleibt er meist beträchtlich hinter dem Gehalt an Asphalten zurück und beträgt etwa 36 bis 40 Proz. für Gilsonit, syrischen Asphalt und Manjac, 0,7 bis 3,4 Proz. für Grahamit und 0,0 bis 23,4 Proz. für Albertit.

Die Malthene bestehen aus gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen, sowie deren Schwefel- und Stickstoffverbindungen. Bei Trinidadasphalt beträgt der Gehalt der Malthene an gesättigten Kohlenwasserstoffen etwa 25 Proz. vom Gesamtbitumen. Es gelang Richardson, denjenigen mit niedrigstem Siedepunkt und kleinstem Molekulargewicht in reiner Form zu isolieren; er zeigt folgende Eigenschaften:

Siedepunkt bei 30 mm	165° C
Spezifisches Gewicht bei 25° C	0,8576
Refraktionsindex	1,4650
Kohlenstoff	86,85 Proz.
Wasserstoff	13,34 „

was der Formel $C_{13}H_{24}$ entspricht, die auch bei der Dampfdichtebestimmung gefunden wurde. Im Vergleich zu ihrem Siedepunkt und Molekulargewicht besitzen diese Kohlenwasserstoffe ein sehr hohes spezifisches Gewicht und starkes Lichtbrechungsvermögen; sie entsprechen keiner der bekannten Reihen von Kohlenwasserstoffen mit offener Kette und zeigen ein höheres spezifisches Gewicht als Naphthene vom gleichen Molekulargewicht. Man wird nicht fehlgehen, sie als aus di- oder polyzyklischen Polymethylenen bestehend anzusprechen, wie solche aus asphaltischen Ölen von Texas und Kalifornien isoliert worden sind.

Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe der Malthene des Trinidadasphalts sind löslich in konzentrierter Schwefelsäure und verharzen mit verdünnter Säure; ihre Zusammensetzung und Natur bedarf noch der Aufklärung, aber sie enthalten Alkylsulfide der Kohlenwasserstoffe bis hinauf zum Pentyl- und Hexylsulfid, sowie mercaptanartige Schwefelverbindungen, die durch Quecksilberchlorid gefällt werden und aus ihrem Sulfat sich durch Wasserdampf abtreiben lassen, wie solche von Mabery und Smith¹⁾ in schwefelhaltigen Erdölen nachgewiesen worden sind. Die Stickstoffverbindungen der Malthene bestehen nach Engler und MacGarvey²⁾ wahrscheinlich aus hydrierten Pyridinbasen; Richardson fand im Trinidadasphalt auch chinolinartige Verbindungen.

¹⁾ Amer. Chem. Journ. 1891, S. 232; Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1889, S. 3303.
— ²⁾ Inaug.-Diss. MacGarvey 1892, S. 16.

Zum Vergleich der elementaren Zusammensetzung der Malthene und Asphaltene des Trinidadasphalts mit jener des Gesamtbitumens desselben gibt Richardson folgende Zusammenstellung, aus der sich ergibt, daß die Schwefelderivate sich in der Hauptsache in den Asphaltene und nur in geringer Menge in den Malthene und in diesen wieder in den ungesättigten schwefelsäurelöslichen Anteilen vorfinden:

	Malthene Proz.	Asphaltene Proz.	Gesamtbitumen Proz.
Kohlenstoff	84,6	82,0	82,33
Wasserstoff	11,3	7,8	10,69
Schwefel	2,9	10,9	6,16
Stickstoff	0,6	—	0,81
	99,4	100,7	99,99

Umgekehrt scheint die Hauptmenge der Stickstoffverbindungen der Gruppe der Malthene anzugehören.

Die Kohlenwasserstoffe der Malthene der Asphaltite scheinen gänzlich verschieden zu sein von denen der Asphaltene. Sie bestehen fast nur aus ungesättigten Kohlenwasserstoffen (z. B. bei Gilsonit), und diese Tatsache unterscheidet die Asphaltite, abgesehen von ihrem geringeren Gehalt an Malthene, von den Asphaltene und macht ihre größere Härte verständlich.

Die Asphaltene sind von spröder und harter Beschaffenheit; sie schmelzen nicht beim Erhitzen, sondern blähen sich nur unter Zersetzung auf, wobei sie etwa 25,8 Proz. poröse Kohle hinterlassen, ungefähr dieselbe Menge, welche auch der Grahamit beim Glühen im Tiegel liefert, mit dem sie auch sonst bis auf ihren geringeren Schwefelgehalt eine große Ähnlichkeit besitzen. Sie müssen als die Polymerisationsprodukte der ungesättigten Kohlenwasserstoffe der Malthene betrachtet werden, wobei wahrscheinlich auch der Schwefel eine große Rolle gespielt hat. Je höher der Schwefelgehalt der Asphaltene ist, desto größer ist auch ihre Härte und Sprödigkeit. Wahrscheinlich bestehen sie aus einem Gemisch von geschwefelten und nicht geschwefelten hochmolekularen Kohlenwasserstoffen im Sinne der Kayser'schen Anschauungen.

Das würde auch im Einklang stehen mit Resultaten, welche Engler¹⁾ und Al. Flachs²⁾ bei der Untersuchung eines Bitumens aus dem Lias E bei Reutlingen sowie dem Asphalt von Pechelbronn erhalten haben. Dieses Bitumen vom spez. Gew. 0,9714 erwies sich bei der sukzessiven Extraktion nach einem besonderen Verfahren als bestehend aus einem bei 44° schmelzenden, in viel Alkohol löslichen Paraffin von kristallinischer Struktur und der Zusammensetzung C = 85,45, H = 14,49, sowie einem schwefelfreien, in dem leichtesten Ligroin löslichen Pech und einem unlöslichen, schwefelhaltigen Asphalt, deren Zusammensetzung im Vergleich zu dem ursprünglichen Bitumen die folgende ist:

	Asphalt Proz.	Pech Proz.	Ursprüngliches Bitumen Proz.
Kohlenstoff . . .	78,85	84,92	80,77
Wasserstoff . . .	9,59	10,85	11,10
Stickstoff . . .	1,36	—	1,32
Schwefel . . .	} 11,20	—	1,13
Sauerstoff . . .		{ 4,23	5,68 (Diff.)

¹⁾ Verh. d. naturwiss. Vereins XV, Karlsruhe 1902. — ²⁾ Inaug.-Diss., Basel 1902.
Köhler, Asphaltene. 2. Aufl.

Nach Richardson sind die Asphaltene des Trinidadasphalts vollkommen löslich in konzentrierter Schwefelsäure, enthalten mithin kein Paraffin. Über ihre Natur wissen wir bis heute noch nichts Positives.

Die Menge der in Tetrachlorkohlenstoff unlöslichen, aber in Schwefelkohlenstoff löslichen Carbene erreicht in den wahren Asphalten und Asphaltiten selten eine Höhe von mehr als 1,5 Proz. Nur im Bejucal- und Maracaiboasphalt hat Richardson in einzelnen Fällen einen Gehalt bis zu 14,3 bzw. 17,5 Proz. konstatiert. Unter den Asphaltiten charakterisiert sich namentlich der Grahamit durch seinen bis zu 80 Proz. ansteigenden Gehalt an Carbenen. Nach Richardson sind diese Kohlenwasserstoffe augenscheinlich weiter metamorphosiert als das Asphalten, oder gehören zu einer ganz verschiedenen Klasse von Kohlenwasserstoffen, über die uns noch nichts bekannt ist.

Unlösliche organische Substanz, welche Richardson als „Nicht-bitumen“ bezeichnet, findet sich in der Regel in nur wenigen Prozenten in den Asphalten und nur in Bruchteilen in den reineren Asphaltiten. In manchen Fällen, wie z. B. bei einem von Richardson untersuchten Bermudezasphalt, ist sie zweifellos vegetabilischen Ursprungs und akzessorisch aus der Pflanzenwelt der Umgebung in den Asphalt geraten. Im Albertit mit 75 bis 96,5 Proz. und vorzüglich im Asphalt von Bentheim bildet die unlösliche organische Substanz fast den alleinigen Bestandteil. Sie ist offenbar auch nicht immer von gleicher Natur; im Asphalt von Bentheim besteht sie nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, während sie im Albertit noch geringe Mengen von Schwefel enthält. Neuere Untersuchungen von Richardson haben aber gezeigt, daß organische Substanzen nicht bituminöser Art im Trinidadasphalt nicht enthalten sind. Was man früher als solche ansah, war nur das Hydratwasser des Tones, das beim Glühen des Rückstandes entwich und man deshalb für verbrennliche Substanz hielt. Daß der Trinidadasphalt selbst beim längeren Stehen im geschmolzenen Zustand die anorganischen Bestandteile nicht fallen läßt, ist geradezu charakteristisch für dieses Material. Man kann die Mineralbestandteile des Trinidadasphalts beinahe mit als konstituierende und nicht als zufällige Bestandteile ansehen.

Richardson¹⁾ erklärt sich ihre Entstehung auf dem Wege der Kondensation oder Oxydation und erwähnt, daß man die Bildung derselben künstlich im Laboratorium nachahmen kann, wenn man eine Lösung der Asphaltene des Trinidadasphalts mit Schwefelsäure behandle. Nach C. Engler²⁾ sind die unlöslichen Bitumen, auch in reiner Form, hochmolekulare Polymerisationsprodukte, die sich aus den Abbauprodukten der Fett-, Wachs- und anderer Reststoffe tierischen und pflanzlichen Lebens unter der Wirkung starken Druckes gebildet haben.

¹⁾ A. a. O., S. 159. — ²⁾ Engler-Höfer, Erdöl I, 31.

Fünftes Kapitel.

Der künstliche Asphalt, seine Entstehung, Eigenschaften und Zusammensetzung.

Der künstliche Asphalt¹⁾, wenn wir ihn im Sinne des reinen Bitumens auffassen und von künstlichen Mischungen für irgend welchen Zweck absehen, ist fast immer das Nebenprodukt eines Destillationsprozesses, und man hat auch aus diesem Grunde die Entstehung des natürlichen Asphalts auf einen gleichen, in der Natur sich abspielenden Prozeß von mancher Seite zurückgeführt.

Man weiß, daß nicht alle organischen Substanzen bei der Destillation unzersetzt flüchtig sind. Bei manchen derselben, namentlich solchen von komplizierterer Zusammensetzung, tritt durch die Wirkung der höheren Temperatur eine tiefgreifende Spaltung ein: es entweichen unkondensierbare Gase, und das flüssige Destillat zeigt ganz andere physikalische und chemische Eigenschaften als das ursprüngliche Material. Dabei bleibt im Destillationsgefäß ein Rückstand, der verschiedene Eigenschaften zeigen kann, je nach dem Grade der Zersetzung oder dem Zeitpunkt, wann die Destillation unterbrochen worden ist. Er ist weich, oder mehr oder weniger spröde, asphaltartig und unter Umständen löslich in den gebräuchlichen Lösungsmitteln bei nicht zu weitgehender, oder koksartig und unlöslich in allen Lösungsmitteln bei bis zu Ende geführter Zersetzung. Immer bildet er im Vergleich zum Ausgangsmaterial ein Produkt, in dem der Kohlenstoff sich in hohem Maße gehäuft, sogar teilweise in fast reiner Form ausgeschieden hat.

¹⁾ Literatur: „Die Industrie des Steinkohlenteers und des Ammoniaks“ 5. Aufl., von Dr. Georg Lunge und Dr. Hippolyt Köhler. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1913. — „Die Chemie des Steinkohlenteers“, 2. Aufl., von Dr. Gustav Schulz. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — „Kokerei und Teerprodukte der Steinkohle“, von Dr. A. Spilker. Halle a. S., Wilh. Knapp. — „Die Fabrikation der Mineralöle usw.“, von Dr. W. Scheithauer. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — „Das Erdöl (Petroleum) und seine Verwandten“, von Hans Höfer. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — „Das Erdöl (Petroleum) und seine Verarbeitung“, von Dr. Alexander Veith. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — „Die chemische Technologie der Brennstoffe“, von Dr. Ferdinand Fischer. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — „Das Erdwachs“, Ozokerit und Ceresin, von Dr. Josef Berlinerblau. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — „Die Braunkohlenteerindustrie“, von Dr. E. Graefe. Halle a. S., Wilh. Knapp. — „Die Braunkohlenteerindustrie“, von Dr. W. Scheithauer. Hannover, Jänicke. — „Laboratoriumsbuch für die Braunkohlenteerindustrie“, von Dr. E. Graefe. Halle a. S., Wilh. Knapp. — „Die Schwelteere“, von Dr. W. Scheithauer. Leipzig, Otto Spamer. — „Das Erdöl“, von C. Engler und H. v. Höfer. Leipzig, Hirzel.

Bei weitem die größten Mengen der als künstlicher Asphalt in Frage kommenden Nebenprodukte liefern die Produkte der trockenen Destillation der fossilen Brennstoffe (Steinkohle und Braunkohle), sowie die Destillation des Erdöls. Unter dem Prozeß der trockenen Destillation versteht man die Erhitzung eines organischen Körpers bei Luftabschluß bis zur Zersetzung und Hinterlassung eines festen trockenen Rückstandes. Diese Art der Destillation erfolgt also schon von vornherein in der Absicht, die Körper zu zersetzen. Die organischen Körper liefern bei diesem Prozeß samt und sonders permanente Gase, ein kondensierbares Destillat und einen festen Rückstand, den sogenannten Koks, von denen ein jeder das Hauptprodukt bilden kann, dessen Erzeugung dem Prozeß zugrunde liegt.

So werden z. B. die Steinkohlen in den Retorten der Gasanstalten zum Zwecke der Leuchtgasbereitung und in den Koksöfen der Kokereien behufs Herstellung von Hüttenkoks destilliert; als wertvolle Nebenprodukte gewinnt man dabei im ersten Falle Koks, im zweiten Falle Gas, welches zur Heizung und Krafterzeugung, neuerdings auch zur Beleuchtung Verwendung findet, in beiden Fällen aber neben ammoniakalischem Wasser eine dunkelgefärbte, ölige Flüssigkeit, den sogenannten Steinkohlenteer. Leuchtgas und Koks sind also die Hauptprodukte, auf deren Erzeugung man bei der Destillation der Steinkohle hinarbeitet; niemals wird diese Destillation um des Teeres willen vorgenommen, der stets ein, wenn auch willkommenes, Nebenprodukt bleiben wird.

Anders liegen die Verhältnisse bei der trockenen Destillation der Braunkohlen. Dieser Prozeß, der ausschließlich in den sogenannten Teerschweereien ausgeführt wird, liefert gleichfalls neben einem brennbaren, in der Regel zum Heizen der Schwelretorten verwendeten Gas und einem festen kohligem Rückstand, dem sogenannten Grudekoks, einen von schwach ammoniakalischem, technisch wertlosem Wasser begleiteten Teer von butterartiger Konsistenz und braugelber Farbe, den sogenannten Braunkohlenteer. Aber hier ist der Teer, als Grundlage der Paraffin- und Mineralöl-Industrie, neben dem „Grudekoks“ das Hauptprodukt, gegen dessen Wert derjenige der Nebenprodukte zusammengenommen fast gänzlich verschwindet.

Ebenso wie der Braunkohlenteer ist auch der Steinkohlenteer der Gegenstand industrieller Verarbeitung im großartigsten Maßstabe und gibt in seinen wertvollsten Bestandteilen, den Benzolen, dem Naphthalin und Anthrazen, sowie der Carbonsäure die Basis für die hochentwickelte Industrie der Teerfarbstoffe und der künstlichen Arzneimittel. In den Nebenprodukten der Industrie des Steinkohlenteers und Braunkohlenteers im Verein mit denen der Verarbeitung des Erdöls besitzen wir aber die allein in Betracht kommenden Quellen für den künstlichen Asphalt. In der Industrie werden zwar auch noch andere organische Substanzen zum Zwecke der Nutzbarmachung der trockenen Destillation unterworfen, z. B. Holz, Torf, Knochen, bituminöse Schiefer usw., aber deren Teere liefern keine Nebenprodukte, die für die Verwendung als Asphaltsurrogate in Frage kommen können. Dagegen liefern andere Fabrikprozesse, die nicht auf dem Prinzip der trockenen Destillation beruhen, z. B. die Destillation des Harzes, des Stearins und der Fettsäuren in ihren Rückständen Produkte, die in vielen Fällen für diesen Zweck geeignet sind.

Die allgemeinen Eigenschaften der Teere sind bekannt; es sind mehr oder weniger dickflüssige, ölige, bituminöse Körper von eigentümlichem Geruch

und hellbrauner bis schwarzer Farbe, bald leichter, bald schwerer als Wasser, welche beim Anzünden mit stark rußender Flamme unter Hinterlassung einer aufgeblähten Kohle verbrennen. Beim Destillieren liefern sie Öle und hinterlassen in der Regel einen asphaltartigen oder bei fortgeschrittener Destillation koksartigen Rückstand. Wenn wir damit die allgemeinen Eigenschaften der in der Natur vorkommenden Bitumen, des rohen Erdöls, des Bergteers und des natürlichen Asphalts vergleichen, so finden wir eine merkwürdige Übereinstimmung, und wir können es jetzt leicht begreifen, wie auf Grund dieser Übereinstimmung früher die irrtümliche Anschauung Platz greifen konnte, daß die natürlichen Bitumen aus den fossilen Brennstoffen durch einen ähnlichen Prozeß der trockenen Destillation im großartigsten Maßstabe, der durch die Erdwärme oder lokale Erdbrände hervorgerufen sein konnte, entstanden seien.

Es kann nicht Aufgabe dieses Werkes sein, die Gewinnung der künstlichen Asphalte aus Steinkohlenteer, Braunkohlenteer und dem Destillationsrückstand des rohen Erdöls, Ozokerits usw. mit allen Einzelheiten eingehend zu beschreiben. Wir besitzen hierüber die eingangs angeführten vortrefflichen Spezialwerke, auf deren Inhalt verwiesen werden muß. Hier können wir diesen Gegenstand nur in allgemeinen Zügen streifen und müssen uns darauf beschränken, neben einer kurzen Beschreibung des Verlaufes der Destillation eine Charakteristik der außer dem künstlichen Asphalt dabei entfallenden Produkte zu geben, welche in der Asphaltindustrie sonst noch eine Rolle spielen.

Wenn wir in diesem Kapitel die aus Erdöl durch Destillation gewonnenen Rückstände oder die Produkte der weiteren Verarbeitung dieser letzteren mit zu den künstlichen Asphaltrechen, so weisen wir darauf hin, daß sie in der Industrie keineswegs als gleichwertig mit den natürlichen Asphaltrechen angesehen werden und auch in ihrer chemischen Zusammensetzung als abweichend betrachtet werden müssen, soweit sie nicht aus Ölen mit asphaltischer Basis stammen.

1. Der Asphalt aus Steinkohlenteer.

Der Steinkohlenteer ist das Produkt der trockenen Destillation der Steinkohle und wird als wertvolles Nebenprodukt im Kokerei- und Leuchtgasbetrieb gewonnen. Geringere Mengen von Steinkohlenteer minderwertiger Qualität werden beim Betrieb der Generatorgas- und Hochofenanlagen in stark aschehaltigem Zustande abgeschieden.

Wird die Steinkohle in den Retorten der Leuchtgasfabriken oder den Koksöfen der Kokereien auf hohe Temperaturen unter Luftabschluß erhitzt, so entweichen die flüchtigen Bestandteile derselben in gasförmigem Zustande, verunreinigt mit mehr oder minder großen Mengen mechanisch mitgerissener fester Bestandteile und zurück bleibt ein Koksrückstand, der, abgesehen von seinem Aschengehalt, aus nahezu reinem Kohlenstoff besteht. Durch Kondensation und Reinigung erhält man aus dem gasförmigen Zersetzungsprodukt brennbare Gase von hoher Heiz- und Leuchtkraft (Leuchtgas, Koksofengas), ein wässriges, ammoniakhaltiges Kondensat (Ammoniakwasser), sowie ein schweres, öliges Destillat, den Steinkohlenteer. Dabei zersetzt sich an den hochohitzten Wänden der Entgasungsapparate ein, bei den neueren Entgasungseinrichtungen allerdings nur sehr geringer Teil der gasförmigen Pro-

dukte unter Abscheidung von freiem Kohlenstoff, der von den Gasen mit fortgerissen und im Teer zur Abscheidung gebracht wird.

Der Steinkohlenteer bildet eine schwarze, mehr oder weniger viskose Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht 1,1 bis 1,28, das in der Hauptsache von seinem Gehalt an freiem Kohlenstoff abhängig ist. Teer aus Leuchtgasfabriken mit dem veralteten Horizontalretortenbetrieb enthält oft zwischen 20 und 30 Proz. freien Kohlenstoff, während solcher aus Vertikalretorten- oder Kammeröfen, und besonders aus Koksöfen, meist sehr geringe Mengen, oft nur wenige Prozent, selten über 5 bis 6 Proz. an solchem aufzuweisen hat. Dies hängt mit der Geschwindigkeit zusammen, mit der die Gase den heißen Ofenraum verlassen können. Die Reinheit des Steinkohlenteers kann demnach eine sehr verschiedene sein. Je nach Höhe der bei der Entgasung herrschenden Temperatur ändert sich auch das Mengenverhältnis der einzelnen Teerbestandteile, so daß bei den heißer und mit größerer Geschwindigkeit betriebenen Koksöfen ein dünnflüssiger, öhaltiger Teer erzeugt wird, während die Gasretorten älteren Systems einen bituminösen und infolge seines hohen Gehalts an freiem Kohlenstoff stark dickflüssigen Teer liefern.

Über die elementare Zusammensetzung des Steinkohlenteers geben folgende Analysen von Allner¹⁾ Aufschluß:

Gasteer aus	C Proz.	H Proz.	O + N Proz.	S Proz.
Saarkohle	92,48	4,44	2,83	0,25
Ruhrkohle	92,48	4,29	3,06	0,17
Schles. Kohle	92,37	4,59	2,79	0,25
Engl. Kohle	92,80	4,21	1,57	0,42
Im Durchschnitt . . .	92,53	4,38	2,56	0,27

Schlöpfer²⁾ hat die folgenden Elementaranalysen angegeben:

	C Proz.	H Proz.	O + N Proz.	S Proz.
Horizontalofenteer				
aus Saarkohle, Luzern	92,9	4,9	1,7	0,5
„ „ Basel	92,6	5,1	1,8	0,5
Schrägofofenteer				
aus Saarkohle, St. Gallen	92,2	5,9	3,4	0,5
„ „ Zürich	90,4	5,9	3,2	0,5
Vertikalofenteer				
aus engl. Kohle, Bern	88,8	6,8	3,8	0,6
„ Ruhrkohle, Zürich	88,8	6,8	4,7	0,5
„ „ Lausanne	87,9	6,8	4,4	0,9

Aus diesen Resultaten läßt sich deutlich der Einfluß des Entgasungsverfahrens auf den Gehalt des Teers an freiem Kohlenstoff erkennen.

Der Steinkohlenteer ist, wie der Asphalt, ein äußerst kompliziertes Gemisch von chemischen Verbindungen, von denen man aber bis heute bereits

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 1911, S. 1027. — ²⁾ Journ. of Gas Light 118, 297 (1912).

eine sehr große Anzahl im Zustande der Reinheit isoliert hat. Dagegen kennt man noch wenig über die Bestandteile der indifferenten Öle, die heute als Holzkonservierungsmittel oder für Heiz- und Kraftzwecke verwendet werden, und noch weniger über die Bestandteile des Pechs, jenes in Mengen bis zu 60 und mehr Prozent auftretenden Rückstandes bei der Destillation. Daß ein Teil dieser Bestandteile schon in der Kohle präformiert war und durch Destillation mit übergegangen ist, ist wenig wahrscheinlich, obgleich es nach neueren Untersuchungen zweifellos ist, daß die Steinkohle aromatische Substanzen enthält. Der Steinkohlenteer enthält außer einer großen Reihe von Kohlenwasserstoffen auch Stickstoff-, Schwefel- und Sauerstoffverbindungen derselben, was bei der Zusammensetzung der Kohle nur begreiflich ist. Nach Knublauch¹⁾ finden sich vom Stickstoff der Kohle im Koks 31 bis 36 Tle., als Ammoniak im Gaswasser 10 bis 14 Tle., als Ferrocyanür in der Reinigungsmasse 1,0 bis 1,3 Tle. Nach Wright²⁾ verteilt sich der Gesamtstickstoff der Kohle auf 44,77 Proz. im Koks, 5,49 Proz. im Teer, 7,56 Proz. im Gaswasser und 44,18 Proz. im Rohgas.

Nach G. Kraemer³⁾ weist der Teer aus deutschen Gasanstalten folgende durchschnittliche Zusammensetzung auf:

Reihe	C_nH_{2n-6} (Benzol und Homologe)	2,50 Proz.
"	C_nH_{2n-7} OH (Phenol und Homologe)	2,00 "
"	C_nH_{2n-7} N (Pyridin- und Chinolinbasen)	0,25 "
"	C_nH_{2n-12} (Naphthalin, Acenaphten)	6,00 "
"	C_nH_n (Schwere Öle)	20,00 "
"	C_nH_{2n-8} (Anthracen, Phenanthren)	2,00 "
"	$C_{2n}H_n$ (Asphalt, lösliche Bestandteile des Pechs)	38,00 "
"	$C_{3n}H_n$ (Kohle, unlösliche Bestandteile des Pechs)	24,00 "
	Wasser	4,00 "
	Gase (Verlust bei der Destillation)	1,25 "
		100,00 Proz.

Der Steinkohlenteer wird in den Teerdestillieren nach vorheriger Trennung von dem ihn begleitenden wässrigen Destillat, dem sogenannten Gas- oder Ammoniakwasser, in stehenden zylindrischen Blasen von 10 bis 40 t Füllraum einer ersten Destillation unterworfen, welche innerhalb der angegebenen Siedegrenzen nachstehende einzelne Fraktionen liefert:

	Ungefähre Grenzen der Siedepunkte	Durchschnittliches spez. Gewicht	Ungefähre Mengen des Destillats
Wasser	von 120 ^o an	—	4— 5 Proz.
Leichtöl	" 170 ^o "	0,910—0,950	2— 4 "
Mittelöl	" 230 ^o "	1,010—1,020	10—12 "
Schweröl	" 270 ^o "	1,035—1,04	8—10 "
Anthracenöl	" 300 ^o "	1,085—1,095	16—18 "
Pech (Rückstand)	—	1,3	50—60 "

Die Temperatur in der Teerblase steigt gegen Ende der Destillation, welche von den höher siedenden Ölen ab im Vakuum weitergeführt wird,

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 1883, S. 440. — ²⁾ Vgl. Bertelsmann, Lehrb. d. Leuchtgasfabrikation I, 51. — ³⁾ Journ. f. Gasbel. 1891, S. 225.

auf annähernd 400° C. Je nachdem man mehr oder weniger der letzten Anteile, welche gerade das wertvollste Produkt des Teers, das Anthracen, enthalten, abnimmt, ist der Rückstand nach dem Erkalten mehr oder weniger hart; man erhält Weichpech, wenn man die Destillation gerade bis zum Beginn der Anthracenölperiode treibt, Mittelhartpech, wenn man das Anthracenöl etwa zur Hälfte und Hartpech, wenn man es ganz abtreibt. In der Regel arbeitet man so, daß man das ganze Anthracenöl abtreibt und den Rückstand (Hartpech) in der Blase selbst nach einiger Abkühlung durch Einpumpen einer entsprechenden Menge Schweröl, dem das Anthracen bereits entzogen worden ist, wieder weich macht.

Man hat es ganz in seiner Hand, die Konsistenz des in der Blase verbleibenden Rückstandes so zu korrigieren, wie man will, je nach der Menge Schweröl, die man nach beendigter Destillation einpumpt. Häufig wählt man den Ölzusatz so, daß man ein Produkt von der Konsistenz des natürlichen Goudrons erhält, sogenannten Steinkohlenteergoudron oder künstlichen „goudron minérale“, der für manche Asphaltarbeiten verwendet wird, oder man steigert den Zusatz noch mehr, um einen regenerierten Teer, den sogenannten „präparierten Teer“ oder „Dachlack“ zu erzielen, der in der Fabrikation der „Asphalt Dachpappen“ und zum Anstrich von Pappdächern eine sehr ausgedehnte Verwendung findet. Alle diese Produkte aus künstlichem Steinkohlenteerasphalt werden in jeder gewünschten Beschaffenheit schon in den Teerdestillieren erzeugt und bilden, wie das Pech selbst, Rohprodukte der Industrie des künstlichen Asphalts. Man kann auch die Destillation unterbrechen, wenn das Wasser und die leichten Öle abgetrieben sind, und erhält einen sogenannten „entwässerten Teer“, der früher für die Fabrikation von Asphalt Dachpappen vorgezogen wurde, angeblich, weil die Bestandteile des Steinkohlenteers bei der Destillation, namentlich in den höheren Stadien, nicht unzersetzt flüchtig sind, oder weil der entwässerte Teer eine größere Trockenfähigkeit besitzt. Dieses Vorurteil gegenüber dem präparierten Teer darf indessen heute als beseitigt gelten.

Hat man den Teer bis auf Pech abgetrieben, so kann man dieses nach beendigter Destillation natürlich nicht sofort ins Freie ablassen, weil es sich bei der hohen Temperatur, die es besitzt, an der Luft entzünden würde. Um nicht durch die notwendige Abkühlung zu viel Zeit zu verlieren, läßt man es aus der Blase nach einigen Stunden in einen längs derselben montierten, mit Luftauslaß versehenen eisernen Kessel treten, aus dem es dann nach einigen weiteren Stunden entweder in Formen abgefüllt, oder bei größeren Destillieren in ausgemauerte Gruben abgelassen wird, aus denen es nach dem Erkalten entweder in geformten Blöcken herausgeschlagen oder mit der Picke ausgehauen wird.

Der Steinkohlenteer liefert demnach durch eine einfache Destillation Produkte, welche den natürlichen Asphalt in gewissen Eigenschaften nahe stehen: im entwässerten oder präparierten (regenerierten) Teer oder Dachlack ein in bezug auf Konsistenz ähnliches Material wie der Bergteer (Malthe), welcher gleichfalls aus natürlichem (Trinidad)-Asphalt und Mineralölen, als sogenannter Goudron, künstlich erzeugt wird, und im Pech oder Steinkohlenteerasphalt in seinen verschiedenen Härtegraden Stoffe, welche dem natürlichen Erdpech äußerlich nahe kommen. Aber in ihren sonstigen chemischen und physikalischen Eigenschaften unterscheiden sich diese Pro-

dukte doch sehr wesentlich, oft nicht zu ihrem Vorteil, von den natürlichen Bitumen.

Es muß hier erwähnt werden, daß die Verarbeitung des Steinkohlenteers auf asphaltähnliche Produkte neuerdings auch auf einem anderen Wege als dem der Destillation erfolgt, besonders da, wo es nicht darauf ankommt, Öle zu gewinnen, der Hauptwert vielmehr auf die Erzeugung von Pech als Bindemittel zur Brikettfabrikation gelegt wird. Von den Verfahren von C. G. v. Wirkner¹⁾, Coulson²⁾, Wendriner³⁾ und E. T. Leaver⁴⁾, welche Schwefelsäure als Kondensationsmittel für die Teeröle benutzen, wollen wir hier ganz absehen und nur jene erwähnen, bei denen die atmosphärische Luft oder Ozon für Oxydations- und Polymerisationszwecke herangezogen wird.

Schon früher hatten C. F. Mabery und Byerly⁵⁾ gezeigt, daß beim Behandeln von Erdölrückständen in der Blase mit Luft unter Entweichen von etwas Wasserdampf und schwefliger Säure ein Produkt entsteht, das dem natürlichen Asphalt in seinen Eigenschaften sehr nahe kommt (s. später unter Asphalt und Erdöl). Es findet hierbei weniger eine Aufnahme von Sauerstoff als ein Verlust an Wasserstoff statt, während der Schwefelgehalt der Rückstände zum Teil erhalten bleibt. Die Genannten erblicken in dem Vorgang eine Art Polymerisation und sind der Meinung, daß der natürliche Asphalt sich auf ähnliche Weise gebildet habe.

Nördlinger⁶⁾ hat die Reaktion auf verschiedene Teerarten angewendet und gezeigt, daß, wenn man Teer unter Einleiten von Luft, Sauerstoff oder ozonisierter Luft auf 120 bis 150° erhitzt, pechartige Substanzen entstehen, die man je nach der Führung des Prozesses von verschiedenen Eigenschaften erhalten kann. Nach dem Engl. Pat. Nr. 3192, 1906 von Rudolf Rütgers, leitet man einen Strom von Luft oder anderen sauerstoffhaltigen Gasen, oder besser ozonisierter Luft durch den Rohteer in der Destillationsretorte, wobei die leichten, Carbolsäure und Pyridinbasen enthaltenden Öle zuerst, später die naphthalinhaltigen Öle übergehen und zuletzt der ganze Rückstand verpecht wird, was durch katalytisch wirkende Salze, z. B. des Kupfers, unterstützt werden kann. Man erhält bei sechsständiger Dauer der Einwirkung ein zähflüssigeres und weniger riechendes Pech, das man bis zu Hartpech treiben kann.

Die Société anonyme des combustibles industriels⁷⁾ hat das Verfahren von Hennebutte⁸⁾ für Brikettierungszwecke im großen eingeführt. Der Prozeß wird mit einem Teer ausgeführt, dem das Wasser und die mit ihm übergehenden nicht oxydierbaren leichten Öle des Teers durch einen Destillationsprozeß bereits entzogen sind. Er wird mit Hilfe einer Pumpe durch einen Vorwärmer kontinuierlich in eine hohe, aufrechtstehende Blase gedrückt, in welche gleichzeitig an tiefster Stelle Luft unter einem Druck von 2 Atm. eingepreßt wird. Die Anfangstemperatur des Teers beträgt 100°; die aus dem Vorwärmer entweichenden Dämpfe von leichten Ölen werden durch einen Kühler kondensiert und aufgefangen, während die in der Retorte erzeugten Dämpfe von schweren Teerölen durch Rückflußkühler niedergeschlagen werden. Die durch die Oxydation dieser Produkte erzeugte exothermische

¹⁾ D. R.-P. Nr. 158 731, 1903. — ²⁾ Engl. Pat. Nr. 2102, 1904. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 170 932, 1904. — ⁴⁾ Engl. Pat. Nr. 17 209, 1909. — ⁵⁾ Amer. Chem. Journ. 1896, S. 141. — ⁶⁾ D. R.-P. Nr. 163 446 und 171 380. — ⁷⁾ Journ. of Gaslighting usw. 1912, 119, 121. — ⁸⁾ Engl. Pat. Nr. 16 182, 1905 und 28 689, 1906.

Wärme genügt vollkommen zur Unterhaltung des Prozesses, so daß eine Wärmezufuhr von außen (außer für den Vorwärmer) nicht erforderlich ist. Eine Blase von 30 t Füllung leistet in 24 Stunden etwa 90 t entwässerten Teer. Das produzierte Pech fließt beständig oben nach der Pechgrube ab.

Die Ausbeute an Pech nach diesem Verfahren soll, auf entwässerten Teer berechnet, 96 bis 97 Proz. betragen, also beträchtlich mehr als beim gewöhnlichen Destillationsprozeß. Durch die verhältnismäßig niedrige Temperatur soll bei diesem Verfahren ferner eine pyrogene Zersetzung des Teers unter Bildung von freiem Kohlenstoff vermieden werden; das hinterbleibende Pech soll nahezu frei von dieser Verunreinigung sein und eine so hohe Bindekraft besitzen, daß beim Brikettierungsprozeß eine Ersparnis von 20 Proz. ermöglicht wird. Privatmitteilungen zufolge ist ein ähnliches Verfahren zur Herstellung von Pech aus böhmischem Braunkohlenteer angewendet worden.

Ein Verfahren zur direkten Verpechung des Teers mit Hilfe von ozonisierter Luft hat A. Breydel¹⁾ zum Patent angemeldet. Er läßt den Teer und dergleichen aus einem mit Siebboden versehenen Gefäß in feinen Strahlen niederrieseln, führt die ozonisierte Luft in senkrechter Richtung dem Strahlenbündel entgegen und benutzt zur Erzeugung der ozonisierten Luft eine Elektrodeneinrichtung, deren plattenförmige Elektroden in mehrere Zungen geteilt sind, die einander gegenüber liegen. Bei der großen Unbeständigkeit des Ozons ist es erforderlich, dieses gleich nach der Entstehung auf die Kohlenwasserstoffe wirken zu lassen und am günstigsten da, wo die Strahlen am dünnsten sind. Herabfallende Flüssigkeitsstrahlen sind oben dick, werden dann immer feiner und zerreißen schließlich in dickere Tropfen.

Die auf diese Weise aus Rohteeren gehärteten Kohlenwasserstoffe sind nach Angabe des Erfinders von höherer Bindekraft als die auf dem üblichen Wege der Destillation erzeugten und eignen sich daher besonders als Bindemittel zum Brikettieren von Steinkohlen- und Braunkohlenklein, da sie sehr schnell trocknen und ohne Anwendung von überhitztem Dampf verwendet werden können. Daneben sollen die Herstellungskosten des „Ozonpechs“ kaum größer als der Kostenpreis des Rohteers sein. Die Bindekraft desselben soll so groß sein, daß nasse Magerkohle bei Verwendung von nur 5 Proz. des Bindemittels und eines Druckes von nur 80 kg auf den Quadratzentimeter bereits zu Briketts verarbeitet werden kann.

Bezüglich der allgemeinen Eigenschaften des Pechs läßt sich folgendes sagen:

Entsprechend seinem Härtegrad und mehr noch abhängig von der Herkunft des Teers, aus dem es stammt, schwankt das spezifische Gewicht des Pechs bei Vertikalretorten- und Kokereiteerpech von 1,25 bis 1,275; Pech aus kohlenstoffreichen Gasteeren zeigt ein spezifisches Gewicht von nicht unter 1,30 bis 1,33, während Pech aus Wassergas- und Ölgasteer selten über 1,20 spez. Gew. besitzt.

Weichpech erweicht bei 40° und schmilzt bei 50°, ist bei gewöhnlicher Temperatur zähe und läßt sich nur bei niedriger Temperatur in Stücke schlagen, die bei längerem Nebeneinanderliegen sich wieder vereinigen. Es zeigt hohen Glanz auf der Bruchfläche und fließt, in der Sonne liegend, bald zu einer träge laufenden Masse von spiegelartigem Glanz zusammen.

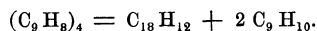
¹⁾ D. Pat.-Anm. B. Nr. 58 801, 1910.

Mittelhartes Pech (Brikettpech) erweicht bei 60° und schmilzt bei ungefähr 70°; es ist bei gewöhnlicher Temperatur fest und läßt sich leicht in Stücke schlagen, die aber nur wenig scharfe Kanten zeigen. Der Wirkung der Sonne ausgesetzt, sinkt es bald zu einer formlosen Masse zusammen.

Hartpech beginnt bei etwa 80 bis 85° zu erweichen und schmilzt zwischen 90 und 100°. Beim Zerschlagen zerfällt es in scharfkantige, klingende Schollen von mattem Glanz, welche sehr gut der Einwirkung der Sonne widerstehen.

Die chemische Natur des Steinkohlenteers ist heute noch wenig aufgeklärt; nach der Aufstellung von Kraemer über die Bestandteile des Steinkohlenteers darf man annehmen, daß das Steinkohlenteerpech im allgemeinen aus etwa 60 Proz. Körpern der Reihe $C_{2n}H_n$, worunter er die leichtlöslichen Bestandteile, den eigentlichen Asphalt verstanden haben will, und etwa 40 Proz. Körpern der Reihe $C_{3n}H_n$, wie Kohle und schwerlösliche Bestandteile desselben zusammengesetzt ist. Natürlich finden sich unter seinen Bestandteilen auch die höchst siedenden Begleiter des Steinkohlenteers, wie Anthracen, Phenanthren, Chrysen, Pyren, Carbazol usw.

Für die Entstehung des Pechs ist nach Kraemer¹⁾ die Bildung des im Schwerbenzol gefundenen Truxens, $C_{18}H_{12}$, vorbildlich, welche man sich zweifellos durch einfache Wasserstoffwanderung zu denken hat:



Kraemer nimmt an, „daß ein solches Verhalten den ungesättigten Stoffen überhaupt zukommt, und die größere oder geringere Neigung dazu nur von dem Grad des Ungesättigtseins und der Natur der in das Kohlenwasserstoffmolekül etwa noch eintretenden andersartigen Atome abhängig ist. Dem Vorgang dürfte in der Regel eine Polymerisierung vorangehen; erst bei der durch Erhitzen unterstützten Spaltung tritt dann die intermolekulare Wasserstoffverschiebung ein“. Man hat im Kumaronpech, dem Destillationsrückstand des Kumaronharzes, Truxen und truxenartige Gebilde nachgewiesen, wodurch die Anschauung Kraemers in der Tat sehr wahrscheinlich gemacht wird.

Die leichtlöslichen Bestandteile des Steinkohlenteerpechs bestehen aus Kohlenwasserstoffen der Anthracenreihe sowie eigentlichem Bitumen, von dem Kraemer annimmt, daß es etwa einer Reihe $C_{2n}H_n$ angehört. Carnelley²⁾ will zwei verschiedene Bitumen isoliert haben, beide von glänzend schwarzer Farbe und muscheligen Bruch; das eine, zwischen 427 und 439° siedend, ist leicht in Schwefelkohlenstoff und Benzol, schwerer in Äther löslich, während das andere über 439° siedet, bei 190° erweicht und bei 220° zu schmelzen beginnt, aber erst bei 320° völlig geschmolzen und kaum in Benzol, aber leichter in Schwefelkohlenstoff löslich ist. Lemoine³⁾ unterscheidet die löslichen Bestandteile in Carbüre und Carbene, beides Kohlenwasserstoffe von ungesättigter Natur, bei 45 bis 50 bzw. gegen 200° schmelzend, über die aber nichts Näheres mitgeteilt wird.

Nach einer späteren Mitteilung von S. Bernus⁴⁾ über den gleichen Gegenstand sind die Carbüre bräunliche, grüne oder schwarze, butterähnliche Massen und bei 45 bis 50° vollkommen flüssig; sie erteilen dem Pech seine

¹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1903, S. 645. — ²⁾ Journ. Chem. Soc. 1880, S. 714. — ³⁾ Sur la connaissance des frais minéraux. Charleroi 1902 bis 1905. — ⁴⁾ Bull. Soc. Chim. de Belge 25, 7 bis 40.

Bildsamkeit und seine Eigenschaft, pulverige Substanzen zu festen Massen zu verkitten. Die Bezeichnung „carbènes“ erteilt Lemoine einem schwarzen, kristallinen, glänzenden Pulver, das er im Pech gefunden hat und das um 200° herum erweicht und schmilzt. Bei dieser Temperatur schwillt es an und breitet sich auf dem Glase aus, an dem es nur wenig anhaftet. Die chemische Beschaffenheit dieser Substanzen ist sehr verschiedenartig, aber jedenfalls sind sie ungesättigte Verbindungen, da sie sich mit Brom verbinden. Sie erteilen dem Pech die Eigenschaft, bei gewöhnlicher Temperatur als fester Körper aufzutreten, tragen nur wenig zu seinen verkittenden Eigenschaften bei, sind aber doch unentbehrlich, da ohne sie das Pech zu klebrig sein würde, die Briketts usw. an den Formen festhaften und zu weich und leicht deformierbar sein würden; aber wenn zu viel von ihnen vorhanden ist, so fallen die Briketts zu wenig kompakt aus. Lemoine gibt einige Tabellen über den Prozentgehalt an verkittenden Substanzen in verschiedenen Pechen und über ihren Plastizitätsgrad, aber da der Gang, den er bei seinen Untersuchungen eingeschlagen hat, nicht mitgeteilt wird, sehen wir von deren Wiedergabe ab.

Die elementare Zusammensetzung des Pechs ist mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen. Habets¹⁾ will in gutem Hartpech gefunden haben:

Kohlenstoff	75,32	Proz.
Wasserstoff	8,90	"
Sauerstoff	16,06	"
Asche	0,43	"
	100,71	

was sicher falsch ist.

Dagegen fanden Constan und Rougeot²⁾ gelegentlich einer umfangreichen Arbeit über die Beurteilung von Steinkohlenbriketts und Brikettpech folgende Werte für:

	Weichpech	Mittelhartes Pech (Brikettpech)
	Proz.	Proz.
C	91,60	von 85,14 bis 92,59
H	4,89	" 4,85 " 4,60
O + N + S	3,20	" 7,87 " 2,77
Asche	0,31	" 2,54 " 0,04

Donath und Asriel³⁾ erhielten bei der Untersuchung von weichem, mittelhartem und hartem Pech, die aus derselben Fabrik, aber nicht wohl aus demselben Teer stammten, folgende Prozentresultate:

	C	H	N	S	Extrakt mit Petroleum-äther	Extrakt mit Benzol	Extrakt mit Schwefelkohlenstoff	Rückstand
Weichpech .	91,8	4,62	?	?	25,05	44,98	6,57	22,82
Mittelpech .	94,32	3,98	0,148	0,77	15,14	40,03	7,10	38,06
Hartpech . .	93,16	4,36	?	?	15,51	39,46	15,21	29,39

¹⁾ Vgl. Gurlt, Steinkohlenbriketts, S. 23. — ²⁾ Glückauf 1906, S. 406 f. — ³⁾ Chem. Centralbl. 1903, I, 1099.

Bei der Extraktion mit Petroleumäther vom Siedepunkt 56 bis 60° ergab das Hartpech einen sehr zähen, dickflüssigen Rückstand, dessen Anthracengehalt 2,19 Proz. betrug. Dann folgen die Extraktionen mit Benzol und Schwefelkohlenstoff. Der letzte Rückstand war ein ganz schwarzes, mattes Pulver, enthaltend 89,2 C, 2,3 H, 0,7 N, 7,13 O, 0,67 Asche (O berechnet aus der Differenz). Der dem Pech zumeist die schwarze Farbe verleihende Bestandteil ist am sauerstoffreichsten; mindestens ein Teil davon ist mehr oder weniger unveränderte Kohle.

Behrens¹⁾ erhielt durch Digerieren von Pech, aus dem die Öle bis zum spez. Gew. 1,120 entfernt waren, mit Benzol, Schwefelkohlenstoff, wieder mit kochendem Benzol und kochendem Alkohol (also durch die sonst zur Isolierung des „freien Kohlenstoffs“ angewendete Behandlung) 23,54 Proz. eines schwarzen Pulvers, welches 90,836 C, 3,058 H und 0,398 Asche enthielt; bei etwas verschiedener Behandlung zeigte der Rückstand 91,921 C, 3,157 H und 0,872 Asche, also ganz ähnlich der Anthrazitkohle von Südwales.

Über das Wesen des Pechs geben auch die Produkte der trockenen Destillation einigen Aufschluß; neben festen und flüssigen Kohlenwasserstoffen der Naphthalin- und Anthracenreihe treten dabei Benzol, Wasserdampf und gasförmige Produkte, darunter Ammoniak auf. Nach Watson Smith²⁾ tritt der Geruch nach Ammoniak erst nach dem Verkoken beim Erkalten des Koks an der Luft auf, und Alder Wright beobachtete dabei gleichzeitig den Geruch nach Cyan. Das Auftreten beträchtlicher Mengen von Wasserdampf beweist die Anwesenheit von Hydroxyderivaten hochsiedender Kohlenwasserstoffe. Im Pechkoks fand Staveley³⁾ nur 0,11 bis 0,12 Proz. Schwefel, so daß also der weitaus größte Teil des Schwefelgehaltes des Pechs bei der Verkokung in die flüchtigen Bestandteile übergeht.

In den gebräuchlichen Solvenzien ist das Pech mehr oder weniger leicht löslich, schwerer in Äthyl- und Methylalkohol, leichter in Äther und Benzin, sehr leicht in Chloroform, Schwefelkohlenstoff und Benzol, am leichtesten und vollkommensten in Anilin und Pyridinbasengemisch. Charakteristisch für diese Lösungen, die braun bis schwarz gefärbt erscheinen, ist die je nach dem Lösungsmittel verschieden nuancierte blaugrüne Fluoreszenz im auffallenden Lichte.

Donath und Margosches⁴⁾ unterwarfen verschiedene Pecher der sukzessiven Extraktion mit Petroleumäther, Benzol und Schwefelkohlenstoff mit folgendem Resultat:

	Weichpech Proz.	Mittelweichpech Proz.	Hartpech Proz.
Petrolätherextrakt	25,05	15,14	15,51
Benzolextrakt	44,98	40,03	39,86
Schwefelkohlenstoffextrakt . .	6,57	7,10	15,21
Kohliger Rückstand	22,82	38,06	29,39
Gesamtsumme . .	99,42	100,33	99,97

¹⁾ Dingl. Polyt. Journ. 208, 369. — ²⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1892, S. 119. — ³⁾ Chem. News 43, 228. — ⁴⁾ Chem. Ind. 1904, S. 220 f.

Der Teerasphalt kann bedeutend verbessert werden, wenn man ihm Schwefel zufügt. A. Winkler setzt zu dem nach Abdestillieren von etwa 30 Proz. aus dem Teer zurückbleibenden, bei 50° vollständig weichen Pech (also gleich dem englischen Asphalt, dem französischen brai liquide) nach und nach 5 Proz. Schwefel und erhitzt jedesmal so lange, bis keine Entwicklung von Schwefelwasserstoff mehr erfolgt. Der Schwefel bewirkt eine Molekular-kondensation unter Wasserstoffaustritt, wodurch der Rückstand schwerer schmelzbar wird. Man erhält dabei 75 Proz. vom Teer an gutem Asphalt, welcher in kochendem Wasser nicht erweicht, während man ohne Schwefel nur die Hälfte des Gewichtes des Teers an gleich gutem Asphalt erhält. Ein weiterer Vorschlag, den Teer schon vor der Destillation mit 20 Proz. Schwefel zu versetzen, wobei nur Wasser und Schwefelwasserstoff übergehen, und ein dem Teer gleiches Gewicht an gutem Asphalt erhalten werden soll, ist augenscheinlich unpraktisch, teils wegen der Kosten, teils wegen des Angriffs auf das Eisen der Blasen und der Schädlichkeit des Schwefelwasserstoffs überhaupt. Nach Winkler soll auch Terpentinöl, mit der Hälfte seines Gewichtes an Schwefel versetzt, bei langsamer Destillation Schwefelwasserstoffgas und einen schwarzen, asphaltartigen Rückstand geben.

Ein ganz ähnliches Produkt ist der bekannte Häuslersche Holzzement, welcher im wesentlichen aus Teer, Pech und Schwefel, letzterer in der Höhe von mindestens 9 bis 10 Proz. besteht. Nach Häusler besteht der Holzzement aus 60 Tln. wasserfreiem Steinkohlenteer, 15 Tln. Pech und 25 Tln. Schwefel. Der Erfinder benutzte die Masse anfänglich zum Dichten von Fässern, und erst im Jahre 1839 kam er dazu, den Holzzement in Verbindung mit mehreren Lagen Papier zur Eindeckung von Dächern zu verwenden, die er gegen äußere Beschädigung, durch Sturm usw., durch eine Beschüttung mit Erde schützte. Die Fabrikation des Holzzementes ist wegen der dabei auftretenden reichlichen Mengen von Schwefelwasserstoff nicht ungefährlich und sollte daher nur in geschlossenen Apparaten vorgenommen werden, die eine Ableitung dieses giftigen Gases gestatten. Jedenfalls hat man sich vor jeder Überhitzung der Masse sorgfältig zu hüten.

Eine Reinigung des Teerasphalts von dem ihn unter Umständen begleitenden freien Kohlenstoff erfolgt zu verschiedenen Zwecken. A. Lessing (D. R.-P. Nr. 98278) will die Verwendung des Pechs zu elektrotechnischen Zwecken dadurch ermöglichen, daß er die darin enthaltenen löslichen und gegenüber dem elektrischen Strom isolierend wirkenden Bestandteile von den unlöslichen und gut leitenden Stoffen trennt; er löst das Pech in geeigneten Lösungsmitteln, z. B. in Benzol, filtriert die Lösung ab und treibt aus dem Filtrat das Lösungsmittel mit gespanntem Dampf wieder ab. Dabei hinterbleibt das reine Bitumen des Pechs als plastische, ihrem Zweck durchaus entsprechende Masse, während der Filterrückstand als Ersatz von Ruß oder Retortengraphit in der Fabrikation elektrischer und galvanischer Kohlen verwendet werden kann.

Ein Verfahren zur Reinigung von Teer, Pech, Asphalt usw. durch Extraktion mit Lösungsmitteln unter gleichzeitiger Gewinnung von reinem Kohlenstoff ist der Chemischen Fabrik Lindenhof, C. Weyl u. Co., in Mannheim patentiert worden (D. R.-P. Nr. 213 507 von 1908). Man verwendet als Lösungsmittel Phenole aus dem Teer, die man nachher durch Behandlung mit Alkalien wiedergewinnen kann. Vorher kann man auch noch besonders mit Kohlenwasserstoffen extrahieren. Auf diesem Wege erhält man ebenso reinen

Kohlenstoff wie bei der Behandlung mit Anilin und Pyridin, die wegen ihres Preises und der Schwierigkeit, sie ohne Gesundheitsschädigung zu verwenden, nicht praktisch verwendet werden können. Auch lassen sich die Phenole einfacher als die bekannten Extraktionsmittel sowohl aus dem Kohlenstoff wie aus den bituminösen Substanzen entfernen, deren Erweichungspunkt bei diesem Verfahren höher als bei der Extraktion mit Kohlenwasserstoffen ausfällt, indem im letzteren Falle die letzten Anteile des Extraktionsmittels schwer auszutreiben sind.

L. Gaster (Engl. Pat. 6739, 1901) extrahiert Pech oder die Rückstände der Teer- oder Petroleumdestillation oder andere dickflüssige, freien Kohlenstoff enthaltende Substanzen, wie die Rückstände von der Säurewäsche der Erdöl- und Teerdestillate, wenn nötig in geschmolzenem Zustande, unter Druck mit einer flüchtigen Naphtha, welche die asphaltartigen Produkte löst, während der freie Kohlenstoff zurückbleibt und aus der Lösung vermittelt einer Filterpresse gewonnen wird. Nach dem Trocknen bildet der Kohlenstoff ein feines, schwarzes Pulver, das zur Herstellung von Elektroden dienen kann, während aus dem Filtrat die Naphtha durch Abtreiben mit Dampf gewonnen wird, wobei ein asphaltartiger Rückstand hinterbleibt, der zu den gleichen Zwecken wie Asphalt verwendet werden kann. Das Verfahren deckt sich im großen und ganzen mit dem bereits angeführten Lessingschen nach D. R.-P. Nr. 98278.

Ein Verfahren zur Reinigung des Teers soll von der Actiebolaget Joh. Ohlssons Tekniska Fabrik in Stockholm¹⁾ im großen ausgeführt werden und neben freiem Kohlenstoff, der die Ursache der Schwarzfärbung des Teers sein soll, eine klare, goldbraune Flüssigkeit liefern, die sich viel leichter als gewöhnlicher Rohteer destillieren lasse. Die Einzelheiten des Verfahrens werden nicht mitgeteilt; aber die Möglichkeit liegt vor, daß der Teer durch Zusatz leichter Öle oder Erwärmen auf höhere Temperatur spezifisch leichter gemacht wird, so daß der Kohlenstoff sich in der Zentrifuge leicht abscheiden läßt. Durch Abdestillieren der leichten Öle gewinnt man im Rückstand den kohlenstofffreien Teer in der oben erwähnten Beschaffenheit.

J. M. Müller²⁾ gibt an, daß man den freien Kohlenstoff aus rohem Gasteer durch Behandeln desselben in der Zentrifuge bis auf ein Drittel des Gesamtgehaltes vermindern kann.

2. Der Asphalt aus Braunkohlenteer.

Bei der trockenen Destillation der Braunkohle zum Zwecke der Gewinnung von Paraffin und Mineralölen resultiert ein Teer von gelblichbrauner bis schwarzer Farbe und butterartiger Konsistenz. Er ist bei niedriger Temperatur fest und schmilzt zwischen 15 bis 30° C. Sein spezifisches Gewicht in dünnflüssigem Zustande (bei 35° C) schwankt je nach dem Rohmaterial zwischen 0,820 bis 0,950. In flüssigem Zustande zeigt der Teer eine dunkelgrüne Fluoreszenz und einen eigenartig kräftigen, unverkennbaren Geruch; zuweilen riecht er merklich nach Schwefelwasserstoff. Er ist ein schlechter Wärmeleiter und leitet auch die Elektrizität nicht.

Der Braunkohlenteer siedet zwischen 80 bis über 400° C, und zwar geht die Hauptmenge der Destillate zwischen 250 bis 350° über. In der Regel

¹⁾ Journ. of Gaslighting 114, 835 (1911). — ²⁾ Journ. f. Gasbel. 1912, S. 229.

besteht dieser Teer aus flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen der Fettreihe und einer geringen Menge Bitumen, das indessen bei der Destillation gleichfalls in Kohlenwasserstoffe übergeführt wird unter Hinterlassung ganz unbedeutender Mengen eines aufgeblähten koksartigen Rückstandes. Im Gegensatz zum Steinkohlenteer wird also bei der ersten Destillation des Braunkohlenteers ein asphaltartiger Rückstand nicht gewonnen.

Im Braunkohlenteer finden sich ferner aromatische, saure und basische (stickstoffhaltige) Körper in untergeordneten Mengen, und es sind außerdem noch sauerstoffhaltige, noch nicht näher charakterisierte Produkte (Alkohole und Ester), Aldehyde und Schwefelverbindungen aber nur in sehr geringen Mengen, darin nachgewiesen worden. Über die Mengenverhältnisse, in welchen die einzelnen Bestandteile im Braunkohlenteer vertreten sind, gibt nachstehende Tabelle von Scheithauer Aufschluß:

Leichtes Braunkohlenteeröl (Benzin)	5 Proz.
Solaröl	5 bis 10 "
Helle Paraffinöle	10 "
Dunkle Paraffinöle (Gasöl, schweres Paraffinöl und Fettöl)	30 " 50 "
Hartes Paraffin	10 " 15 "
Weiches Paraffin	3 " 6 "
Asphalt, Goudron, Kreosot und Kreosotöl	3 " 5 "
Verlust (Koks, Gas, Wasser)	20 " 30 "

Von diesen Bestandteilen sind indessen Asphalt, Goudron, Kreosot und Kreosotöl nicht Produkte der ersten Destillation, sondern sie ergeben sich erst aus der weiteren Verarbeitung der ersten Destillate.

Das leichte Braunkohlenteeröl, spez. Gew. 0,780 bis 0,810, enthält etwa 60 Proz. gesättigte Kohlenwasserstoffe und 40 Proz. in Schwefelsäure lösliche oder durch Aluminiumchlorid angreifbare ungesättigte Kohlenwasserstoffe und siedet zwischen 100 und 250°. Das Solaröl, spez. Gew. 0,825 bis 0,830, siedet zwischen 150 bis 260° und enthält nur 5 bis 15 Proz. ungesättigte Verbindungen, während der Rest aus gesättigten Kohlenwasserstoffen der Fettreihe gebildet wird. Daneben finden sich noch etwa 2 Proz. Naphthalin und etwa 1 Proz. Schwefel. Die hellen Paraffinöle (spez. Gew. 0,850 bis 0,880) sieden zwischen 200 bis 300°, erstarren bei — 10 bis — 15° und bestehen aus 20 bis 40 Proz. ungesättigten und 60 bis 80 Proz. gesättigten Kohlenwasserstoffen der Fettreihe und sind frei von Naphthalin. Die dunklen Paraffinöle (Gasöl, schweres Paraffinöl und Fettöl) enthalten bis zu 2 Proz. Paraffin, 1 bis 2 Proz. Kreosot und 20 bis 50 Proz. ungesättigte Kohlenwasserstoffe der Fettreihe. Ihr spezifisches Gewicht beträgt 0,880 bis 0,930 und sie sieden zwischen 220 bis 300°, wobei sie einen Rückstand von 45 bis 50 Proz. hinterlassen. Ihr Erstarrungspunkt liegt infolge des höheren Paraffin gehaltes bereits bei 0 bis — 5°. Das Kreosotöl (spez. Gew. 0,940 bis 0,980) läßt zwischen 150 und 300° etwa 66 Proz. übergehen und enthält etwa 2 bis 3 Proz. Paraffin, 40 bis 60 Proz. Phenole und ist fast gänzlich in Schwefelsäure von 66° Bé löslich. Es ist ein sekundäres Produkt der Braunkohlenteerverarbeitung, über dessen Bildung wir weiter unten noch hören werden.

Was nun die allgemeinen Eigenschaften der Braunkohlenteeröle betrifft, so ist hierüber das Folgende zu sagen: Sie besitzen ein großes Lösungsvermögen für Fette, Harze, Asphalt usw. und lösen sich ihrerseits leicht und in jedem Verhältnis in fetten Ölen, Harzöl, Benzol, Schwefelkohlen-

stoff usw. An der Luft absorbieren sie Sauerstoff unter Bildung von Oxydationsprodukten, welche ihnen durch Behandlung mit Alkalien wieder entzogen werden können.

Nach Untersuchungen von Graefe¹⁾ bilden sich bei der Verharzung der Braunkohlenteeröle unter Einwirkung von Luft und Licht nicht allein Phenole, sondern auch asphaltartige Körper, ebenso bei Gegenwart von Wasser auch Säuren, sowohl organische Säuren als auch direkt Schwefelsäure aus dem Schwefel der Braunkohlenteeröle, der etwa 1 bis 2 Proz. beträgt. Wie andere Kohlenwasserstoffe, besonders Petroleum und gewisse trocknende Öle, namentlich Terpentinöl, haben sie die Eigenschaft, den Sauerstoff der sie umgebenden Luft zu aktivieren, d. h. in Ozon zu verwandeln, welches dann die Oxydation der Öle übernimmt. Besonders tritt die Aktivierung des Sauerstoffs nach Beobachtungen von Graefe beim Belichten ein. Solaröl, das nur einen Augenblick dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt wurde, färbt beim Schütteln angesäuerte Jodkaliumstärkelösung blau. Sie sind sämtlich gute Isolatoren gegen Wärme und Elektrizität.

Der Braunkohlenteer als solcher wird nie zu anderen Zwecken, auch nicht als Rohmaterial in der Asphaltindustrie, verwendet, als zur Destillation auf Paraffin und Mineralöle. Bei dieser Destillation, welche in gußeisernen Blasen von etwa 2 cbm Füllraum und meistens im Vakuum ausgeführt wird, liefert er durchschnittlich folgende Mengen von Destillaten:

Leichtes Rohöl	30 Proz.
Paraffinmasse	64 "
Rote Produkte	2 "
Koks	2 "
Gase	2 "

Diese Öle unterliegen nun, wenn dies nicht schon vorher mit dem rohen Teer geschehen ist, einer chemischen Reinigung mit wenigen Prozenten Schwefelsäure von 66° Bé und Natronlauge von 38° Bé und liefern bei wiederholter Destillation in gußeisernen Blasen und anderweitiger Behandlung schließlich die eingangs angeführten Mengen von Endprodukten. Diese beiden Operationen, chemische Reinigung und Redestillation sind es denn auch, bei denen die asphaltartigen Nebenprodukte der Braunkohlenindustrie gewonnen werden.

Bei der Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf die Braunkohlenteeröle werden die ungesättigten Kohlenwasserstoffe und teilweise auch die Phenole gelöst; daneben findet aber auch eine Polymerisation von Kohlenwasserstoffen und eine Oxydation statt, wie aus der Entwicklung von schwefliger Säure geschlossen werden darf. Wird der Schmelteer direkt gesäuert, so löst sich außer den obigen Substanzen in der Schwefelsäure auch noch das zuweilen im Teer vorhandene unzersetzte Bitumen. Früher hat man sich die Wirkung der Schwefelsäure so vorgestellt, daß dieselbe aus den Ölen gewisse, undefinierbare Substanzen entferne, die man unter dem Phantasienamen „Brandharze“ zusammenfaßte. Erst G. Kraemer²⁾ hat durch eine Reihe ausgezeichneter Untersuchungen dies dunkle Gebiet vollständig aufgeklärt. Seine Untersuchungen erstrecken sich allerdings nur auf die Destillationsprodukte des Steinkohlenteers, aber es unterliegt keinem Zweifel, daß auch bei jenen des

¹⁾ Braunkohle 1906, S. 511 ff. — ²⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1890, S. 3169 u. 3269.

Braunkohlenteers ähnliche Vorgänge stattfinden. Nach diesen Untersuchungen ist die Wirkung eine kondensierende, indem gewisse ungesättigte Kohlenwasserstoffe und Sauerstoffverbindungen zu harzartigen Verbindungen kondensiert werden. Die Schwefelsäure belädt sich mit diesen Substanzen und verwandelt sich in eine mehr oder weniger dicke, schwarze teerartige Flüssigkeit von unangenehmem Geruch. Ein Teil der harzartigen Körper scheidet sich aber auch in schmieriger Form an den Wandungen der Reinigungsgefäße ab und muß durch eine wiederholte Waschung mit Schwefelsäure daraus entfernt werden.

Beim Kochen mit direktem Wasserdampf scheidet die „Reinigungssäure“ den größten Teil der gelösten Substanzen in harzartiger Form als sogenannte „Säureharze“ an der Oberfläche aus, während eine dunkel gefärbte, verdünnte Schwefelsäure von 30 bis 40° Bé durch einfaches Abziehen davon getrennt werden kann.

Der Reinigung mit Schwefelsäure folgt ein Waschen der Öle mit 4 bis 8 Proz. Natronlauge von 38° Bé. Diese entzieht den Ölen die sogenannten sauren Bestandteile, welche hauptsächlich aus Phenol und seinen höheren Homologen bestehen, aber auch indifferente Stoffe, welche in dem gebildeten „Kreosotnatron“ löslich sind, sich beim Zusatz von Wasser daraus aber in unveränderter Form wieder abscheiden. Diese Stoffe werden als sogenannte neutrale Öle bezeichnet, sie sind gleichfalls sauerstoffhaltig und ihrer Natur nach noch nicht genau chemisch definiert. Sie machen bei der Behandlung der Öle mit konzentrierter Natronlauge manchmal über 50 Proz. der entzogenen Bestandteile aus, wie durch Untersuchungen von Graefe¹⁾ über die Kreosotbestimmung in Braunkohlenteerölen nachgewiesen wurde. Wird die Behandlung der Öle nicht mit konzentrierter Natronlauge, sondern mit verdünnter Natronlauge vorgenommen, so bleiben die neutralen Öle im behandelten Öl zurück und gehen nicht mit dem Kreosot in Lösung.

Da sich eine Reindarstellung der in der Natronlauge gelösten Phenole wegen ihres penetranten Geruches, der von gewissen Schwefelverbindungen verursacht wird und sich nur durch einen umständlichen Reinigungsprozeß entfernen läßt, nicht lohnt, so benutzt man meistens die aus den Säureharzen entfallende unreine Schwefelsäure von 30 bis 40° Bé zur Zersetzung des Kreosotnatriums und trennt die ausgeschiedene phenolhaltige Flüssigkeit durch Dekantieren von der daruntersitzenden starken Glaubersalzlösung.

Das möglichst scharf abgezogene „Kreosot“ wird meistens mit den gewonnenen Säureharzen vereinigt und die Mischung in Blasen, wie sie zur Destillation des Teers dienen, ohne Anwendung des Vakuums, aber unter Verwendung von überhitztem Wasserdampf, nachdem die leichten Öle übergegangen sind, der Destillation unterworfen. Man gewinnt dabei ein stark nach Schwefelwasserstoff riechendes Öl von 0,94 bis 0,98 spez. Gew., welches 40 bis 80 Proz. in konzentrierter Natronlauge lösliche Bestandteile (Phenole) enthält, das sogenannte „Kreosotöl“.

In der Blase selbst verbleibt ein Rückstand, dessen Konsistenz verschieden ist, je nachdem man die Destillation mehr oder minder weit getrieben hat. Destilliert man bis zu vollständiger Trockenheit, so resultiert eine geringe Menge wertlosen Koks; unterbricht man die Destillation, wenn noch ein ent-

¹⁾ Braunkohle 1907, Nr. 17.

sprechender Teil der schwersten Öle im Rückstand verblieben ist, so erhält man den sogenannten „Asphalt“, und wenn man noch weniger weit in der Abnahme der Öle geht, so bleibt in der Blase sogenannter „Säuregoudron“ als Rückstand übrig. Beide werden entweder durch komprimierte Luft aus den Blasen ausgedrückt oder durch eine Abbläsvorrichtung an deren Boden abgezogen.

Oft zieht man es vor, den Goudron durch Vermischen von frisch hergestelltem Pech mit Kreosot oder Paraffinöl herzustellen, da es auf diese Weise besser möglich ist, ein Material von bestimmter Konsistenz zu gewinnen, was sich während der Destillation in der Blase nicht kontrollieren läßt.

Einen besseren Goudron, „Ölgoudron“ genannt, erhält man, wenn man die Destillation der schweren Paraffinöle, wie sie bei der Gewinnung des Paraffins entfallen, nicht bis zur Trockne treibt, sondern schon vorher unterbricht. Dieser Ölgoudron ist wesentlich paraffinreicher als der Säureharzgoudron, für manche Zwecke aber beliebter, da er in der Kälte nicht so spröde wird. Er wird im großen aber wenig hergestellt, da es sich eher lohnt, das schwere Paraffinöl, das von den Paraffinmassen herrührt, vollständig durch Destillation auf Paraffin zu verarbeiten, als Ölgoudron herzustellen.

Braunkohlenteerasphalt kommt entweder in losen Blöcken, offenen Fässern oder Blechtrommeln in den Handel. Er ist spröde, von muscheligem Bruch und glänzender tiefschwarzer Farbe. Er löst sich am leichtesten in Benzin und Schwefelkohlenstoff, weniger vollständig in Terpentinöl und noch weniger in Petrolbenzin und Tetrachlorkohlenstoff. Hierbei hinterbleiben koks- bis rußähnliche Massen, die aber in anderen Lösungsmitteln vollständig löslich und anscheinend den Carbenen ähnlich sind, wie sie in Petrolasphalten oft infolge der hohen Temperatur in der Destillierblase entstehen.

Von anderen Pechen ist der Braunkohlenteerasphalt durch Spuren von Phenol unterschieden, die er infolge der Darstellungsweise noch enthält; von Steinkohlenteerpech, das gleichfalls Phenole enthalten kann, durch seine fast vollkommene Löslichkeit im Benzol, während Steinkohlenteerpech freien Kohlenstoff, wenn es aus Horizontalretortenteer stammt, enthält.

Die Qualität des Braunkohlenteergoudrons wechselt je nach der Natur des Produktes bzw. der Art seiner Gewinnung, d. h. je nachdem er als direkter Destillationsrückstand reiner Teeröle (s. oben) oder aus Mischereiprodukten, wie Säureharzen und Kreosot, gewonnen worden ist. Die besseren Qualitäten sind geruchlos und vollkommen in leichten und schweren Paraffinölen löslich. Er ist von rein schwarzer Farbe und ohne braune Streifen, die von Spuren anhaftenden Öles herrühren. In seiner Konsistenz ist er am besten weichem Brot vergleichbar; wie dieses läßt er sich zwischen den Fingern kneten, und in Gefäße gedrückt nimmt die Masse später wieder ihre ursprüngliche Form an.

Über die chemische Natur der Asphalte aus Braunkohlenteer kann im allgemeinen kaum ein Zweifel obwalten: es sind Kondensations- und Polymerisationsprodukte ungesättigter Kohlenwasserstoffe der Fettreihe, die freilich noch zu isolieren und ihrer Zusammenstellung nach festzustellen sind. Der Braunkohlenteerasphalt unterscheidet sich daher sehr wesentlich vom Steinkohlenteerpech.

Zur Geschichte des künstlichen Asphalts aus Braunkohlenteer mag noch erwähnt werden, daß Grotowsky¹⁾ der erste war, welcher den bei der Ver-

¹⁾ D. R.-P. vom Jahre 1879; vgl. Zaloziecki, „Naphtha“ 1897, Nr. 12 bis 19.

dünnung der Abfallsäuren erhaltenen Säureteer auf Asphaltprodukte verarbeitet. Sein Verfahren ist auch für die Verarbeitung der Säureharze aus anderen Industriezweigen vorbildlich gewesen.

An dieser Stelle ist auch eines Patents, das E. Trainer¹⁾ zur Herstellung pech-(asphalt-)artiger Körper entnommen hat, zu gedenken. Torf, Braunkohle, fette Steinkohlen, Holz oder organische Abfälle werden je für sich oder in beliebigen Gemischen mit Teer beliebigen Ursprungs unter Erhitzung und Druck behandelt. Es erfolgt dabei nicht nur einfache Trockendestillation, wie in der offenen Retorte, sondern es ergeben sich hier je nach der Natur des verwendeten Materials, der Höhe der Temperatur und des Druckes, der Zeit der Erhitzung usw. durch die Einwirkung der entstandenen festen, flüssigen und gasförmigen Verbindungen aufeinander verschiedene Produkte, die als Endprodukt der Reaktion eine pechartige Masse liefern. Die Wirkung des Teers auf die organischen Körper ist zunächst eine aufschließende, d. h. bei niedrigem Druck dringt der Teer bereits völlig ein, durchtränkt die Massen und ist so in stande, bei steigender Temperatur seine teils mechanisch trennende, teils direkt auflösende Wirkung auszuüben. Die flüchtigen Produkte können nach beendigter Reaktion abdestilliert werden, so daß lediglich ein in der Wärme noch zähflüssiges, in der Kälte aber hartes und sprödes Produkt verbleibt. Über die Verwendbarkeit desselben in der Asphaltindustrie ist indessen bislang nichts bekannt geworden.

3. Der Asphalt aus Erdölen.

Ähnlich wie die Paraffin- und Mineralölindustrie liefert auch die Verarbeitung der Erdöle in ihren Destillationsrückständen und Säureharzen von der chemischen Reinigung der Öle Produkte, welche als Ersatz für natürlichen Asphalt Verwendung finden. In einem früheren Kapitel haben wir bereits kennen gelernt, daß die Geologen und Chemiker heute mit wohl nur geringen Ausnahmen die Ansicht vertreten, daß die in der Natur vorkommenden Bitumen Asphalt, Erdpech und Bergteer nichts anderes sind als chemisch verändertes Erdöl, d. h. sich aus diesem durch Polymerisations- oder Kondensationsprozesse unter Mitwirkung von Sauerstoff und Schwefel gebildet haben.

Nichts scheint daher natürlicher, als anzunehmen, daß die aus den Residuen des Erdöls erhaltenen Produkte identisch sind mit den in der Natur vorkommenden Asphalten und wir es daher gar nicht mit künstlichen Produkten zu tun haben. Jedenfalls muß hervorgehoben werden, daß die aus Erdölen erhaltenen künstlichen Produkte dem natürlichen Asphalt weit näher stehen als irgend eine der aus anderen Rohmaterialien erzeugten asphaltartigen Substanzen und auch von manchen Chemikern direkt als identisch damit angesehen werden, insofern diese im Asphalt nichts weiter als den Verdunstungsrückstand des Erdöls erblicken. Eine derartige Ansicht kann heute nicht mehr aufrecht erhalten werden. Während wohl jene Asphalte, die bei der Destillation von hochasphaltischen Ölen, wie Mexikoöl, Trinidadöl, auch von kalifornischem Öl, sich mehr oder weniger den natürlichen Asphalten nähern, sind solche, die bei der Destillation von semiasphaltischen Ölen oder gar Ölen mit Paraffinbasis hinterbleiben, von ganz anderer Natur. Es ist das auch einleuchtend, da zur Asphaltbildung immer ein gewisser Einfluß

¹⁾ D. R.-P. Nr. 134 109 vom 28. August 1901; Chem.-Ztg. 1902, S. 901.

diesem Fall eine viel gewaltsamere als in der Natur, und infolgedessen sind auch die dabei erhaltenen Produkte wesentlich verschieden von natürlichem Asphalt, was auch durch neuere Versuche Clifford Richardsons, sowie des Königl. Materialprüfungsamts in Groß-Lichterfelde durchaus bestätigt wird. Man kann sich zu dieser Frage dahin äußern, daß die Erdölasphalte sich um so mehr in ihren Eigenschaften dem natürlichen Asphalt nähern, je reicher die Öle, aus denen sie stammen, an vorgebildetem Asphaltmaterial, d. h. asphaltischen Ölen, sind, und sich um so weiter davon entfernen, je reicher die ihnen zugrunde liegenden Erdöle an Bestandteilen mit paraffinischer Basis sind. Aus diesem Grunde ist man bei Verwendung derartiger Produkte unbekannter Herkunft an Stelle von natürlichem Asphalt vor Überraschungen nicht sicher, denn zwischen den verschiedenen Ölasphalten untereinander besteht meist ein größerer Unterschied als zwischen einem guten Ölasphalt und natürlichem Asphalt.

Über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der rohen Erdöle läßt sich im allgemeinen das Folgende sagen. Je nach der Herkunft sind es ölige, dünn- bis dickflüssige Liquida von meist brauner bis schwarzer Farbe, selten gelb oder wasserhell, die nach dem Grade der Färbung mehr oder weniger durchsichtig sind; manche zeigen grünliche Fluoreszenz, und andere erscheinen im durchfallenden Lichte rotbraun und im auffallenden Lichte grünlich. Ihr spezifisches Gewicht schwankt innerhalb sehr weiter Grenzen von 0,765 bis 1,020; dementsprechend liegt auch der Siedepunkt der Öle bzw. der Beginn des Siedens sehr verschieden hoch. Engler¹⁾ hat darüber nach eigenen Versuchen vorstehende Tabelle (S. 117) aufgestellt.

Über die elementare Zusammensetzung des rohen Erdöls liegt eine große Anzahl von Analysen vor. Bei den älteren Analysen ist der Sauerstoff durch Verlust bestimmt und schließt gleichzeitig den Gehalt an Schwefel und Stickstoff ein. Wir führen hierunter nur vollständig durchgeführte Elementaranalysen der neueren Zeit an, die wir dem Werk von Engler und Höfer, „Das Erdöl“ 1, 223 u. f. entnehmen.

Amerikanische Rohöle.

Fundort	C	H	S	N
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Pennsylvanien	86,06	13,89	0,06	—
Oil City (Pa.)	85,80	14,04	—	—
Welker (Ohio)	85,46	13,91	0,48	—
Findlay (Ohio)	84,57	13,62	0,72	0,11
Lima (Ohio)	85,00	13,80	0,60	0,68
Petrolio (Kanada)	83,94	13,37	0,99	—
Cherryvale (Kanada)	85,43	13,07	0,37	—
Humbold (Kanada)	85,63	12,44	0,37	—
Beaumont (Texas)	85,05	12,30	1,75	—
Ventura (Kal.)	84,00	12,70	0,40	1,70
Humbold (Kan.)	85,33	11,80	0,15	—
Mc Kittrick (Kal.)	86,06	11,45	0,87	—
Santa Barbara (Kal.)	86,32	11,70	0,84	—
Wasatch Range (Utah)	86,86	11,89	0,64	0,02

¹⁾ Dingl. Polyt. Journ. 260, 434; 261, 32.

Rumänische Rohöle.

Fundort	C	H	S	N
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Campeni-Porjol (Bacau)	85,29	14,21	0,03	—
Bisoca (R.-Sarat)	85,18	13,94	—	—
Bustenari (Prahova)	86,30	13,32	0,18	—
Glodeni (Dambovitza)	85,59	13,94	—	—

Russische Rohöle.

Fundort	Spez. Gew.	C	H	S	O	N	Asche
		Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Großny	0,906	86,41	13,00	0,10	0,40	0,07	0,12
Großny	0,850	85,95	13,00	0,14	0,74	0,07	0,10
Binagady	0,913	85,49	12,01	0,41	2,40	—	—
Transkaspien	—	86,87	12,19	0,16	0,80	0,80	—
Tscheleken	0,8736	86,40	12,44	—	0,377	—	0,05
Uchta	0,9280	85,47	11,60	—	3,1	—	—
Uchta	0,8966	85,30	12,46	0,88	1,21	0,14	0,01

In der Hauptsache besteht das Erdöl aus den flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen der Methanreihe C_nH_{2n+2} , den Grenzkohlenwasserstoffen oder Paraffinen, sowie aus Naphthenen. Viel weniger häufig und in geringeren Mengen finden sich die Glieder der Reihen C_nH_{2n} und C_nH_{2n-2} . Die der Reihe C_nH_{2n-4} angehörigen Terpene geben häufiger Veranlassung zur Harz- bzw. Asphaltbildung. Vertreter der aromatischen Reihe, besonders Benzol und Toluol, kommen in einzelnen Erdölsorten in erheblicher Menge vor. In den höchstsiedenden Anteilen finden sich Naphthalin, Anthracen, Phenanthren, Chrysen, Pyren usw., so daß Kraemer mit Recht behaupten konnte, das Erdöl unterscheidet sich nur durch die Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandteile von den Produkten der trockenen Destillation fossiler Brennstoffe, besonders der Steinkohle.

Auf Grund wissenschaftlicher und praktischer Gesichtspunkte kann man nach Engler¹⁾ die natürlichen Erdöle in folgende vier Gruppen einteilen:

1. Methanöle, die vorwiegend aus Methanhomologen bestehen;
2. Naphthenöle, deren Charakter (spezifisches Gewicht, rußendes Brennen usw.) durch einen größeren Gehalt an Naphthenen bedingt ist;
3. Methan-Naphthenöle, in denen sich die beiden Kohlenwasserstoffreihen ungefähr im Gleichgewicht halten, und
4. Erdöle abnormer Zusammensetzung, zu denen die mit hohem Gehalt an Benzol und seinen Homologen, Terpenen usw. zu rechnen sind.

In den Roherdölen, deren Sauerstoffgehalt in der Regel innerhalb der Grenzen von 2 bis 3 Proz. schwankt, aber in einzelnen Fällen bis zu 14 Proz. ansteigen kann, finden sich auch sauerstoffhaltige Körper, wie geringe Mengen von Fettsäuren, aber kaum in freiem Zustande. Den Hauptbestandteil machen hier die sogenannten Naphthensäuren aus, von denen eine große Anzahl aus den verschiedenen Erdölsorten isoliert worden ist.

¹⁾ Engler-Höfer, Erdöl 1, 229.

Man versteht unter „Naphthensäure“ im engeren Sinne die im Erdöl schon vorhandenen Säuren der Formeln $C_nH_{2n-1}(CO.OH)$ oder $C_nH_{2n-2}O_2$, unter „Petrolsäure“ die Gesamtsäure des Roherdöls und unter „Kerosinsäure“ die erst bei der Raffination durch Oxydation mit Schwefelsäure gebildeten Säuren. Auch geringe Mengen von Phenolen sind im Erdöl nachgewiesen worden. Es sind häufig die spezifisch schweren Öle, die sich durch einen hohen Phenolgehalt auszeichnen, der sich z. B. in einzelnen Fraktionen des Erdöls vom Ojaital im Venturagebiet auf 12 bis 15 Proz. anreichern kann.

Für die organischen Schwefelverbindungen des Erdöls ist zuerst von G. Kraemer deren thiophenartige Natur ausgesprochen worden; später konnten Thiophen und Thiotolen in gewissen Erdölen nachgewiesen werden. Mabery und W. O. Quayle¹⁾ konnten aus dem verdünnten Säureteer von kanadischem Petroleum Schwefelverbindungen abscheiden, die sich von allen bekannten organischen Schwefelverbindungen durch ihre Zusammensetzung, Konsistenz, ihr spezifisches Gewicht und ihre chemischen Eigenschaften unterscheiden, deren empirische Zusammensetzung den erst in neuerer Zeit dargestellten Hydrothiophenen entspricht. Sie gehören einer Reihe $C_nH_{2n}S$ an und werden von den Genannten als Thiophane bezeichnet. Sie isolierten eine große Reihe derselben, vom Hexylthiophan $C_6H_{12}S$ bis zum Octodecylthiophan, $C_{13}H_{26}S$, und stellten deren physikalische und chemische Konstanten fest. Ihrer Konstitution legen sie einen Polymethylenring zugrunde.

Mabery und Smith²⁾ konnten in allen Fraktionen des Ohioerdöls Alkylsulfide, $(C_nH_{2n+1})_2S$, nachweisen. Dagegen fanden sie weder Thiophene noch Mercaptane. Letztere glaubt Kwjatkowsky³⁾ in den Destillaten des Erdöls von Baku nachgewiesen zu haben. Nach H. Hager⁴⁾ soll Petroleumäther (Siedep. 50 bis 80°) erhebliche Mengen von Schwefelkohlenstoff enthalten (?), Brennpetroleum dagegen nicht.

Wie aus den weiter oben gegebenen Elementaranalysen zu ersehen ist, ist der Stickstoffgehalt der Erdöle ein sehr schwankender. Im allgemeinen wird ein Gehalt von 1,5 Proz. als maximal zu betrachten sein, mit Ausnahme des algerischen Erdöls, das 2,17 Proz., und des kalifornischen, das bis zu 2,39 Proz. Stickstoff enthält. Die Stickstoffverbindungen des Erdöls gehören zum größten Teil der Pyridin- und Hydropyridinreihe an. Auch chinolinartige Abkömmlinge glaubt man in einzelnen Fällen unter Händen gehabt zu haben. Mabery⁵⁾ hat unter Annahme einer Durchschnittsformel $C_{10}H_{13}N$ für die Pyridinbasen des Erdöls die Menge derselben in kalifornischem Rohöl auf 10 bis 20 Proz. berechnet, neuerdings sogar bis 25 Proz., also ein sehr erheblicher Betrag, wovon der größte Teil auf die höher siedenden Fraktionen und den Rückstand entfällt. Peckham⁶⁾ hat beobachtet, daß alle Erdöle usw., die wenig oder gar nicht der atmosphärischen Luft ausgesetzt waren, den höchsten Stickstoffgehalt aufweisen; er nimmt gradweise ab von den Asphalten über die Erdteere zum Erdöl, und er glaubt diese Tatsache mit einer Substitution des Stickstoffs in den esterartigen basischen Verbindungen durch Sauerstoff erblicken zu sollen.

¹⁾ Proc. Am. Acad. **41**, 89; Amer. Chem. Journ. **35**, 404. — ²⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. **22**, 3303; **24**, Ref. 456. — ³⁾ Siehe Höfer, Das Erdöl und seine Verwandten, 2. Aufl., S. 82. — ⁴⁾ Dingl. Polyt. Journ. **183**, 165. — ⁵⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. **19**, 505. — ⁶⁾ Amer. Journ. of Science **48**, 254.

Die Verarbeitung des Erdöls auf Handelsprodukte erfolgt auf dem Wege der Destillation und chemischen Reinigung, die wir hier nicht weiter zu beschreiben haben. Zur Destillation dienen schmiedeiserne Blasen der verschiedensten Form und oft von enormer Größe, die teils intermittierend, teils kontinuierlich wirken. Veith¹⁾ gibt für Öle verschiedener Provenienz folgende Ausbeutezahlen der Rohdestillation:

	Pennsylvanien	Galizien	Rumänien	Elsaß	Baku
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Leichtflüchtige Öle	10—20	3—6	4	—	5—10,5
Leuchtöle	60—75	55—65	60—70	35—40	32—35,5
Rückstände	5—10	30—40	25—35	55—60	36—60

Die nach dem Abdestillieren der Leuchtölfraction hinterbleibenden Rückstände (Masut, Astatki, Residuen) sind von sehr verschiedener Beschaffenheit, je nach Art der Destillation. Ihre Konsistenz steigt mit der Menge der abgetriebenen Öle von dickflüssig bis halbkonsistent, bei gewöhnlicher Temperatur erstarrend. Sie sind von dunkelgrüner bis schwarzbrauner Farbe und brenzlichem, an Kreosot erinnerndem Geruch. Der dickflüssige, leicht erstarrende Rückstand amerikanischer Öle enthält häufig Paraffin in größerer Menge, während bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Rückstände in der Regel paraffinfrei sind, besonders die der Bakuöle. Das spezifische Gewicht beträgt gewöhnlich 0,880 bis 1,0 und auch darüber.

Die elementare Zusammensetzung der Rückstände zeigen folgende Analysen von Charitschkoff, Rudneff und Langowoi²⁾.

	Nr.	Spez. Gew.	C	H	N	S	O	Asche	Zusammen
Masut von Großny	1	0,906	86,41	13,00	0,07	0,10	0,40	0,12	100,10
	2	0,920	85,65	13,35	0,07	0,16	0,88	0,12	100,23
	3	0,932	86,67	12,26	0,06	0,10	0,72	0,19	100,00
	4	0,942	85,16	11,70	0,07	0,04	2,75	0,29	100,01
im Mittel . .		0,925	85,97	12,58	0,07	0,10	1,19	0,18	100,09
Großny . . .		—	86,00	11,52	—	2,48	2,48	—	—
Njeptjanaja .		—	86,21	12,41	0,17	0,02	1,21	0,15	—

Aus dem Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff ergibt sich eine Zusammensetzung nach den Formeln C_nH_{2n} bis C_nH_{2n+2} . An Einzelbestandteilen isolierten Morton³⁾ das Thallen, schwefelgelbe Blättchen, angeblich isomer mit Anthracen, Hemilian⁴⁾ das Petrocen, $C_{32}H_{22}$, vom Schmelzpunkt über 300° und sublimierbar, Prunier u. a.⁵⁾ Kohlenwasserstoffe der Formeln $(C_6H_2)_n$, $(C_{14}H_2)_n$, $(C_{16}H_2)_n$, $(C_{18}H_2)_n$ u. a. Claudy und Fink⁶⁾ isolierten das Cracken, $C_{24}H_{18}$, das nicht mit Picen identisch ist, grüne Blättchen vom Schmelzpt. 308° . Divers und Nakamura⁷⁾ fanden im Erdöl von Sagora (Japan) den Kohlenwasserstoff $(C_4H_3)_n$ vom Schmelzpt. 285° .

¹⁾ Das Erdöl, S. 442. — ²⁾ Vgl. Rakusin, Unters. d. Erdöls, S. 79. — ³⁾ Amer. Chem. III, S. 106. — ⁴⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 9, 1604. — ⁵⁾ Ann. chim. phys. [5] 17, 5. — ⁶⁾ Monatsh. f. Chem. 21, 118. — ⁷⁾ Journ. Chem. Soc. 47, 925.

Nach Zaloziacki und Gans¹⁾ bestehen die sogenannten Erdölharze, das sind schwere, grüngelbe, zähe Destillate, die bei der Destillation von Erdölresiduen bis zur Koksbildung übergehen, aus Paraffin, das durch Waschen mit kaltem Benzin entfernt werden kann, und Rohpetrocen neben geringen Mengen saurer und basischer Körper. Aus dem Rohpetrocen konnten sie die festen Kohlenwasserstoffe $C_{15}H_{10}$ und $C_{16}H_{12}$ (Schmelzp. 250,5 bzw. 221,5°) als weiße, seidenglänzende Blättchen bzw. kanariengelbe Schüppchen isolieren, deren Molekulargewichtsbestimmung mit der Elementaranalyse im Einklang steht. Sie erhielten ferner noch eine Anzahl anderer, wohlcharakterisierter Kohlenwasserstoffe von ähnlicher Zusammensetzung, deren Molekulargewicht noch nicht bestimmt wurde.

Von aromatischen Kohlenwasserstoffen sind in den Erdölrückständen gefunden worden: Anthracen, $C_{14}H_{10}$, Phenanthren, $C_{14}H_{10}$, Pyren, $C_{16}H_{10}$, Chrysen, $C_{18}H_{12}$, Reten, $C_{18}H_{18}$, Picen, $C_{22}H_{14}$, und Benzerythren, $C_{24}H_{18}$.

Die das Erdöl mancher Provenienz in geringer Menge begleitenden kohligen Substanzen hält Rakusin²⁾ für Molekularkohlenstoff und bis zu einem gewissen Grad bezeichnend für das Alter des Erdöls. Walden³⁾ widerspricht dem und sieht darin humin- oder ulminartige Stoffe in kolloidaler Lösung. Marcusson betrachtet dieselben für nichts weiter als kolloidal gelösten Asphalt auf Grund von Untersuchungen⁴⁾, auf die verwiesen werden muß. Sie finden sich nach ihm in allen rohen Erdölen in geringen Mengen vor, reichlicher natürlich in den Rückständen dieser Öle.

Weiteres Material für die Zwecke der Asphaltindustrie liefert in noch größerer Menge, weil anders nicht verwertbar, die chemische Reinigung der Rohöle und Erdöldestillate mit Schwefelsäure. Sie wird in ähnlicher Weise ausgeführt, wie wir dies bei der Reinigung der Steinkohlen- und Braunkohlenteeröle kennen gelernt haben. In manchen Fällen findet auch hier schon eine Behandlung der rohen Erdöle mit Schwefelsäure statt, meistens erstreckt sich dieselbe indessen nur auf die ersten Destillate. Bei der Behandlung der Rohöle bezweckt man zumeist eine Reinigung derselben von harzartigen und Asphaltbestandteilen. Eingehende Untersuchungen über die Wirkung der Schwefelsäure auf Rohöle hat Zaloziacki⁵⁾ angestellt und gefunden, daß die Schwefelsäure nicht nur eine erhebliche Menge von Bestandteilen aus dem Erdöl herausnimmt, sondern auch in bedeutendem Maße polymerisierend wirkt, also sehr tiefgehende Veränderungen hervorruft. Drei galizische Rohöle, welche zu den Versuchen dienten, gaben an 66° Schwefelsäure 11,8 bis 27,4 Vol.-Proz. ab; das gereinigte Öl zeigte dabei stets ein niedrigeres spezifisches Gewicht als das Rohöl, was mit der Beobachtung übereinstimmt, daß die Absorption sich im wesentlichen auf die über 300° siedenden Bestandteile erstreckt. Diese Ergebnisse decken sich vollständig mit den Angaben von Engler und Jezioranski⁶⁾, daß die Hauptmenge der schwer siedenden Bestandteile des Erdöls aus ungesättigten Kohlenwasserstoffen besteht.

Die Abfallschwefelsäure der Petroleumfabriken bildet eine hellbraun bis schwarz gefärbte teerige Flüssigkeit von starkem Geruch nach schwefliger

¹⁾ Chem.-Ztg. 1900, S. 535 u. 553. — ²⁾ Unters. d. Erdöls, S. 180—193. —

³⁾ Chem.-Ztg. 1906, S. 1169. — ⁴⁾ Ebend. 1907, S. 421. — ⁵⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1897, S. 587. — ⁶⁾ l. c.

Säure. Beim Verdünnen mit Wasser läßt sie die größte Menge der von ihr gelösten Stoffe in Form eines mehr oder weniger konsistenten Teers fallen, welcher erst eine Verwendung gefunden hat, seit man ihn auf asphaltartige Produkte zu verarbeiten gelernt hat. Das erste dahin zielende Verfahren ist von W. P. Jenny¹⁾ angegeben worden und besteht in folgendem: Die Säure wird mit ihrem gleichen Volum Wasser verdünnt und das sich ausscheidende, sehr übelriechende Öl abgehoben und mehrmals mit kochendem Wasser, zuletzt unter Zusatz von etwas Soda, gewaschen. Es wird dann in Blasen gefüllt und der unter 250° siedende Anteil abdestilliert. Dann bläst man durch den in der Blase verbleibenden Rückstand während eines Zeitraumes von 48 Stunden einen kräftigen Luftstrom; der Sauerstoff der Luft wird begierig absorbiert, und es entsteht eine nach dem Erkalten fest werdende, tiefbraune, harzige Masse, welche sich jedoch wesentlich vom Naturasphalt unterscheidet durch die Abwesenheit von größeren Mengen Aschebestandteilen, wie sie in keinem Naturasphalt fehlen, und durch ihre geringe Beständigkeit gegen Temperaturwechsel. Sie ist spröde in der Kälte und wird leicht weich in der Wärme und steht in dieser Beziehung sogar wesentlich hinter den guten Sorten Ölasphalt zurück, die aus asphalthaltigen Ölen hergestellt werden.

Eine andere Ausführungsform dieses Patents sieht von der vorherigen Verdünnung der Abfallsäure mit Wasser ab; dieselbe wird mehrere Tage auf 100 bis 150° C erwärmt, bis eine Probe im Wasser untersinkt. Je nach dem Grade der Oxydation ist das sich beim Eintragen in Wasser ausscheidende Produkt mehr oder weniger hart, unlöslich in Wasser, Alkohol und Alkalien, aber leicht löslich in allen Fetten und Ölen, Naphtha, Benzol usw. und auch in Schwefelsäure von 66° Bé. Mit Kautschuk und Guttapercha zusammen geschmolzen, bildet es elastische Massen, welche als Isolierungsmittel dienen können, und, in leichten Kohlenwasserstoffen gelöst, eignet es sich zur Herstellung von Asphaltlacken.

Rave²⁾ knetet zur Herstellung von „Mineralkautschukasphalt“ die Abfallsäure mit Metallspänen aller Art zusammen und läßt die Masse liegen, bis die Säure neutralisiert ist. Dann werden durch Kochen mit Wasser die Metallsulfate gelöst, worauf die Harze in geschmolzenem Zustande an die Oberfläche steigen. Diese haben, nachdem ihnen durch Auskochen mit Wasser die Salze vollständig entzogen sind, die Eigenschaften des bestgereinigten, weichen Asphalts und ähneln in bezug auf Elastizität und Dehnbarkeit dem Kautschuk. Durch Abtreiben der leichtflüchtigen Bestandteile in der Retorte kann man dem Material jede gewünschte Härte geben; erhitzt man so lange, bis nur noch sechs Zehntel des ursprünglich weichen Asphalts in der Retorte zurückgeblieben sind, so erhält man eine in Naphtha lösliche Masse, welche fast so hart als Ebonit ist und sich durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien sowie die Eigenschaft, ein ausgezeichneter Nichtleiter für Elektrizität zu sein, vorzüglich zur Isolierung von galvanischen Batterien, Leitungsdrähten und Kabeln, sowie zum Überziehen von Säurebehältern eignet. Eine Tonne der Abfallsäure liefert etwa 500 kg dieses gereinigten, weichen Asphalts neben den Sulfaten der zum Abstumpfen der Säure verwendeten Metalle.

¹⁾ D. R.-P. Nr. 3577; Dingl. Polyt. Journ. 232, 285. — ²⁾ Vgl. W. P. Thomson, Journ. Soc. Chem. Ind. 1888, p. 303; Chem.-Ztg. 1888, S. 145.

Nach Zaloziecki¹⁾ spielen bei der Zersetzung der Reinigungssäure aus Petroleumraffinerien Verdünnung, Licht und Wärme eine große Rolle. Bei der Verdünnung der Abfallsäure mit Wasser scheiden sich die in der konzentrierten Säure gelösten Bestandteile wieder aus, während daneben noch andere Reaktionen verlaufen, die zu Polymerisationen Veranlassung geben. Der aus frischer Säure durch Verdünnung abgeschiedene Teer enthält hauptsächlich polymerisierte Bestandteile des Petroleums von harziger Beschaffenheit, aus älterer Säure oder durch Erwärmen auf 60 bis 100° resultieren vorwiegend Sulfosäuren. Beim Verdünnen der Säure, welches am besten mit kaltem Wasser geschieht, entstehen oft drei Schichten. Die oberste besteht aus hellen, polymerisierten Körpern, sogenannten Säureharzen, die mittlere aus Schwefelsäurederivaten, die untere aus verdünnter Schwefelsäure, welche sehr schwer zu reinigen ist, sich aber auf schwefelsaure Tonerde verarbeiten läßt. Zaloziecki benutzt die beiden, über der Säure stehenden Schichten unter Vereinigung und Neutralisation mit basischen Oxyden, Carbonaten oder organischen Basen zur Herstellung von Lacken, die in die Klasse der gemischten Harzmetallseifenlacke gehören, also mit dem Gegenstand unseres Werkes nichts zu tun haben.

K. K. Lipinski²⁾ berichtet, daß man aus dem Säureteer der Schwerölsreinigung in den russischen Petroleumraffinerien einen Asphalt von großer Reinheit (90 Proz. Bitumen) und beliebigem Härtegrad gewinnt, wenn man denselben nach Abscheidung der Schwefelsäure mit überhitztem Wasserdampf neutralisiert und mehrmals mit Wasser wäscht und trocknet. Dieses gänzlich säurefreie Produkt findet immer ausgedehntere Anwendung als Ersatz für die natürlichen Asphalte. Die Menge des im Jahre 1910 in Baku aus Säureharzen hergestellten Asphalts belief sich auf 312 800 Pud, der zum Preise von 80 bis 85 Kopeken verkauft wurde und im wesentlichen als Zusatz zu Naturasphalt verwendet wurde³⁾.

Von weit größerer Bedeutung als die Gewinnung des Asphalts aus Abfällen der Erdölsreinigung ist die direkte Herstellung von Asphalt aus Erdöl geworden, und es ist in neuerer Zeit sogar eine gewisse Umkehrung der Technik zu verzeichnen, insofern, als man früher bei der Erdöldestillation auf möglichst große Leuchtölausbeute arbeitete, während man heute möglichst viel asphaltische Rückstände zu erzeugen sucht, wenigstens wo, wie z. B. in den Vereinigten Staaten, ein guter Markt für Asphalt vorhanden ist.

Die Erzeugung von Petroleumasphalt in Nordamerika ist⁴⁾ hauptsächlich auf die Mittel- und Weststaaten beschränkt, wenngleich auch in Kanada und den Oststaaten geringere Mengen von Asphalt zur Lack- und Dachpappenfabrikation erzeugt werden. Der Asphalt wird nicht sehr hart hergestellt, mit einem Schmelzpunkt von etwa 55°C, dient zum Vermischen mit Trinidadasphalt zu Straßenbauzwecken und stammt zumeist aus Texas und Kalifornien. Die typisch-texanischen Rohöle lieferten wohl einen vorzüglichen Asphalt, wenn die Destillation ohne Zersetzung verlief; da man jedoch oft zwecks Erhöhung der Leuchtölausbeute unter tiefgehender Schmierölzersetzung bis auf 16 bis 20 Proz. Rückstand abtreibt und nicht auf Asphalt, sondern auf sogenanntes „Asphaltum Oil“ arbeitet, wird im allgemeinen nur ein dem kalifornischen Asphalt nahestehendes Produkt erzeugt.

¹⁾ Naphtha 1897, Nr. 12 bis 19. — ²⁾ Chem.-Ztg. 1896, Rep., S. 106. — ³⁾ Petroleum 1910/11, S. 793. — ⁴⁾ Nach Engler-Höfer, Erdöl 3, 889.

Neuerdings wendet man aber auch hier die kalifornische Methode der Reduktion des unzersetzten Petrolrückstandes mit Dampf bis zu einem gewissen Maße an, indem das Asphaltum Oil, mit dem Zersetzungsrückstand gemischt, auf Asphalt verarbeitet wird, und das auf diese Weise hergestellte Produkt entspricht den Anforderungen, die auf Grund der fundamentalen Untersuchungen Clifford Richardsons an einen Asphalt gestellt werden müssen, der neben Trinidadasphalt zur Herstellung eines elastischen Straßenpflasters verwendet werden soll.

Das Verfahren besteht in einer einfachen Einengung mittels Feuer unter Einleiten von Dampf bei Temperaturen unter 350° . Obwohl hierzu zuweilen zylindrische, liegende Kessel verwendet werden, haben sich stehende Kessel mit einem Fassungsraum von etwa 15 t, die mit einem Bürstenrührwerk ausgestattet sind, wegen Verhütung des Ansetzens von Koks am Boden besser bewährt. Die Dampfverteilung ist unmittelbar über dem Bürstenrührer angeordnet, derart, daß entweder die Achse des Rührwerkes als Dampfzuführungs- und Verteilungsrohr dient, oder das letztere stationär als Stern ausgebildet ist.

Eine besondere Art von Asphalt, „Rubbonit“ genannt, wird durch Oxydation mit Luft aus einem asphaltreichen Rückstand bei höherer Temperatur hergestellt. Er besitzt nicht die spröde, brüchige Eigenschaft des gewöhnlichen Petrolasphalts, sondern er zeigt gummiähnliche Konsistenz und findet vielfach Anwendung als Füllmaterial bei der Hartgummiwarenfabrikation, sowie zu Packungen aller Art mit und ohne Zusatz trocknender Öle (s. u.).

Der nach dem vorbeschriebenen Verfahren aus kalifornischen Ölen gewonnene Asphalt wird in besonderen Kühlbehältern auf 80°C abgekühlt und in Fässer gefüllt. Man kann rechnen, daß 13 Barrels Öl im Gesamtgewicht von etwa 2500 bis 3000 kg 1000 kg Asphalt ergeben. Der so erzielte Asphalt kostet auf dem kalifornischen Markte etwa 13 \$ pro Tonne, doch unterliegen diese Preise natürlich den Schwankungen des Marktes. 1901 betrug die Produktion an Asphalt nur rund 27 000 t, im Jahre 1911 dagegen bereits 150 000 t; für das laufende Jahr rechnet man mit einer Erzeugung von 250 000 t, die im folgenden Jahr voraussichtlich auf 400 000 t steigen wird. Der kalifornische Asphalt wird zum weitaus größten Teil auf Walzasphaltstraßen verarbeitet.

Manche der zur Asphaltherstellung verwendeten Öle weisen mehr Malthene auf, von denen die Klebekraft des Asphalts abhängt. So zeigen die Öle vom San Joaquin-Feld 50 Proz. Malthene, die vom Santa Maria Palmer-Feld dagegen 84 Proz.

Wo nicht genügend asphalthaltige Öle zur Verfügung stehen, hat man sogar versucht, Öle mit Semiparaffin- oder reiner Paraffinbasis dazu zu verwenden. So z. B. will Chancey B. Forward¹⁾ Asphalt aus Erdöl jeder Art herstellen, auch aus solchen mit Paraffinbasis. Das Verfahren soll darauf beruhen, den in Asphalt überzuführenden Rückstand längere Zeit, etwa 24 bis 48 Stunden, auf ungefähr 330° zu erhitzen, dann etwa 5 bis 24 Stunden lang in einer offenen Pfanne einer Temperatur von etwa 270° auszusetzen. Nach der Beschreibung des Verfahrens kann der Prozeß kaum zu Erfolgen führen.

Im größten Maßstabe wird in den Vereinigten Staaten auch die Asphaltisierung der Öle durch Blasen mit Luft ausgeführt. Die Destillation des

¹⁾ Asphalt- u. Teerind.-Ztg. 1911, Nr. 34 u. 35.

Rohöls wurde in der Regel bis zum koksartigen Rückstand betrieben; beim pennsylvanischen Erdöl beträgt dieser Rückstand etwa 10 Proz. der Füllung der Blasen, und es war schon lange wünschenswert, die Bildung dieses Rückstandes zu vermeiden und statt seiner verwertbare Produkte zu erzielen. Die Bedingungen, unter denen es möglich ist, die Zersetzung der Petroleumrückstände zu verhindern und neben einer vermehrten Ausbeute an Ölen Produkte zu erhalten, die in der Asphaltfabrikation Verwendung finden können, sind zuerst von Byerley erkannt worden, und er hat ein Verfahren ausgearbeitet, das nach C. F. Mabery und Byerley¹⁾ in folgendem besteht:

Als Ausgangsmaterial dienen die schweren Öle von 25 bis 28° Bé, welche bei der Destillation nach dem Abtreiben der für Brennöle geeigneten Fraktion in der Blase zurückbleiben. Eine Probe dieses teerartigen Produktes zeigte bei 20° ein spezifisches Gewicht von 0,9325; es absorbierte 12,18 Proz. Brom und gab dabei 2,23 Proz. Bromwasserstoff ab. In Retorten von der Form einer Käseglocke mit etwas kleinerem Durchmesser als Höhe und mit Böden von Stahlblech versehen, wird dieser Teer zur Destillation gebracht; die Blasen fassen ungefähr 150 Barrels, wobei sie etwa zur Hälfte gefüllt sind. Wesentlich ist die Einleitung von Luft in die Flüssigkeit während der Destillation; sie wird durch fünf vertikale Röhren von 1½" Durchmesser, welche bis nahe zum Boden der Blase reichen, eingeführt. Vom Scheitel des Domes führt ein 6zölliges Abzugsrohr für die Dämpfe nach den Kondensatoren, welche mit Rezipienten in Verbindung stehen, an welchen Luftpumpen und Exhaustoren Luft durch die Blase saugen; die Temperatur wird mittels eines in die Flüssigkeit eintauchenden Pyrometers kontrolliert.

Man heizt zunächst auf 100 und später auf 170° C, auf welcher Höhe die Temperatur gehalten wird. Schon aus der Menge des Destillats ergibt sich eine bequeme Kontrolle für den Prozeß; das Destillat besitzt die Eigenschaften der weniger flüchtigen Bestandteile des rohen Erdöls, ist von dunkelroter Farbe und kann durch Schwefelsäure raffiniert werden. In der Praxis wird das gesamte Destillat auf Brennöl verarbeitet. Die Qualität des zurückbleibenden Asphalts hängt von der Dauer der Destillation ab, die in der Regel in 4 bis 5 Tagen beendet ist; je weiter sie ausgedehnt wird, um so härter fällt natürlich der restierende Asphalt aus.

Die während des Prozesses durch die Flüssigkeit gesogene Luft bewirkt nicht allein eine teilweise Oxydation, namentlich wenn der Teer von schwefelhaltigen Ölen herrührt, sondern sie verhütet auch durch die fortwährende Bewegung der Flüssigkeit eine Zersetzung bzw. Verkokung desselben; als Oxydationsprodukte entweichen außer Wasserdampf und schwefeliger Säure noch etwas Schwefelsäure. Der Schwefel wird indessen nur zum Teil oxydiert; ein Teil desselben bleibt im Asphalt erhalten, und ein geringerer Teil findet sich in dem überdestillierten Öl. An Handelsprodukten entstehen bei diesem Prozeß:

1. Goudron, flüssiger Asphalt, welcher als Zusatz bei der Ausführung von Gußasphaltarbeiten dient;
2. Dachasphalt, zur Herstellung von Dachpappe und Isoliermaterialien, auch für Isolierung von Telefonleitungen geeignet;
3. Straßenasphalt und

¹⁾ Amer. Chem. Journ. 1896, S. 141; Chem.-Ztg. 1896, Rep. S. 77.

4. Byerlyt oder Firnisasphalt, ein ausgezeichnetes Material zur Herstellung der feinsten Sorten von Japanlack und dunklen Firnissen.

Die einzelnen Produkte zeigen folgende elementare Zusammensetzung:

	Goudron	Dach- asphalt	Straßen- asphalt	Byerlyt
C	86,22	86,48	86,90	87,44
H	10,91	10,33	10,20	9,31
S	0,30	0,40	0,39	0,41
N	0,18	0,61	0,63	0,64
O (durch Differenz)	2,39	2,18	1,88	2,20
Spezifisches Gewicht	0,9560	1,00	—	1,04

Wie Mabery¹⁾ hervorhebt, findet bei diesem Prozeß weniger eine Aufnahme von Sauerstoff, als ein Verlust an Wasserstoff statt, und es liege daher hier eine Kondensation oder Polymerisation vor, derselbe Vorgang, der der Entstehung des natürlichen Asphalts zugrunde liegt.

Heute wird die künstliche Asphaltisierung der Öle durch Blasen mit Luft nicht mehr in den Destillationsgefäßen selbst vorgenommen, sondern, um diese besser ausnutzen zu können, in besonderen Konvertern, in die man die heißen Destillationsrückstände abläßt. Am weitesten ist die Technik der Gewinnung von Asphalt aus Erdölen in den Vereinigten Staaten vorgeschritten, weil dort asphaltische Öle in großer Menge vorkommen und ein stets aufnahmefähiger Markt vorhanden ist.

Nach Clifford Richardson²⁾ wird künstlicher Asphalt aus Petroleumrückständen dadurch hergestellt, daß man Schwefeldämpfe bei hoher Temperatur auf dieselben einwirken läßt; der Schwefel soll hier die gleiche Rolle spielen wie der Sauerstoff in dem von Mabery und Byerley angegebenen Verfahren.

Ein diesbezügliches Patent entnahm auch J. A. Dubbs³⁾. Rohpetroleum oder Petroleumrückstände werden mit Schwefel erhitzt, dann die Temperatur erniedrigt und abermals Schwefel zugesetzt und erhitzt und dies noch ein drittes Mal wiederholt, worauf man schließlich weiter erhitzt, bis das Produkt den gewünschten Härtegrad erreicht hat. Späterhin hat derselbe⁴⁾ das Verfahren dahin abgeändert, daß die Rückstände zuvor einer Behandlung mit Dampf unterworfen werden zur Entfernung der vorhandenen Paraffine. Nachdem durch Erhitzen alle Feuchtigkeit ausgetrieben ist, wird Schwefel in bestimmten Verhältnissen, die sich nach dem Härtegrad des zu erzeugenden Produktes richten, zugesetzt und so lange bei einer wenig unter der Destillationsgrenze liegenden Temperatur weiter erhitzt, bis das gewünschte Produkt erzielt ist.

D. W. Peiks⁵⁾ auf der gleichen Reaktion beruhendes Patent ist dadurch gekennzeichnet, daß man auf 10 bis 20 Gew.-Tle. Petroleumrückstände oder ähnliche Kohlenwasserstoffverbindungen 50 Gew.-Tle. Teer und 50 Gew.-Tle. Harz zusetzt und das Gemisch unter Umrühren auf etwa 160° erhitzt, worauf man unter fortgesetztem Rühren und Steigerung der Temperatur auf 177°

¹⁾ Chem.-Ztg. 1896, S. 83. — ²⁾ Ebend., S. 289. — ³⁾ Amer. Pat. Nr. 468 867, 1892. — ⁴⁾ Amer. Pat. Nr. 480 234, 1892. — ⁵⁾ D. R.-P. Nr. 124 629, 1899.

und darüber ungefähr 3 bis 6 Tle. Schwefel zusetzt. Es kann auch ein Teil der Kohlenwasserstoffverbindungen zurückbehalten, mit dem Schwefel gemischt und zusammen mit diesem der erhitzten Mischung später zugefügt werden.

Man hat bei der Darstellung von Asphalt mit Hilfe von oxydierenden oder wasserstoffabspaltenden Mitteln sich nicht allein auf Sauerstoff und Schwefel beschränkt, sondern auch andere Agenzien zugezogen, namentlich um härtere Asphalte aus weicheren oder flüssigen Produkten zu erhalten. So sollen Asphalte, Peche u. dgl. nach einem Verfahren von J. Jeserich, A.-G., Charlottenburg¹⁾, dadurch gehärtet werden, daß man sie chloriert. Man setzt dem Material einen Chlorüberträger in Gestalt von Leinöl, Rüböl u. dgl. zu (besonders wirksam ist der Milchsaft der Guayulepflanze) und fügt dann zu der heißen Masse Hexachloräthan. Man kann so aus einem Naturgoudron von 60 bis 65° Schmelzpunkt ein Produkt erhalten, das erst bei 170° schmilzt. Das Produkt ist außerdem elastisch und schwerer brennbar als die bisherigen Substanzen. Durch Behandlung von weichem Naturasphalt mit Chlor bei einer Temperatur von etwa 200° C erhält man nach Loebell²⁾ ein hartes, glänzendes Material von kristallinischem Bruch, das über 150° schmilzt. Das nach diesem Verfahren erhaltene Produkt ist nicht identisch mit den Körpern, die man nach dem vorgenannten Patent Nr. 228497 gewinnt, da bei dem letzteren ein Chlorüberträger nötig ist.

Salpetersäure scheint ähnlich zu wirken. So wird nach Day³⁾ aus Asphalt ein Produkt zur Herstellung von Firnis in der Weise gewonnen, daß der Asphalt mit Salpetersäure behandelt wird. Er scheidet sich dabei in zwei Teile, von denen der eine Teil leichter, der andere schwerer als Wasser ist. Der schwere Teil wird in Benzol gelöst und so ein Produkt erhalten, das an Stelle von Schellack benutzt werden kann.

4. Asphalt aus der Mineralölvergasung.

Einer weiteren, allerdings nur in beschränktem Maße ergiebigen Quelle für künstlichen Asphalt haben wir im Anschluß an die Paraffin- und Mineralöl- sowie Petroleumindustrie zu gedenken, d. i. des sogenannten Ölgasprozesses. Man weiß seit langer Zeit durch pyrogene Zersetzung von Ölen, Fetten und schweren Kohlenwasserstoffen ein Gas herzustellen, das eine sehr hohe Leuchtkraft besitzt und vielfache Verwendung findet, in der letzten Zeit namentlich zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen, weil es sich leicht komprimieren läßt, und daher unter dem Namen „transportables Gas“, „Fettgas“ oder „Ölgas“ bekannt ist.

Als Rohmaterial zur Herstellung dieses Gases dienen heute ausschließlich die bei der Verarbeitung des Braunkohlen- oder Leuchtschieferteers, sowie des rohen Erdöls entfallenden schweren Öle, in der Regel „Gasöl“ genannt. Diese Öle werden in glühende Retorten eingeführt, worin sie sich zunächst verflüchtigen, während die gebildeten Dämpfe sich dann an den heißen Wänden der Retorten, sowie in dem hoch erhitzten Retortenraum selbst in gasförmige Körper und einen Teer zersetzen, der sich in der Vorlage sammelt, den sogenannten Öl- oder Fettgasteer. Der Vorgang, der bei der Bildung des Ölgasteers stattfindet, ist der, daß die schweren, wie wir gesehen haben, größten-

¹⁾ D. R.-P. Nr. 228 497. — ²⁾ Asphalt- u. Teerind.-Ztg. 1911, S. 482. — ³⁾ Amer. Patent Nr. 267 337.

teils ungesättigten Reihen angehörigen Kohlenwasserstoffe in einfache gesättigte Kohlenwasserstoffe und gasförmige Olefine zerlegt, und daß außerdem durch Einwirkung der überhitzten Retortenwände auf die Öldämpfe unter Abspaltung von Kohlenstoff aromatische Substanzen gebildet werden.

Die Untersuchungen, die über die Zusammensetzung des Ölgasteeres vorliegen, zeigen, daß diese mit Rücksicht auf die verschiedene Natur des Rohmaterials, sowie die wechselnde Bildungstemperatur eine sehr schwankende ist. Neben den im Steinkohlenteer vorhandenen aromatischen Kohlenwasserstoffen (Phenole und Basen fehlen, weil das Rohöl keinen oder äußerst wenig Stickstoff und Sauerstoff enthält) finden sich Kohlenwasserstoffe der Fettreihe, namentlich Olefine und Acetylene und bisweilen auch niedrig siedende, gesättigte Kohlenwasserstoffe dieser Klasse. Scheithauer¹⁾ hat einen, wohl aus Braunkohlenteerölen gewonnenen Ölgasteer untersucht und gibt dafür folgende Siedeanalyse:

von 70 bis 110	bis 150°	gehen über	5 bis 10	Proz.
"	150 "	200°	" "	5 " 10 "
"	200 "	250°	" "	20 "
"	250 "	300°	" "	20 "
	über 300°	" "	" "	30 "
Rückstand und Verlust	. . . . .			10 "

Ein von Dworkowitsch²⁾ aus russischen Petrolrückständen hergestellter Teer lieferte bei der Verarbeitung:

Benzol	. . . . .	32,40	Proz.
Leichte Öle	. . . . .	41,10	"
Anthracen	. . . . .	0,14	"
Schmieröl	. . . . .	11,00	"
Pech	. . . . .	11,00	"

Der Ölgasteer steht nach seiner Zusammensetzung etwa in der Mitte zwischen Steinkohlenteer und Braunkohlenteer. Er enthält zwar zum größten Teil aromatische Bestandteile, ist aber noch mit unzersetzten aliphatischen Kohlenwasserstoffen, auch Cycloparaffinen vermengt, so daß die daraus gewonnenen aromatischen Rohdestillate nicht für die Farbenindustrie brauchbar sind. Sein Geruch ist sehr penetrant, was sich auch auf die leichten Destillate überträgt. Er ist frei oder fast frei von fixem Kohlenstoff und gibt infolgedessen beim Destillieren einen hochglänzenden Asphalt, der aber wenig beständig gegen Temperatureinflüsse ist, sich infolgedessen schlecht zum Ersatz von Naturasphalt eignet, besser dagegen wegen seiner leichten und vollständigen Löslichkeit für die Zwecke der Lackindustrie.

Von ganz ähnlicher Beschaffenheit wie der Ölgasteer ist der Wassergasteer, der bei der Herstellung von autokarburierem Wassergas gewonnen wird. Über diesen Prozeß berichtet ausführlich E. Graefe³⁾. Er besteht darin, daß das in besonderen Generatoren nach der Gleichung: $C + H_2O = CO + H_2$ erzeugte nichtleuchtende Gas zwecks Erteilung einer genügenden Leuchtkraft zusammen mit einem Nebel von fein zerstäubtem Öl durch hocherhitzte Karburatoren geführt wird. Dieses sind aus Schamotte gemauerte, mit Eisenmantel umgebene und mit Gitterwerk aus Schamotte ausgesetzte

¹⁾ Fabr. d. Mineralöle, S. 282. — ²⁾ Journ. of Gas Lighting 1893, S. 1083. — ³⁾ Petroleum 1907, Nr. 5.

Zylinder, die vorher durch Heizung mit Generatorengas, das bei der Gewinnung von Wassergas abfällt, auf hohe Temperatur gebracht worden sind. An den hochoberhitzten Steinen zersetzt sich das eingesprühte Öl und gibt dabei Ölgas, das sich dem nichtleuchtenden Wassergas beimengt und seine Leuchtkraft bedingt.

Der Prozeß der Karburierung des Wassergases wird im allergrößten Maßstabe in Ländern ausgeübt, die entweder selbst reich an Mineralölen sind oder in die Mineralöl zollfrei eingeführt werden darf. Schätzungsweise werden allein von karburiertem Wassergas in den Vereinigten Staaten von Nordamerika jährlich 1500 bis 2000 Millionen Kubikmeter hergestellt. Viele solcher Anlagen sind auch in Deutschland vorhanden und werden hier teils mit Braunkohlenteerölen, vor allem aber mit importiertem Gasöl aus Erdöl betrieben. Sie dienen meistens als Hilfsgasanstalten, da sie gestatten, in kurzer Zeit mit einem geringen Aufwand von Bedienung große Mengen Gas zu erzeugen. Beim Wassergasprozeß wird das Gasöl noch mehr ausgenutzt als beim Ölgasprozeß, so daß hierbei nur 20 bis 30 Proz. Teer abfallen. Der Teer ist von ähnlicher Zusammensetzung wie der Ölgasteer und hat ein spezifisches Gewicht um 1 herum. Auch aus ihm stellt man Asphalt dar, da der Wassergasteer wie der Ölgasteer sehr arm an freiem Kohlenstoff ist. Für jeden Kubikmeter zu karburierendes Wassergas rechnet man mit einem Verbrauch von etwa 350 bis 400 g Gasöl, welche etwa 100 g Teer liefern. Er ist stark wasserhaltig, das emulsionsartig mit ihm vermischt ist, da die spezifischen Gewichte der beiden Flüssigkeiten nahezu die gleichen sind, und man kann ihn nicht ohne vorheriges Trennen vom Wasser verarbeiten. Scholvien¹⁾ entzieht ihm durch Behandeln mit gebranntem Gips oder Ätzkalk das Wasser; nach einem neueren Verfahren läßt sich der Wassergasteer in der Zentrifuge leicht vom Wasser trennen.

5. Das Montanpech (Montanpitch).

In relativ geringen Mengen tritt das Montanpech auf, hat aber um seiner wertvollen Eigenschaften willen als Isoliermaterial eine hervorragende Bedeutung. Bei der Extraktion der Braunkohle mit Benzin, oder vorteilhafter Benzol, gewinnt man das sogenannte rohe Montanwachs, das in rohem Zustande an Stelle von Carnaubawachs u. dgl. auf Schuhereme, Phonographenwalzen u. dgl. verarbeitet wird. Ein Teil desselben wird weiter verarbeitet auf wertvollere, farblose Produkte und unterliegt zu diesem Zwecke einer Verarbeitung durch Destillation.

Nach dem D. R.-P. Nr. 101373 wird das rohe Wachs in einer Destillierblase auf 300° erhitzt und durch Einblasen von trockenem, 250° heißem Dampf ein Destillat — gereinigtes Montanwachs — und ein Rückstand — Montanpitch — daraus gewonnen. Das Montanpech ist je nach der Beschaffenheit des Rohwachses von etwas differierenden Eigenschaften. In der Regel erscheint es als tiefschwarze, etwas spröde, nicht sehr harte Masse, die dem Druck des Fingernagels nachgibt, zwischen 50 bis 60° schmilzt, und zeigt oft wachsartigen Charakter. Seine Hauptbestandteile sind hochmolekulare Paraffinkohlenwasserstoffe neben anderen ungesättigten Kohlenwasserstoffen komplizierter Art. Es weist einen geringen, aus Kalk, Tonerde und Magnesia-

¹⁾ D. R.-P. Nr. 161236.

salzen bestehenden Aschengehalt und nur geringe Säurezahlen, herrührend von etwas unzersetztem Wachs, auf.

Seiner vorzüglichen Eigenschaften wegen ist das Montanpech als elektrotechnisches Isoliermaterial außerordentlich geschätzt.

6. Die Fettpeche.

Als weitere hierher gehörige Produkte, hervorgegangen aus dem Prozeß der Destillation, erwähnen wir die Rückstände der Verarbeitung tierischer und pflanzlicher Fette und Öle, die bei anderen Fabrikprozessen als Nebenprodukte gewonnen werden und, wenn auch in bescheidenem Maße auftretend, immerhin zu einiger Bedeutung gelangt sind. Es sind dies das Stearinpech, das Wollschweißfettpech und das Cottonölpech.

Das Stearinpech entsteht als mehr oder weniger weicher bis wachsharter, tiefschwarzer Rückstand bei der Destillation der Fettsäuren, besonders des Rohstearins mit überhitztem Wasserdampf bei möglichst nicht zu hoher Temperatur. Dabei wird zuerst ein teerartiger Rückstand, sogenannter Stearinsgoudron, gewonnen, der dann bei einer weiteren Destillation mit überhitztem Wasserdampf von 300° das Pech liefert. Die Ausbeute beträgt nur 2 bis 3 Proz. des Rohmaterials.

Donath und Strasser¹⁾ fanden in einem solchen Pech 21,6 Proz. in Alkohol mit Fluoreszenz löslicher Bestandteile mit geringer Säurezahl neben 9,0 Proz. Verseifbarem. Bei der Destillation wurden 80,5 Proz. flüchtige Bestandteile und 19,5 Proz. Koks erhalten. Davies²⁾ fand 71,05 Proz. Benzol-lösliches, 28,95 Proz. Benzolinlösliches, 0,04 Proz. Schwefel und 5,5 Proz. Asche. Graefe stellte folgende Konstanten fest: Schwefelgehalt 0,67, Jodzahl 40,4, Schmelzpunkt 43°.

Das Cottonpech, das auf ähnliche Weise bei der Gewinnung des Cottonstearins entfällt, zeigt in seinem Äußeren und seinen Eigenschaften die größte Ähnlichkeit mit Stearinpech.

Das Wollschweißfettpech, kurz Wollpech genannt, entsteht ganz ähnlich den vorigen bei der Verarbeitung des Wollschweißfettes. Graefe fand den Schmelzpunkt bei 32°, die Jodzahl zu 36,9. Donath stellte fest: Säurezahl 13,09 und 16,7, Verseifungszahl 46,45 und 70,32, Ätherunlösliches 52,84 und 77,56, Asche 1,0 und 1,5 Proz.

Auf eine Untersuchung von J. Marcusson³⁾ über die Zusammensetzung und Unterscheidung der Fettpeche, sowie ihren Nachweis in Erdölpechen sei verwiesen.

7. Harzpech (Burgunderpech) und Holzteerpech.

Wird geschmolzenes Kolophonium, der Rückstand der Terpentinöldestillation, in der Destillierblase über 120° erhitzt, so zerfällt es und liefert neben brennbaren Gasen ein wässriges, essigsäurehaltiges Destillat, leichte und schwere Öle (Harzessenz, Pinolin, Harzöle) unter Hinterlassung eines pechartigen Rückstandes in der Blase, des Harz- oder Burgunderpechs, das in der Industrie vielfache Verwendung findet.

¹⁾ Chem.-Ztg. **17**, 1788. — ²⁾ Chemist and Druggist **25**, 504. — ³⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1911, S. 1297.

Schon Eirinis hat sich dieses Produktes zur Herstellung von Asphaltmastix bedient.

Bei der Verwertung des Holzes (Astholz, Reißholz, Wurzelstockholz, Holzabfälle) durch trockene Destillation, die im größten Maßstab ausgeführt wird, erhält man Holzgas, ein wässriges Destillat, den rohen Holzessig, Holzteer und als Rückstand Holzkohle. Die Endprodukte der Holzverkohlungsindustrie sind Holzkohle, holzessigsaurer Kalk, Essigsäure, Aceton, Holzgeist, Kienöl, Kienteer und Kreosot.

Der Rohteer aus Laubholz enthält im Durchschnitt etwa 20 Proz. Holzessig und Holzgeist, 5 Proz. leichte und 10 Proz. schwere Teeröle und etwa 60 Proz. Holzteerpech, die durch Destillation über freiem Feuer gewonnen werden. Der Teer aus harzreichen Nadelhölzern enthält erhebliche Mengen terpenartiger Öle, die ihn in Lösung halten und dünnflüssiger machen, so daß er sich an der Oberfläche des wässrigen Destillats leicht abscheidet. Er wird behufs Gewinnung von Holzessig, Kienöl und Kienteer mechanisch vom Wasser getrennt und durch Einblasen von direktem Dampf vom Kienöl befreit, wobei als wertvolles Nebenprodukt der Kienteer (sogenannter schwedischer Schiffsteer) hinterbleibt, der ohne weitere Verarbeitung hauptsächlich für Marinezwecke in den Handel gebracht wird.

Das Pech aus Laubholzteer ist von spröder brüchiger Beschaffenheit, besitzt wenig Bindekraft und ist daher als Asphalteryersatzstoff nicht geeignet. Nach E. Graefe¹⁾ kommen ihm folgende Konstanten zu: Schmelzpunkt, nach Kraemer und Sarnow, 195°, Benzolextraktionsrückstand 42 Proz., Schwefelgehalt 0, Jodzahl 140,0.

¹⁾ Chem.-Ztg. 1906, Nr. 27.

II.

TECHNISCHER TEIL

Wir haben gesehen, daß die wertvollen Eigenschaften des Asphalts schon in den frühesten Epochen menschlicher Kultur erkannt und zu mancherlei Zwecken ausgenutzt worden sind, und es ist begreiflich, daß der Asphalt mit dem Fortschreiten der Kultur ein Material von größter Bedeutung werden mußte.

Seine hohe Widerstandsfähigkeit gegen chemische und physikalische Einflüsse, sein schlechtes Leitungsvermögen für Elektrizität, Wärme und Schall, seine Plastizität und hohe Bindefähigkeit, seine Undurchdringlichkeit für Wasser und Gase, seine glänzend schwarze Farbe und Lichtempfindlichkeit und sonstigen bemerkenswerten Eigenschaften sind Vorzüge, die den Asphalt wie kein anderes Material in den Stand setzen, auf allen Gebieten menschlicher Tätigkeit eine hervorragende Rolle zu spielen.

Bei weitem die größte Verwendung findet der Asphalt im Baugewerbe, und hier besonders im Straßenbau zur Oberflächenfestigung, ferner als Fußbodenbelag und Isolierschicht gegen Feuchtigkeit, zur Dachbedeckung und für viele andere baugewerbliche Zwecke. Es sind enorme Quantitäten von Asphaltmaterial, die namentlich der Straßenbau verschlingt. Früher kamen, wenigstens in Europa, nur zwei Arten der Ausführung in Betracht: der Stampfasphalt und der Gußasphalt. In den letzten dreißig Jahren hat sich aber in den Vereinigten Staaten von Amerika, begünstigt durch den großen Reichtum an natürlichen Bitumen und den relativen Mangel an für Stampfasphaltarbeiten geeignetem Material, in Europa wenig beachtet, noch eine dritte Art der Straßenbefestigung mit Asphalt, der sogenannte Walzasphalt, ausgebildet.

Während von den beiden zuerst genannten Verfahren sich das erstere ausschließlich, das zweite dagegen nur insoweit des natürlichen Asphaltkalksteins bediente, daß durch Zusatz asphaltartiger Flußmittel noch eine gußfähige Masse (Asphaltmastix) entstand, geht das Walzasphaltverfahren von gewöhnlichem Steinschlag, Kies oder Sand aus, die mit hochgradigen Natur- oder Ölasphalten vermischt und nach Art des Makadams festgewalzt werden. Die Zubereitung und Verlegung des Materials geschieht ganz durch Maschinenkraft und hierin liegt der große Vorteil des Verfahrens. In England und Deutschland, denen der Reichtum an natürlichen Asphalt abgeht, stellt man seit einiger Zeit derartige Straßen unter Verwendung von Steinkohlenteer-asphalt her.

Der enorm steigende Verbrauch an Asphalt für Straßenbauzwecke ergibt sich aus folgenden Vergleichen und Zahlen. 1881 lagen in Berlin etwa 130 000 qm Stampfasphalt, 1897 schon annähernd $1\frac{1}{2}$ Millionen Quadratmeter. Heute besitzt Charlottenburg allein 925 000 qm, d. h. 65 Proz. seiner gesamten Fahrbahflächen in Stampfasphalt. Im Jahre 1910 wurden in den Berliner Vororten allein weitere 388 000 qm in Stampfasphalt und 83 000 qm in Gußasphalt verlegt, wozu 33 000 t Asphaltpulver und 5000 t Gußasphalt

verbraucht wurden. In Europa steht Deutschland und vor allem Berlin im Verbrauch an Stampfasphalt an erster Stelle, der nur zu etwa 10 Proz. aus inländischer Produktion gedeckt wird, während der Rest aus Italien, Frankreich und der Schweiz eingeführt werden muß.

Paris besaß 1897 358 000 qm Stampfasphaltpflaster, dessen Umfang bis heute nur auf 420 000 qm gestiegen ist. Nach Clifford Richardson¹⁾ wurden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1906 allein 6 670 170 qm Asphaltpflaster verlegt. An Walzasphalt liegen hier bis heute mehr als 150 Millionen Quadratmeter, deren Umfang von Jahr zu Jahr um wenigstens 15 Millionen Quadratmeter steigt.

Gegenüber dem Verbrauch für solche Flächen fällt der für andere Zwecke kaum ins Gewicht. Und dieser Verbrauch ist fortwährend im Steigen begriffen; es ist nicht zu viel gesagt, wenn man behauptet, daß der bituminösen Straße in irgend einer Form die Zukunft gehört. Die modernen Verkehrsmittel, vor allem die automobil bewegten Fahrzeuge, stellen Anforderungen an die Fahrstraßen, denen die alten Konstruktionen längst nicht mehr gewachsen sind. Für diese Anforderungen bietet aber gerade die Asphaltstraße die günstigsten Bedingungen, die infolge ihrer Geräuschlosigkeit und Undurchlässigkeit für Wasser, ihrer Staubfreiheit, Reinlichkeit, Elastizität sowie ihrer schönen, glatten Oberfläche noch weitere in unserem hastenden Zeitalter doppelt wertvolle Vorteile bietet, die von keinem anderen Straßenbausystem auch nur annähernd erreicht werden.

Es drängt sich angesichts solcher Verhältnisse die Frage auf, ob der Weltvorrat an Asphaltmaterial dem starken Konsum standzuhalten vermag. Wir glauben sagen zu dürfen, daß in den bereits erschlossenen Lagerstätten der Weltbedarf an Asphalt noch für lange Jahre gedeckt werden kann. Neue Quellen werden sich erschließen und es steht kaum zu befürchten, daß in absehbarer Zeit ein Mangel an diesem vielbegehrten Material eintreten wird.

¹⁾ Chem.-Ztg. 1907, S. 576.

Sechstes Kapitel.

Der Stampfasphalt und die Ausführung von Stampfasphaltarbeiten.

Wir haben bereits erwähnt, daß zur Ausführung von Stampfasphaltarbeiten ausschließlich der bituminöse Kalkstein gewisser Lagerstätten, deren wichtigste im vorigen Kapitel beschrieben worden sind, im natürlichen Zustand und ohne weitere, als eine mechanische Aufbereitung verwendet wird. An den genannten Fundorten wird das Gestein teils durch Tagebau, teils durch Schacht- und Stollenbetrieb gefördert. Die Sprengung der Felsen erfolgt meistens durch Pulver, welches sich bei dem weichen Gestein besser bewährt hat als Dynamit. Die Herstellung der Bohrlöcher kann größtenteils mit sogenannten Handlöffelbohrern erfolgen. Das gebrochene Gestein wird in Deutschland am Ort der Gewinnung selbst weiter verarbeitet, an anderen Orten aber meist direkt als solches verschickt.

Je nach seinem Reichtum an Bitumen wechselt die Farbe des Asphaltsteins von grau bis schwarzbraun; ein Gestein mit normalem Bitumengehalt (etwa 10 Proz.) besitzt die Farbe der Schokolade. Die Härte des Gesteins wechselt gleichfalls mit dem Bitumengehalt, so daß ein sogenannter „magerer“ Stein beim Zerschlagen in bezug auf Bruch und Klang sich kaum vom reinen Kalkstein unterscheidet, während „fettes“ Gestein als plastische Masse beim Anschlagen einen Eindruck vom Hammer empfängt, ja sich bis zu gewissem Grade breitschlagen läßt und nur einen dumpfen und stumpfen Ton gibt. Ein derartiges Gestein läßt sich auch mit dem Messer leicht bearbeiten oder bei noch höherem Bitumengehalt leicht zwischen den Fingern zerdrücken. Ebenso wechselt mit dem Gehalt an Bitumen auch das spezifische Gewicht des Asphaltsteins, welches aber auch andererseits von der Natur des Gesteins beeinflusst wird; ein Gestein mit etwa 10 Proz. Bitumen besitzt ein spezifisches Gewicht von ungefähr 2 bis 2,15.

Über die Zusammensetzung des Asphaltsteins verschiedener Gruben haben wir bereits an anderer Stelle das Erforderliche gesagt. Wir sehen daraus, daß der Grad der Durchsetzung des Gesteins mit Bitumen ein außerordentlich wechselnder und nicht einmal für das Gestein ein und derselben Abstammung derselbe ist. Diese Abweichungen hängen natürlich ebensosehr mit der physikalischen Beschaffenheit des durchsetzten Gesteins (Dichtigkeit des Gefüges, Feinheit des Korns), als wahrscheinlich auch mit dem Druck und der Natur des Bitumens zur Zeit der Imprägnierung und der Zeitdauer dieser letzteren selbst zusammen. Daraus erklärt es sich auch, daß der Bitumengehalt im Stein, der durchschnittlich zu etwa 10 Proz. angenommen werden kann, an manchen Stellen ein und derselben Lagerstätte auf 20 bis 30 Proz. steigen kann, während er andererseits wieder bedeutend unter den Durch-

schnittsgehalt sinkt und sogar inmitten des bituminösen Gesteins Schichten vorkommen, welche gänzlich frei von Bitumen sind.

Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß es durchaus nicht gleichgültig ist für die Güte einer Stampfasphaltarbeit, welchen Bitumengehalt das verwendete Asphaltpulver besitzt; ist es zu arm an Bitumen, so besitzt es keine Bindekraft, und wenn es sich auch beim Komprimieren zu einer festen Schicht vereinigt, so ist diese doch nicht elastisch und undurchlässig genug für Feuchtigkeit und widersteht im Winter nicht der Kälte. Steigt der Bitumengehalt aber über das normale Maß, so ist eine aus derartigem Material hergestellte Pflasterung zu empfindlich gegen die Sonnenhitze, sie empfängt Eindrücke von Huf und Rad, wird uneben und löcherig und verschiebt sich leicht, besonders bei etwas geneigter Fahrbahn. Die Praxis hat gelehrt, daß die besten Resultate bei Stampfasphaltarbeiten bei einem möglichst gleichmäßigen Gehalt an Bitumen von etwa 8 bis 10 Proz. und nicht über 12 Proz. erzielt werden.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Sichtung des rohen Materials vor der weiteren Verarbeitung in der Weise, daß man das zu fette Gestein von dem mit normalem Bitumengehalt und dieses letztere wieder von dem zu mageren und tauben Gestein trennt, wie wir dies später sehen werden. Das mit großem Reichtum an Bitumen ausgestattete Gestein eignet sich vorzüglich zur Herstellung von Asphaltmastix, während das zu arme durch Zuschlag entsprechend reicher Partien für Stampfasphaltzwecke aufgebessert werden kann.

Es ist eine für den natürlichen Asphaltstein außerordentlich charakteristische Eigenschaft, daß er beim Erhitzen zu einem Pulver zerfällt, welches sich durch Druck wieder zu einer Masse von der Härte des ursprünglichen Gesteins verdichten läßt, und auf dieser Eigenschaft beruht seine Anwendung zu Stampfasphaltarbeiten. Aus diesem Verhalten in der Wärme geht aber hervor, daß in diesem Gestein die einzelnen Partikelchen weder durch molekulare Kohäsion, noch durch ein mineralisches Bindemittel zusammengehalten werden, sondern daß es lediglich der Asphalt ist, welcher die Teilchen zusammenkittet. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß durch das Eindringen bzw. die Verdickung des Erdöls im Gestein der molekulare Zusammenhang der Teile des ursprünglichen Gesteins gelockert worden ist und der Asphalt die Rolle des Bindemittels übernommen hat. Wenigstens ist es bei Versuchen, die 1880 im Conservatoire national des arts et métiers¹⁾ vorgenommen worden sind, nicht möglich gewesen, reines dickflüssiges Bitumen unter großem Druck in eine Lage gewöhnlichen körnigen Kalksteins einzupressen; dies gelang zwar durch längeres Kochen des Kalksteins in der Asphaltmasse, aber das künstlich imprägnierte Produkt besitzt nicht die Eigentümlichkeit, beim Erwärmen zu Pulver zu zerfallen, sondern es gibt in der Hitze sein gesamtes Bitumen wieder ab, ohne indessen sonst eine Veränderung zu erleiden. Daraus geht natürlich auch ohne weiteres hervor, daß ihm die Fähigkeit der Wiedervereinigung unter Wärme und Druck abgeht.

Das Sortieren der Asphaltsteine nach dem Bitumengehalt unter sich und vom tauben Gestein erfolgt in der Regel zu Tage durch einfaches Belesen, wobei die Farbe des Gesteins ein gutes Unterscheidungsmittel abgibt. In Lobsann wird nach Dietrich²⁾ das rohe Gestein in stehenden zylindrischen Gefäßen von 1 m Durchmesser bei 1 m Höhe mit direktem Dampf, welcher das

¹⁾ Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 11. — ²⁾ A. a. O., S. 23.

Gestein ohne Spannung durchstreicht, behandelt, wobei die bituminösen Teile derartig aufgeweicht werden, daß sie unter der Hand oder bei geringem Anstoßen in Stücke zerfallen, welche der Arbeiter leicht von dem wertlosen Gestein trennen kann, bevor sie den Zerkleinerungsmaschinen zugeführt werden. Man vermeidet ein direktes Erhitzen des Gesteins in der Absicht, eine Verflüchtigung wertvollen Bitumens zu verhüten; da aber das Material infolge des Dämpfens mit Feuchtigkeit beladen wird, welche der späteren Verwendung des Asphaltpulvers keineswegs zuträglich ist, schlägt Dietrich vor, das Erweichen des Asphalts durch Zufuhr von erhitzter Luft auszuführen bei einer Temperatur, bei welcher ein Verlust an Bitumen noch nicht zu befürchten steht.

Die nächste Arbeit ist

die Aufbereitung des Asphaltsteins.

Diese geschah früher in sehr unvollkommener Weise unter Benutzung des Umstandes, daß das Gestein in der Wärme zerfällt durch Erhitzen desselben in geeigneten Apparaten unter Zuhilfenahme mechanischer Mittel, wie Stampfer und dergleichen mehr. Sehr bald kam man aber dazu, das Gestein auf einem anderen Wege, dem für die Zerkleinerung harter Materialien allgemein üblichen, im Vorbrechen und Mahlen bestehenden, in den für die weitere Verarbeitung gewünschten Zustand zu bringen.

Aus den erwähnten Eigenschaften des Asphaltsteins geht ohne weiteres hervor, daß dies mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft ist. Die Zähigkeit des Materials und seine Eigenschaft, in erwärmtem Zustande sich wieder zu komprimieren, machen ganz besondere Zerkleinerungsmaschinen notwendig. Es ist erforderlich, bevor das Gestein einem Mahlprozeß unterworfen wird, es in einen hierfür geeigneten Zustand, in Stücke von Ei- bis Faustgröße zu bringen. Früher geschah dies allgemein durch Handarbeit, indem man die aus den Gruben kommenden Stücke spaltete und mit dem Hammer weiter bearbeitete. Das Mahlen dieser zerkleinerten Masse geschah mit großen Schwierigkeiten zwischen gewöhnlichen, rotierenden Mühlsteinen, auf Kollergängen und später in Kugelmühlen mit konstanter Einfüllung und Entleerung. Aber infolge der durch die Reibung entstehenden Wärme komprimierte sich das Pulver fortwährend schon in den Mühlen, so daß diese bereits nach ganz kurzem Betrieb verschmiert waren und gereinigt werden mußten. Ihre Leistungsfähigkeit war nur eine sehr geringe und die Arbeit eine recht teure.

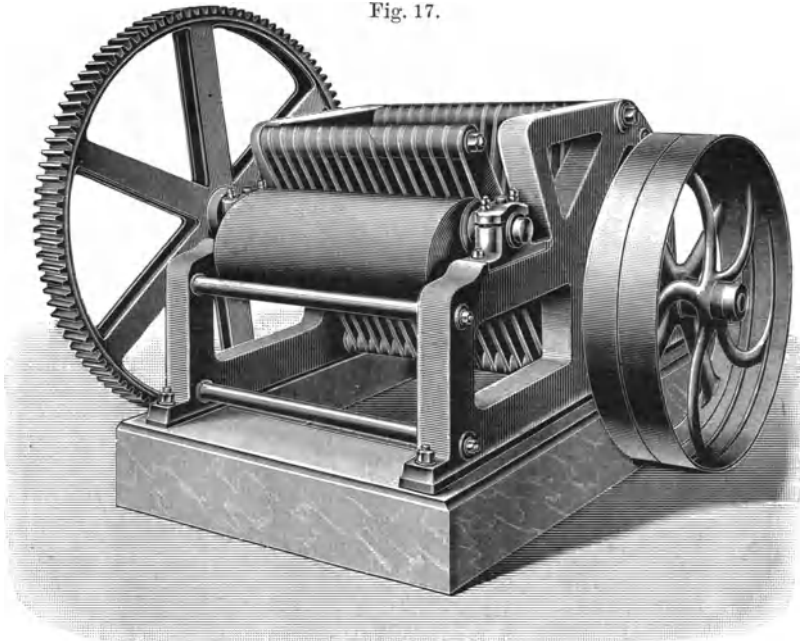
Später bediente man sich zum Vorbrechen der rohen Asphaltsteine spezieller Maschinen, sogenannter Steinbrecher, die durch Wasser- oder Dampfkraft betrieben wurden. In der Regel waren dies die gewöhnlichen Steinbrechmaschinen mit vollen Brechbacken oder mehrere übereinander liegende und gegeneinander rotierende Walzenpaare von verschiedener Stellweite mit oder ohne Riffeln oder Stacheln. Erstere hatten den Nachteil, daß das Gestein an der Fläche der Backen festklebte und nicht rasch genug oder nur unter Anwendung von Handarbeit aus dem Maul des Brechers fiel; letztere bewährten sich nicht für jedes Gestein, und wo sie zur Zufriedenheit arbeiteten, verbrauchten sie doch zu viel Kraft.

Diese Mißstände führten im Laufe der Zeit zur Konstruktion der sogenannten „Gitterbrecher“, deren erste wohl in der Fabrik zu Val de Travers in Tätigkeit waren. Diese Apparate bestehen in der Hauptsache aus zwei

Gittern aus Gußstahlstäben, welche an einer gemeinschaftlichen Achse scherenartig ineinandergreifen, wie Fig. 17 nach der Konstruktion von Siller und Dubois in Kalk zeigt. Die an der Seite des Gestelles gelagerte Antriebswelle mit Voll- und Leerscheibe greift an der gegenüberliegenden Seite in ein Zahnrad mit vielfacher Übersetzung, welches seinerseits einen ovalen Exzenter in Bewegung setzt, der das eine lose Gitter gegen das am Rahmen selbst montierte feste preßt und es auf dem Rückwege infolge seiner Schwere wieder mitnimmt.

Der Apparat ist außerordentlich leistungsfähig und arbeitet nahezu ohne Verstopfung, weil das zwischen den einzelnen Stäben der Gitter unter Umständen sich festsetzende Material von dem nachfolgenden bei dem herrschenden

Fig. 17.



Steinbrecher.

hohen Druck einfach durchgepreßt wird. Der Verschleiß ist ein sehr geringer, und es können schadhafte Stäbe mit Leichtigkeit ausgewechselt werden. Je nach Wahl der Scheiben zwischen den einzelnen Stäben kann die Stückgröße des gebrochenen Gutes nach Belieben variiert werden. Die erforderliche Maschinenkraft vorausgesetzt, kann in diesen Brechern das Gestein in Stücken, wie sie aus der Grube kommen, direkt zerkleinert werden.

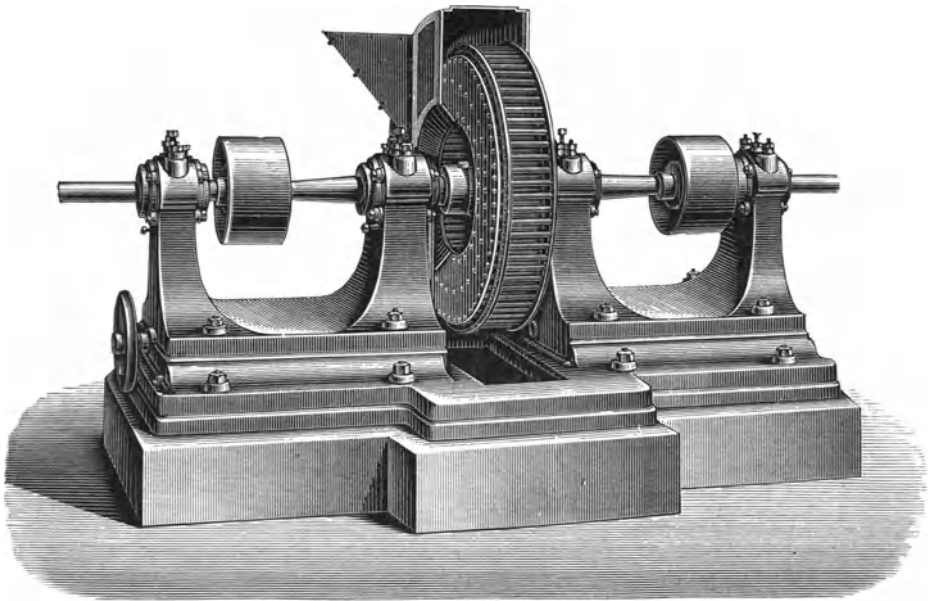
Als leistungsfähigste Mühlen zur weiteren Zerkleinerung des vorgebrochenen Asphaltsteins kommen heute ausschließlich die Desintegratoren (Schleudermühlen) in Betracht, die im vorliegenden Fall allen anderen Systemen weit überlegen sind.

Diese Mühlen bestehen im wesentlichen aus vier, sechs und mehr konzentrisch ineinander laufenden Trommeln, deren zylindrische Umfassungswände aus Stäben gebildet sind, welche an der einen Seite auf Scheiben und an der anderen in Ringen verschraubt oder vernietet sind. Die erste (innere)

und dritte bzw. fünfte usw. Trommel bilden ein zusammenhängendes Ganze, welches mit der Nabe der Scheibe auf die eine Achse befestigt ist und von dieser mittels einer Riemenscheibe in rotierende Bewegung gesetzt wird; ebenso sind auch die zweite und vierte bzw. sechste usw. Trommel als zusammenhängender Teil des Apparates auf die andere Achse befestigt, um von einer zweiten Riemenscheibe betrieben zu werden. Der eine Riemen ist nun in der gewöhnlichen Weise aufgelegt, während der andere gekreuzt wird, so daß die beiden Trommelapparate in entgegengesetzter Richtung rotieren.

Der Betrieb erfolgt gewöhnlich durch eine gemeinschaftliche Vorlegewelle, die von der Haupttransmissionswelle bewegt wird.

Fig. 18.



Desintegrator.

Die zu pulverisierenden Materialien werden durch einen an dem Umhüllungskasten befindlichen Trichter mit verstellbarem Regulierapparat ununterbrochen in das Innere des Apparates gebracht und aus der ersten Trommel durch die entsprechend weiten Zwischenräume der Stäbe infolge der Zentrifugalkraft in die zweite entgegengesetzt laufende geschleudert, wo sie, teilweise zerschlagen, aus dieser in die dritte (wieder in der Richtung der ersten laufenden) getrieben, immer weiter zerkleinert in die vierte (äußere) bzw. fünfte, sechste usw. gelangen und von derselben in pulverisiertem Zustande gleichmäßig an allen Punkten der Peripherie herausgeschleudert werden.

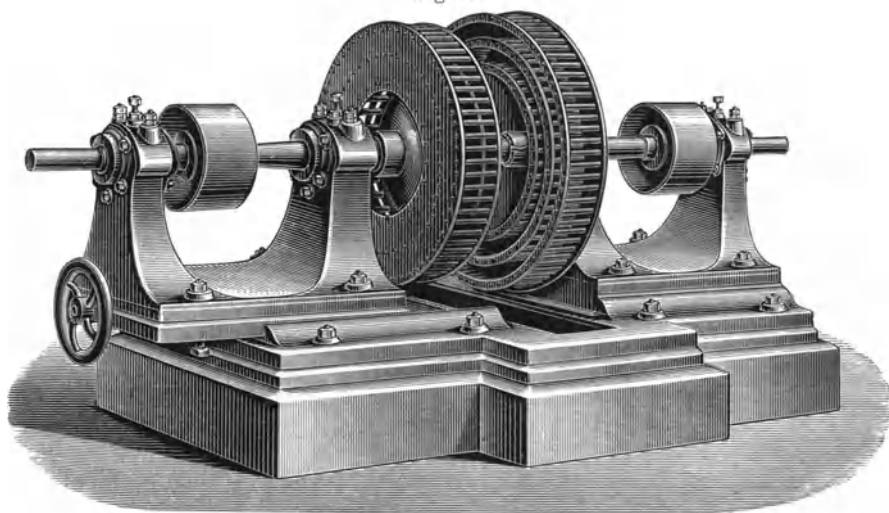
Diese Operation dauert nur höchstens eine Sekunde (je nach der Größe und Umfangsgeschwindigkeit der Trommeln), in welcher kurzen Zeit die Materialien den Trommelapparat passiert haben.

Der Trommelapparat ist mit einem aus mehreren Teilen dicht zusammenschraubten Blechkasten umhüllt (s. Fig. 18, Bauart Brinck und Hübner, Mannheim), der sich aber behufs etwaiger Reinigung oder Untersuchung des

Apparates leicht auseinandernehmen und abheben läßt. Das pulverisierte Produkt fällt aus der Öffnung in der Grundplatte nach unten durch einen im Fundament seitlich angebrachten Kanal heraus und wird aus einem Sammelbehälter durch einen Elevator wieder heraufgeschafft oder, bei einem kleinen Quantum, in Kästen oder Säcken aufgefangen.

Die Größe der Trommeln, die Zahl der Umdrehungen, die Anordnung, Stärke und Anzahl der Stäbe richtet sich nach dem zu verarbeitenden Quantum, nach der Festigkeit der zu pulverisierenden Materialien und nach dem Grade der zu erzielenden Feinheit des Produktes. Man kann gröber oder feiner mahlen und jede beliebige Feinheit erzielen, je nachdem man dem Apparat eine geringere oder größere Geschwindigkeit gibt und je nachdem man die Entfernung der Stäbe wählt. Man wendet auch häufig sechs bis acht Trommeln an, besonders wenn es sich darum handelt, sehr fein zu mahlen.

Fig. 19.



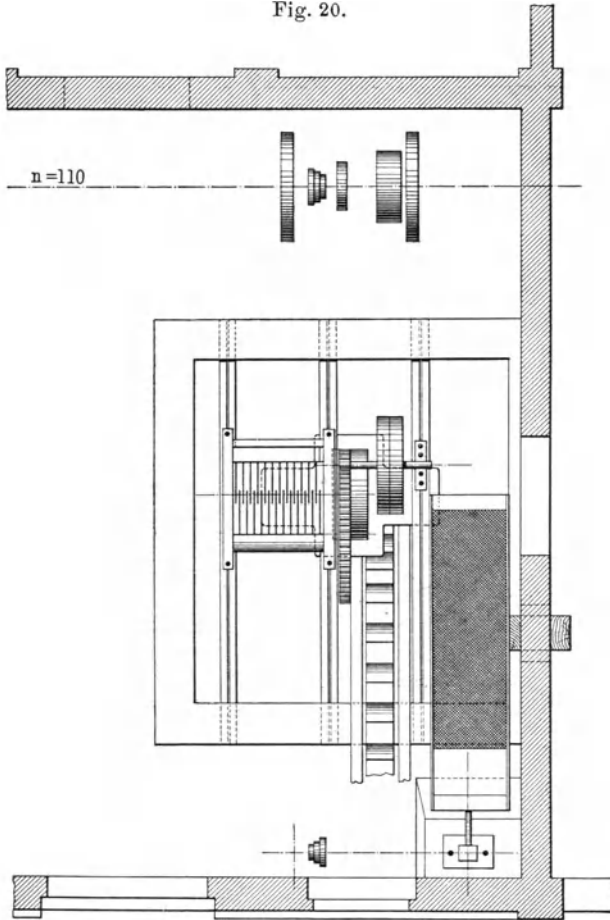
Desintegrator.

Bei dieser Art der Zerkleinerung wird die aufgewendete Kraft am vorteilhaftesten nutzbar gemacht, da dieselbe mit Ausnahme der Reibung in den Achsenlagern ganz der zerkleinernden Wirkung zugute kommt. Hierdurch erklärt sich auch die außergewöhnlich große Leistungsfähigkeit der Schleudermühlen im Vergleich zu allen anderen Mühlen und Zerkleinerungsmaschinen.

Bei der Verarbeitung von klebrigen Materialien muß der Trommelapparat häufiger gereinigt werden, was in der gewöhnlichen Weise von außen sehr umständlich und zeitraubend ist. Es ist deshalb für diesen Zweck eine besondere Konstruktion herausgebildet worden, bei welcher sich die abgehobelten Spindelkasten mit den Achsen und dem zugehörigen halben Trommelapparat auf der ebenfalls an den betreffenden Stellen abgehobelten Grundplatte leicht und schnell mittels einer Schraubenspindel ausziehen lassen, um die Reinigung im Inneren der Trommeln bequem und rasch zu bewirken. Das Aus- und Einrücken des Apparates kann jeder gewöhnliche Arbeiter mit Sicherheit ausführen, vgl. Fig. 19.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil der Desintegratoren ist ferner, daß sie ein inniges Mischen fetter und armer Asphaltsteine zu einem Produkt von normalem Bitumengehalt durch nur einmalige Mahlung ermöglichen; dies ist bei anderen Mühlen aus dem Grunde nicht möglich, weil das fette Gestein sich an die Mahlfläche ansetzt und die Mühle sehr bald derart verschmiert, daß sie nicht mehr funktioniert. Beim Desintegrator da-

Fig. 20.



Asphaltmühle.

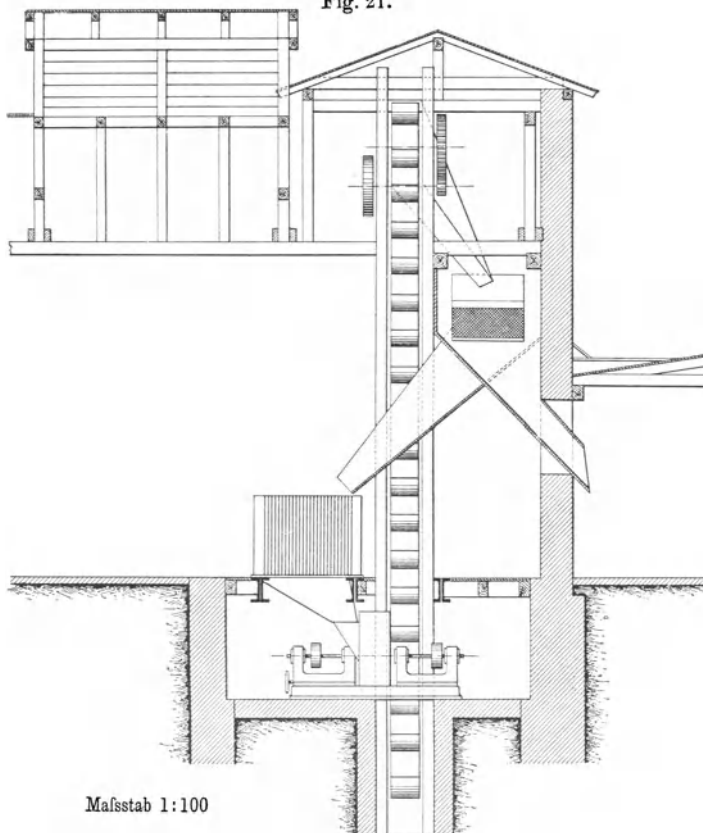
gegen werden durch den enormen Anprall, mit welchem die Steine gegen die Stäbe fliegen, etwa feststehende fettere Teile wieder abschlagen, so daß er sich also bis zu einem gewissen Grade von selbst wieder reinigt.

Aus dem Desintegrator fällt das Mahlgut direkt in einen Elevator, der es auf eine Siebvorrichtung hebt, deren Maschenweite entsprechend der Feinheit des Mahlgutes gewählt ist. Die Fig. 20 bis 22 zeigen eine Anlage zum Mahlen von Asphaltstein im Grundriß, der Vorder- und Seitenansicht, wie solche von der Firma Siller und Dubois gebaut werden. Man sieht den Desintegrator in einer geräumigen Vertiefung untergebracht, so daß der gebrochene Asphaltstein auf einer schiefen Ebene ihm direkt zugeführt wird. Unterhalb der

Entleerungsöffnung des Desintegrators greift der Elevator ein, welcher das Mahlgut auf das Schüttelsieb hebt, von welchem das zur Verarbeitung fertige Asphaltpulver durch einen Trichter zum Lager oder der weiteren Verarbeitungsstätte gelangt, während das nicht genügend zerkleinerte Gestein wieder in den Steinbrecher zurückgeführt wird, um aufs neue die Mühle zu passieren.

Das Asphaltpulver ist in dem Zustande, wie es das Schüttelsieb verläßt, direkt zur weiteren Verarbeitung fertig und Handelsware geworden. Es soll von gleichmäßigem Korn, ähnlich gutem Mauer sand sein und eine gleich-

Fig. 21.



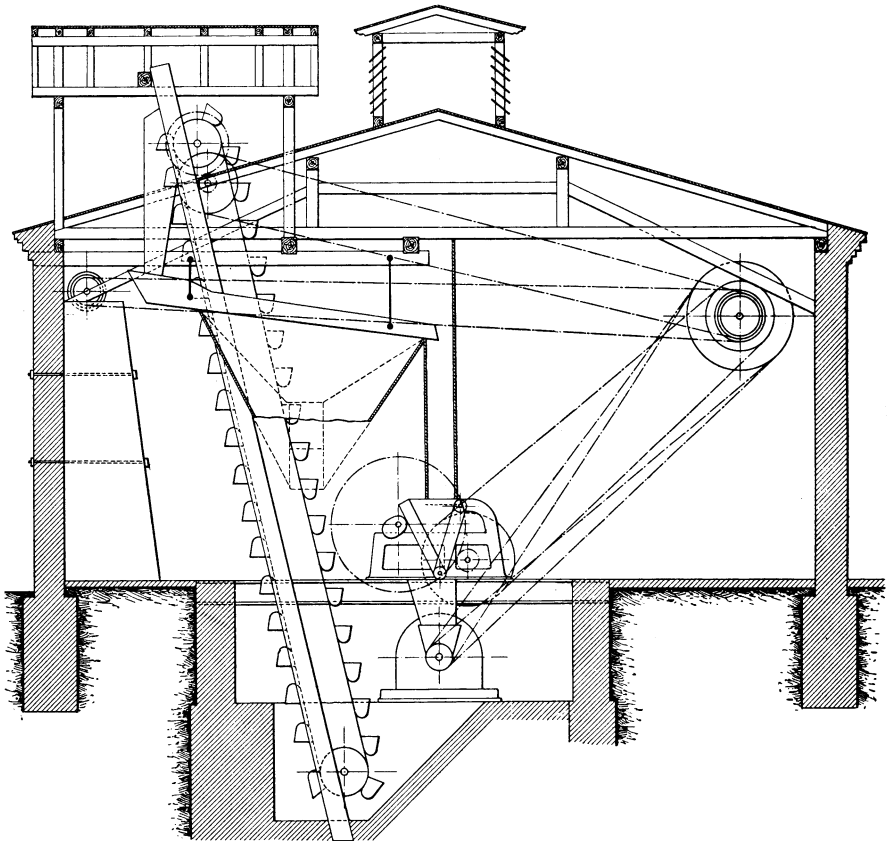
Asphaltmühle.

mäßige Farbe zeigen. Kleine ungefärbte Partikelchen, von taubem Gestein herührend, sind ohne Belang für die Güte der mit solchem Produkt ausgeführten Arbeiten. Der Bitumengehalt des Pulvers soll je nach seiner Bindekraft 8 bis 10, aber nicht über 12 Proz. betragen für den Fall, daß es zu Stampfarbeiten dienen soll. Bei der Verarbeitung auf Asphaltmastix dagegen ist ein höherer Bitumengehalt nur äußerst erwünscht, weil er gleichbedeutend mit Ersparnis an Goudron (s. später) ist. Indessen wird das Gestein dann, namentlich in den heißen Sommermonaten, schon beim Mahlprozeß besondere Schwierigkeiten bieten. Wenn das Asphaltpulver längere Zeit in Schichten aufgestapelt lagert, haften die einzelnen Teilchen desselben wieder so fest aneinander, daß man

sich der Spitzhacke beim Aufnehmen desselben bedienen muß. Doch macht diese Erscheinung keineswegs ein nochmaliges Zerkleinern auf dem Desintegrator erforderlich, weil das zusammenbackende Pulver schon bei geringer Wärmezufuhr wieder vollständig zerfällt.

Eine Reihe von Vorschlägen ist gemacht worden, um das auf diese Weise hergestellte Asphaltpulver für die weitere Verarbeitung geeigneter zu machen oder es auf künstlichem Wege, aber unter Verwendung natürlichen Bitumens in absolut gleichmäßiger Beschaffenheit herzustellen. So will

Fig. 22.



Asphaltmühle.

E. Dietrich¹⁾, D. R.-P. Nr. 28 620, gewöhnlichem Kalkstein oder bitumenarmem Asphaltstein während der Zerkleinerung, eventuell unter Anwendung künstlicher Kälte, reines Bitumen in Form von Erdpech (z. B. Trinidad epuré) beimischen und beide Stoffe darauf durch Anwärmen in einer rotierenden Trommel oder dergleichen, wobei zugleich das flüchtige, ein Aufweichen der Straße herbeiführende Bitumen sich verflüchtigt, innig miteinander verbinden. Auf solche Weise soll man ein für Stampfarbeiten vorzügliches Material erhalten.

¹⁾ Dingl. polyt. Journ. 254, 354.

Nach Angaben der „Deutschen Asphalt-Aktiengesellschaft“¹⁾ in Hannover erhält man indessen durch bloßes Mischen der Stoffe mit Bitumen kein so inniges Gemenge, wie es zur Herstellung eines guten und widerstandsfähigen Pflasters erforderlich ist. Dies soll aber nach dem österr.-ung. Patent, Klasse 80, vom 5. Juni 1885, dieser Firma dadurch erreicht werden, daß man die gepulverten Materialien zu einem Brei anrührt, welchem man unter Erwärmen das Bitumen zusetzt. Der verwendete Rohasphalt soll vorher durch Lösen in Schieferöl, Erdöl usw. raffiniert werden.

Bei der Ausführung wird der Kalkstein oder Asphaltstein von geringem Bitumengehalt vorher fein pulverisiert, dann mit etwa 40 Proz. Wasser zu einem dünnflüssigen Schlamm verarbeitet und dieser in einem mit Rührwerk versehenen Behälter auf etwa 50° erwärmt. Hierauf setzt man das bis auf etwa 70° erwärmte und gereinigte Bitumen dem Gesteinsschlamm unter fortwährendem Umrühren zu, wobei die Umhüllung der Gesteinskörperchen mit Bitumen fast augenblicklich erfolgt. Bei der allmählichen Vermischung der Materialien wird die rührbare Beschaffenheit der Masse durch entsprechend fortschreitende Verdünnung mit Wasser bei einer Temperatur von 60 bis 70° unterhalten. Die zuzusetzende Bitumenmenge kann bis zu 15 Proz. des trockenen Steinmaterials betragen. Die vom Wasser getrennte Masse wird zunächst an der Luft getrocknet und dann in Retorten längere Zeit auf 110° erhitzt, um die letzten Spuren von Wasser auszutreiben und die mögliche Durchtränkung der Steinkörperchen ohne Zersetzung des Bitumens zu bewirken. Nach dem Erkalten wird die trockene Masse gemahlen, worauf das Material zum Gebrauch fertig ist.

Bresson²⁾ löst Erdharz in einem flüchtigen Lösungsmittel, tränkt mit dieser Lösung gemahlene Kalkstein, dessen Poren sich damit vollsaugen, und verflüchtigt hierauf das Lösungsmittel.

C. Brasche und R. Mitgau³⁾, D. R.-P. Nr. 20 885, entwässern Rohgips mehr oder weniger durch Brennen und sättigen denselben mit Mineralöl. Nach dem Pulverisieren soll das Material sich wie natürlicher Asphaltstein behandeln lassen und entweder durch Zusatz von Goudron zu Asphaltmastix verarbeitet oder durch Zumischung von Petroleumerde (?) als Asphaltpulver für Stampfarbeiten verwendet werden.

Ein mit Trinidadasphalt angereicherter Stampfasphalt der Gewerkschaft Hercules I von Eschershausen in Hannover zeigte folgende Zusammensetzung:

Lösliches Bitumen mit 2,61 Proz. Schwefel . . .	10,27 Proz.
Unlösliches Bitumen, Gips, Alkalien	0,62 „
Kieselsäure, einschließlich Sand bzw. gangart	3,71 „
Eisenoxyd und Tonerde	1,85 „
Kohlensaure Magnesia	0,84 „
Feuchtigkeit	0,25 „
Kohlensaurer Kalk	82,46 „
	<hr/>
	100,00 Proz.

Auf ein Verfahren zur Umwandlung von natürlich vorkommendem bitumenhaltigen Asphaltstein in pulveriges bitumenhaltiges Straßenmaterial für Stampf-

¹⁾ Dingl. polyt. Journ. 261, 550. — ²⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872, S. 442. — ³⁾ Chem.-Ztg. 1883, S. 248.

arbeit ist E. Heusser ein D. R.-P. Nr. 52 704 erteilt worden. Sein Patentanspruch lautet auf die Aufschließung des Asphaltsteins mittels Schwefelsäure, sowie die durch die Reaktionswärme ermöglichte momentane Imprägnierung bei gleichzeitigem Zusatz von Goudron behufs Darstellung eines bituminösen Steinpulvers für Straßenbauten. Zur Ausführung des Verfahrens bringt man das gröbliche Asphaltsteinmehl in einen gußeisernen Rührkessel, setzt gleichzeitig Schwefelsäure von 50° Bé und 20 Proz. bitumenhaltigen und erwärmten Goudron unter lebhaftem Umrühren zu, wobei es nicht nötig ist, die theoretische Menge der für die Zerlegung des kohlen-sauren Kalks erforderlichen Schwefelsäure anzuwenden, da eine vollständige Imprägnierung ohnedies erfolgt. In dem vorliegenden Verfahren übernimmt also die Schwefelsäure nicht bloß die weitere Zerkleinerung des nur gröblich gepulverten Materials durch Aufschließung des kohlen-sauren Kalks, sondern sie soll durch die dabei auftretende Reaktionswärme gleichzeitig die Imprägnierung des zerkleinerten Materials besorgen, welches durch die Eigenschaft des entstandenen Gipses, Wasser zu binden, sofort trocken und in einem solchen Zustande ist, daß es ohne weiteres zu Stampfarbeiten verwendet werden kann.

Nach K. Trobach und R. Huppertsberg (D. R.-P. Nr. 65 847) wird fein zerkleinerter Asphalt in kaltem Zustande mit einem mineralischen Bindemittel, wie Zement, gebrannter Gips, Dolomit oder Magnesit, Magnesiumoxychlorid oder dergleichen und Wasser, eventuell unter Zusatz von Sand oder Quarzpulver, vermischt. Die durch Abbinden des Mörtels erzeugte Wärme soll das Bitumen zum Schmelzen bringen (?) und somit die seitherige durch Heizung hervorgebrachte Verschmelzung von steinigen Asphaltmassen, wie sie z. B. bei der Legung des geräuschlosen Asphaltpflasters in Anwendung gebracht wird, ersetzen. In manchen Fällen soll es sich aber doch empfehlen, die feste Steinmasse noch nachträglich durch geheizte Walzen oder Stempel zu erhitzen.

Die Versuche, pulverisierten Kalkstein oder auch Kreide usw. mit Bitumen und sonstigen Zusätzen zu mischen, haben kein befriedigendes Resultat gehabt, da auch durch die weitgehendste mechanische Zertrümmerung des Kalksteins dieser nie zu der erforderlichen Feinheit gebracht werden kann.

Einen künstlichen Asphalt soll man nach H. Christen (Schwedisches Patent Nr. 18 412 vom 6. Oktober 1903) erhalten, wenn man Bitumen und Kalksteinpulver miteinander vermischt. Besonders empfiehlt er, Orinokoasphaltöl und kalkmilchhaltiges Kalksteinpulver zu verwenden.

Um ein dem natürlichen Asphaltstein ebenbürtiges Kunsterzeugnis herzustellen, ist es in erster Linie erforderlich, feinere Kalkteilchen herzustellen; Spatz und Quistorp (D. R.-P. Nr. 104 194) wollen dies mit Erfolg auf chemischem Wege erreichen.

Kalksteine oder Dolomite werden gebrannt, wodurch sie sich in Calciumoxyd umwandeln, welches durch Löschen mit Wasser in Calciumoxydhydrat übergeführt wird. In großen Behältern wird dieses dann mit der erforderlichen Menge Wasser versetzt und durch diese Mischung Kohlensäure oder kohlensäurehaltige Luft so lange mittels Saug- und Druckpumpen getrieben, bis sich das Calciumoxydhydrat in kohlensauren Kalk umgewandelt hat, was durch ein geeignetes Reagens festzustellen ist.

Durch Absetzenlassen, Dekantieren und Trocknen erhält man dann einen so fein zerteilten kohlensauren Kalk, wie er durch mechanische Zertrümmerung

nicht erhältlich ist. Dieser so gebildete molekulare kohlen saure Kalk ist allein geeignet, von dem zugesetzten Bitumen beim Erwärmen gleichmäßig umhüllt zu werden, wie es beim natürlichen Asphalt der Fall ist.

Auf eine Verbesserung des natürlichen Asphaltpulvers läuft ein Patent hinaus, welches de Coudenberg¹⁾ (D. R.-P. Nr. 116 126, 1899) entnommen hat zur Herstellung eines als „Kautschukasphalt“ benannten Produktes, welches für öffentliche Arbeiten, wie Pflasterung von Fahrdämmen, Bürgersteigen, Kellern, Ställen, Lawn tennis-Plätzen, Terrassen usw. benutzt werden soll. Das Verfahren beruht auf der Beobachtung, daß das einen Bestandteil des Asphalts bildende Bitumen sich unter gewissen Bedingungen mit dem Kautschuk zu einem schwarzen, homogenen und elastischen Körper innig verbindet, welcher zu den erwähnten Gebrauchszwecken außerordentlich geeignet ist. Der Kautschuk wird in einem passenden Lösungsmittel, wie Terpentinöl, Petroleum, Benzin usw., gelöst, was je nach der Temperatur 12 bis 48 Stunden erfordert. Mit dieser Lösung wird dann das zu Pulver gemahlene Asphaltgestein imprägniert. Die Menge des Kautschuks beträgt für 1 Liter Lösungsmittel 10 bis 20 g, und von dieser Lösung genügt ein Zusatz von 8 Litern auf 100 kg Asphaltpulver. Die Mischung muß eine sehr innige sein, damit die Kautschuklösung auch den Asphalt erweicht, man läßt sie daher nach der Fertigstellung vor dem Gebrauch noch eine halbe Stunde ruhen. Die Verarbeitung des Pulvers ist die gleiche wie sonst. Ein Erwärmen des Pulvers ist dabei nicht nötig; für das Komprimieren genügt es, die Pulverschicht durch eine Walze von 300 bis 400 kg vorzuwalzen und vor der Übergabe der Fahrbahn usw. an den Verkehr noch eine schwere Walze von 2000 bis 3000 kg Gewicht passieren zu lassen.

Wenn es übrigens auch gelingen mag, auf die eine oder andere Weise ein brauchbares bituminöses Kalksteinpulver herzustellen, so wird man sich doch der Ansicht Dietrichs²⁾ anschließen dürfen, wonach die Frage offen bleiben muß, „ob dieses Verfahren finanziell mit der Gewinnung des von der Natur gebildeten Asphaltsteins zu konkurrieren vermag; eine Aussicht hierauf dürfte sich nur für solche Orte oder Länder eröffnen, welche bei Beschaffung des natürlichen Materials einen sehr bedeutenden Frachtaufschlag zu tragen haben und demgegenüber einen geeigneten, nicht imprägnierten Kalkstein in nächster Nähe besitzen“.

Die Ausführung von Stampfasphaltarbeiten³⁾.

Für die Herstellung einer guten und haltbaren Fahrbahn in Stampfasphalt ist das Vorhandensein einer tadellosen Unterbettung eine ebenso unerläßliche Bedingung wie die Verwendung eines guten Asphaltpulvers; erstere

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 1313. — ²⁾ A. a. O., S. 49. — ³⁾ E. Dietrich, Die Asphaltstraßen, Berlin 1882, Jul. Bohne. Léon Malo, L'Asphalte, Paris 1888. Meyn, Der Asphalt und seine Bedeutung für den Straßenbau, Halle 1872. Malo, Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte, Paris 1866. Chabrier, The Applications of Asphalte, London 1878. Ellice Clark, Asphalt and its Application to Streetpaving, London 1879. E. O. Schubarth, Über Asphaltstraßen, Berlin 1881. Derselbe, Asphalt und Asphaltstraßen, München 1888. Gillmore, A Practical Treatise on Roads, Streets and Pavements, New York 1876. W. H. Delano, Twenty Years Practical Experience of Natural Asphalt and Mineral Bitumen. London u. New York 1893.

hat den Widerstand gegen die Last der Fuhrwerke zu leisten, während der Asphaltdecke die Aufgabe zufällt, eine unveränderliche, elastische Schutzdecke zu bilden, welche die Unterlage vor der Abnutzung durch den Verkehr schützt. Nicht mit Unrecht vergleicht Léon Malo die letztere mit einem Überzug aus gehärtetem Kautschuk.

Die erste Arbeit, die bei der Herstellung von Asphaltstraßen zu leisten ist, ist die Regulierung des Planums, damit die Straße eine möglichst horizontale Lage bei Vermeidung von Steigungen und Senkungen erhält. Mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Asphaltlage ist dies von der größten Wichtigkeit. Dabei hat man die Straße entsprechend der Dicke der vorgesehenen Unterbettung und Asphaltlage auszuschachten und die Randsteine auf beiden Seiten der Fahrbahn gehörig zu fundamentieren. Unerläßliche Bedingung für die Asphaltierung einer Straße ist es auch, daß der Untergrund sich vollkommen gesetzt hat und alle unterirdischen Leitungen für Wasser, Gas, Elektrizität usw. in endgültiger Lage und bestem Zustand verlegt sind, damit nicht später noch Senkungen eintreten können, welche die Lage der Fahrbahn beeinträchtigen, oder Reparaturen eintreten, welche ein teilweises Aufnehmen derselben nötig machen. In modernen Straßen befinden sich derartige Leitungen zumeist in gemauerten Kanälen, welche leicht zugänglich sind.

Sind diese Bedingungen erfüllt, so beginnt man mit der Ausführung der Unterbettung, welche meist in einer Schicht aus Zementbeton von 15 bis 20 cm Stärke besteht. Eine Kalkbetonschicht ist hier wegen der geringeren Festigkeit und der Wasserdurchlässigkeit nicht gut zu verwenden. Natürlich ist die Ausführung der Unterbettung in erster Linie abhängig von der Art des Untergrundes und der Art und dem Umfang des Lastverkehrs.

Für die Herstellung des Zementbetons empfiehlt Léon Malo folgendes Mischungsverhältnis:

Zement	1	Raumteil
Gewaschener Kies	2	"
Flußsand	5	"

Delano schreibt vor:

Zement	1	Raumteil
Flußsand	3	"
Kies	4	"

Bei Asphaltierungen in Berlin wird auf 1 cbm groben, möglichst lehmfreien Kieses der Zusatz von 1 Faß Zement verlangt. An anderen Plätzen wird auch der teilweise Ersatz des Kieses durch Steinsplitt zugelassen, und es soll dann das Mischungsverhältnis sein:

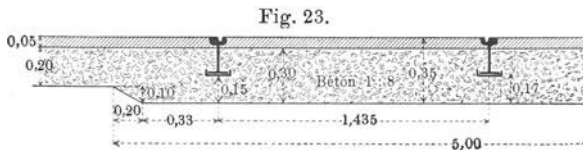
Zement	1	Raumteil
Gebaggerter Pflasterkies	3	"
Steinsplitt	5	"

Bezüglich der Beschaffenheit der Betonmaterialien gilt es als Regel, daß Kiesstücke von über 4 cm Durchmesser nicht zulässig sind; bei Verwendung von Splitt dürfen Steine, welche nicht durch einen Ring von 3 cm Durchmesser gehen, nicht verwendet werden. Kies und Sand sollen möglichst aus Flußbetten gebaggert und lehmfrei sein. Der zur Verwendung gelangende Zement soll langsam bindend und so fein gemahlen sein, daß er auf einem

Sieb von 900 Maschen pro Quadratcentimeter höchstens 25 Proz. Rückstand hinterläßt, und muß im übrigen den Normen entsprechen.

Die Mischung der Materialien erfolgt bei Handarbeit auf Mischbühnen von mindestens 3 m Länge und 2 m Breite, deren Längsseiten mit Randleisten versehen sind. Auf der einen Seite dieser Mischbühnen wird der Kies in Kasten von 0,5 oder 1 cbm Inhalt gemessen und oben darauf das vorgeschriebene Quantum des Zements geschüttet. Nachdem der Meßkasten abgehoben ist, wird die ganze Masse durch Umschaufeln auf die andere Seite der Mischbühne gebracht und durch Zurückschaufeln auf die vorige Seite nochmals innig gemischt. Hiernach wird in die obere Seite der Masse eine Aushöhlung gemacht, welche mit Wasser angefüllt wird. Es erfolgt nun ein abermaliges Durchschaufeln der Masse so, daß kein Wasser abfließt; auch wird während des Umschaufelns nach Bedarf mittels einer Gießkanne Wasser hinzugefügt, so daß das gesamte Wasserquantum pro Kubikmeter Beton etwa $\frac{1}{7}$ cbm beträgt. Wird neben Kies auch noch Splitt (Grauwacke, Granit, Porphy, Melaphyr usw.) verwendet, so ist erst der Kies mit Zement in der vorbeschriebenen Weise zu mischen und dann der Splitt der angefeuchteten Masse zuzumengen. Bei Ausführung großer Strecken bedient man sich überall mechanisch betriebener Mischmaschinen.

Die Betonunterlage muß genau demjenigen Profil entsprechend hergestellt werden, welches die Straße in ihrer Oberfläche erhalten soll, wobei darauf zu



achten ist, daß letztere von Erhöhungen und Vertiefungen frei bleibt. Sollen in die Fahrbahn Schienengleise für Straßenbahnen und dergleichen aufgenommen werden, so ist auf die Breite des Schienenstranges die Unterbettung auf etwa 15 cm zu vertiefen, ähnlich wie dies Fig. 23 zeigt. Die Schienen selbst sind nach gehöriger Lage in der Breite ihres Fußes und in etwa 2 cm Höhe mit gutem Zementmörtel (1 Tl. Portlandzement und 2 Tle. Flußsand) zu untergießen.

Vor der Einbringung des Betons sind zum Zwecke der genauen Herstellung der Betonbettung zunächst auf dem fertigen Planum parallel der Straßenrichtung etwa 20 cm breite Lehrstreifen in der genauen Höhe, welche der Beton erhalten soll, an den durch den Querschnitt des Profils gekennzeichneten Brechpunkten herzustellen. Dann wird der Beton in die Zwischenräume eingebracht und durch kräftiges Schlagen und Streichen sachgemäß und, dem zukünftigen Straßenprofil entsprechend, nach der Schablone abgeglichen.

Beim Erhärten ist der Beton ständig durch Begießen feucht zu halten und durch völlige Absperrung der Straße dafür zu sorgen, daß er während der Erhärtung nicht begangen oder befahren wird. Je nach der Witterung muß die Betonlage dann sieben bis zehn Tage liegen bleiben, bevor mit der Asphaltierung begonnen werden kann.

Durchaus nicht zu empfehlen, aber doch hin und wieder, besonders bei Straßen mit schwachem Verkehr, vorkommend, ist die Benutzung der alten

Straßendecke als Unterbettung für den Asphaltbelag. Es versteht sich von selbst, daß ein derartiges Verfahren nur da angängig ist, wo man es mit einer festen Oberfläche von Steinpflaster oder Makadam zu tun hat, bei der nachträgliche Senkungen ausgeschlossen sind. In diesem Fall hat natürlich der Asphaltierung eine gründliche Reinigung der Straßenoberfläche und das Aufbringen einer Ausgleichsschicht für alle Unebenheiten vorherzugehen. Geschieht dies mit der nötigen Sorgfalt, so gelingt es, auf einer derartigen Unterbettung eine recht gute Arbeit auszuführen, für die aber natürlich seitens des Unternehmers eine Garantie nicht zu übernehmen ist.

Die Ausführung der Asphaltdecke selbst erfordert ein hohes Maß von Erfahrung, und zwar sowohl hinsichtlich der Vorbereitung des Materials als auch dessen Einbaues. Man will die Erfahrung gemacht haben, daß sich ein gut abgelagertes Asphaltmehl besser eignet, als ein direkt aus der Mühle kommendes. Es soll beim Aufdarren weniger stäuben und rascher gar werden als frisches, sich fettiger anfühlen, was davon herrühren soll, daß beim langen Lagern ein Teil des Bitumens an die Oberfläche austritt; aus diesem Grunde soll es beim Stampfen auch eine festere Oberfläche geben ¹⁾. Sicher ist, daß gutes Asphaltmehl bei längerem Liegen in Säcken auf Stapel etwas komprimiert und die Verarbeitung erschwert wird; es mag sein, daß obige Vorteile sich bei der Verarbeitung dennoch zeigen. Auf die Bindefähigkeit des Asphaltmehls hat die Korngröße wenig Einfluß, was begreiflich erscheint, da beim Erwärmen das Material bis auf die kleinsten Teilchen gelockert wird.

Bei künstlichem Stampfasphaltmehl dagegen kommt es sehr auf die Größe der bei der Zerkleinerung des Gesteins erhaltenen Körner an. Je kleiner die Körner sind, um so größer muß der Bitumenzusatz sein, was sich schon aus der größeren Oberfläche der Körner im Verhältnis zu ihrem Volumengehalt ergibt. Es sollen hier nicht mehr als 75 Proz. des Materials durch ein Sieb von 16 Maschen pro Quadratcentimeter gehen. Gehen mehr als 75 Proz. durch das Sieb, so muß man zum mindesten 10,5 Proz. Bitumen verwenden, während bei größerem Mehl eine Menge von 9,5 Proz. genügt. Dies hängt damit zusammen, daß beim natürlichen Gestein eine vollkommene Imprägnierung bis in die kleinsten Teilchen vorliegt, während bei dem künstlichen Material das Bitumen lediglich an der Oberfläche sitzt. Um daher mit dem Bitumenzusatz nicht zu hoch gehen zu müssen, wobei in der heißen Jahreszeit auch die Gefahr des Schiebens der Asphaltdecke unter der Last des Verkehrs erhöht würde, empfiehlt es sich, den künstlichen Stampfasphalt in verhältnismäßig gröberer Mahlung herzustellen, wobei auch die Herstellung des Mehles verbilligt wird. Namentlich in Gegenden mit heißem Klima ist das gröbere Stampfasphaltmehl aus Gründen der Stabilität vorzuziehen ²⁾.

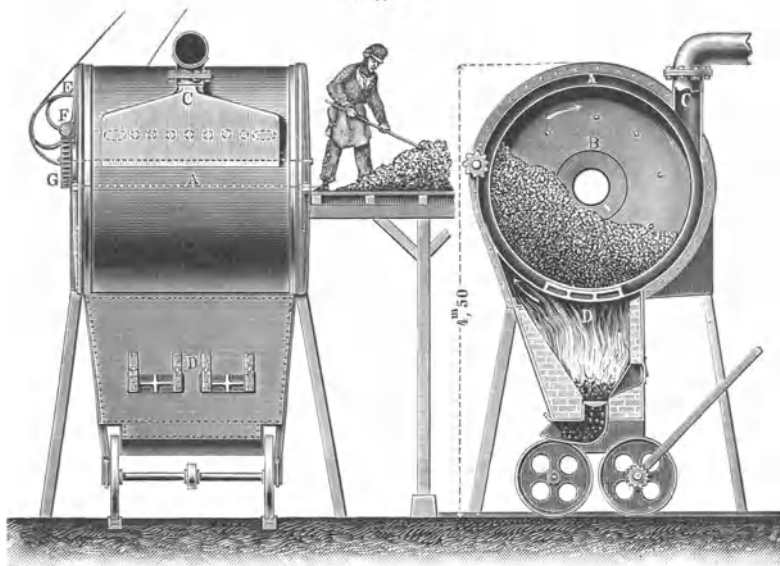
Nach dem Gesagten versteht es sich von selbst, daß das Aufbringen der Asphaltdecke nur auf vollkommen trockenem eventuell künstlich getrocknetem Untergrund und bei möglichst trockener Witterung ausgeführt werden kann, und daß auch das zur Verwendung gelangende Asphaltsteinpulver möglichst frei von jeglicher Feuchtigkeit sein muß. Denn diese ist der größte Feind für die Erhaltung der Asphaltlage, insofern sie einmal durch Verdampfung in der Wärme Hohlräume unter der Decke entstehen läßt und andererseits eine innige

¹⁾ Vgl. Asphalt- u. Teerind.-Ztg. 1910, S. 239; 1911, S. 259. — ²⁾ Ebenda 1912, S. 159.

Verbindung der bituminösen Gesteinsteilchen beim Komprimieren verhindert, wodurch im Laufe der Zeit mosaikartige Risse entstehen, welche den Zusammenhang der Asphaltdecke lockern und zu deren baldiger Zerstörung unter der Wirkung des Verkehrs Veranlassung geben. Alle diese Bedingungen lassen sich mit Leichtigkeit bei vorsichtiger Arbeit erfüllen.

Bevor das Asphaltpulver auf die Betonschicht aufgetragen wird, ist es nötig, dasselbe auf eine so hohe Temperatur zu bringen, daß einestheils daraus alle Feuchtigkeit entweicht und anderenteils noch keine nennenswerten Mengen von wertvollem Bitumen verflüchtigt werden. Diese Temperatur ist je nach der Art des Bitumens eine verschiedene und schwankt zwischen 90 bis 150° C. So z. B. pflegt man das Pulver vom Val de Travers-Asphalt auf 130 bis höchstens 150°, das von Seyssel auf 110 bis 120° und das von Sizilien auf nur 90° C

Fig. 24.

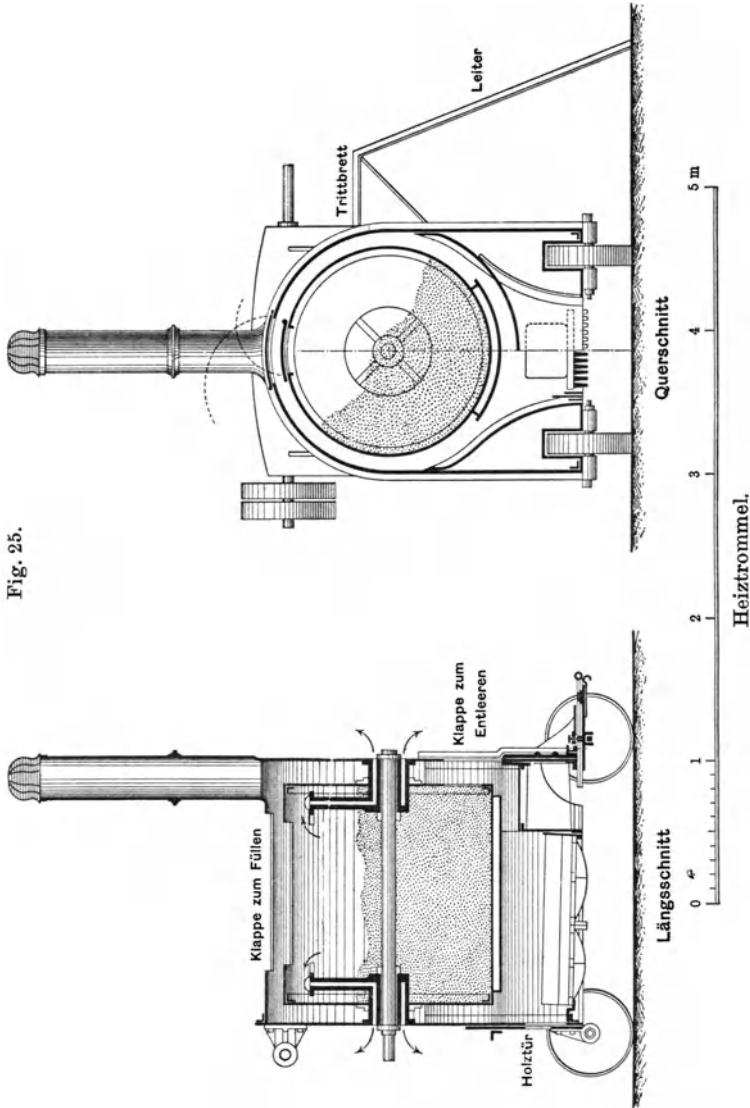


Heiztrommel.

zu erwärmen. Außer der Verflüchtigung der Feuchtigkeit erzielt man damit eine größere Backfähigkeit des Pulvers bei der nachfolgenden Stampfarbeit.

Die Einrichtungen, deren man sich zum Erwärmen des Asphaltpulvers am Ort der Verlegung selbst bedient, sind verschiedener Art. Für ganz große Arbeiten benutzt die Compagnie Générale des Asphaltes de France rotierende Trommeln von etwa 1500 kg Fassungsvermögen mit seitlicher Beschickungsöffnung, welche in einem feststehenden eisernen Gestell gelagert sind und durch einen besonderen Ofen geheizt werden, welcher, auf Rädern laufend, unter die Trommeln geschoben werden kann. Hat das Pulver die erforderliche Temperatur erreicht, so wird der Ofen unter der Trommel hinweggerollt und an seine Stelle ein Kastenwagen geschoben, in welchen das heiße Pulver aus der rotierenden Trommel nach Öffnung der von außen zugänglichen Entleerungskappen hineinfällt. Fig. 24 zeigt einen derartigen Apparat mit untergeschobenem Transportwagen, sowie im Durchschnitt mit der Heizvorrichtung.

Der Antrieb erfolgt mit Hilfe einer Lokomobile, und der entwickelte Wasserdampf hat freien Abzug an den seitlichen Eintragöffnungen von etwa 0,5 m Durchmesser. Derartige Trommelapparate werden vielfach auch stationär in der Fabrik selbst errichtet und das erwärmte Asphaltpulver in Kastenwagen und mit Säcken oder Decken abgedeckt an Ort und Stelle geschafft, weil die



Erfahrung gezeigt hat, daß es auch bei längerem Transport (natürlich nur innerhalb der betreffenden Stadt) nur um 1 bis 2° an seiner Temperatur einbüßt.

Eine ähnliche Einrichtung benutzt auch die Val de Travers Paving Company in London. Die Heiztrommeln werden hier vermittelt eines Trichters von der oberen Mantelseite durch an den Trommeln angebrachte Klappen beschickt, und die Entleerung erfolgt unten an der Stirnseite

durch eine zweite Klappe. Der Wasserdampf entweicht, da die Trommeln sonst ganz geschlossen sind, durch mit den feststehenden Achslagern kombinierte, nach außen führende ziemlich enge Röhren, zeitweise mit heftigem Geräusch, wie beim Abblasen eines kleinen Dampfkessels. Fig. 25 zeigt diese Apparate, deren größter ein Fassungsvermögen für etwa 2000 kg Asphaltpulver besitzt, im Längs- und Querschnitt.

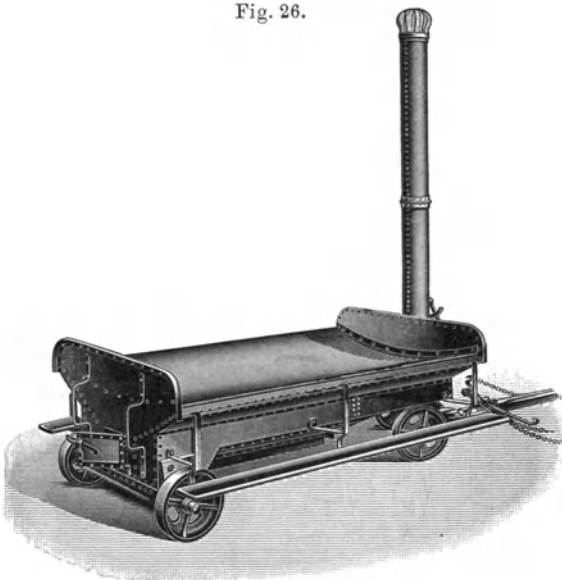
An anderen Orten bedient man sich für den gleichen Zweck der sogenannten Asphalt Darren, welche sowohl auf feststehendem Gestell, als auch auf Rädern laufend, konstruiert werden und auch wohl sonst durchweg für kleinere Arbeiten, Reparaturen usw. zur Verwendung kommen. Fig. 26 stellt eine derartige transportable Darre von 3×2 m Darrfläche dar. Die Konstruktion ist derartig, daß die Hitze gleichmäßig verteilt wird und ein Anbrennen des Mehles bei nicht gröblicher Nachlässigkeit des bedienenden Arbeiters ausgeschlossen ist. Die Darren sind mit Isolierraum und doppeltem Boden versehen. Das Wenden des Asphaltpulvers erfolgt natürlich durch Umschaufeln mit der Hand.

Hat das Asphaltpulver bei vorsichtig eingehaltener Minimal- und Maximaltemperatur während des Darrens die richtige Beschaffenheit erlangt, so erfolgt die Beschüttung der Straßenfläche auf folgende Weise: Zunächst hat man zu beachten, daß das lose aufgeschüttete Asphaltpulver sich bei der nachfolgenden Stampfarbeit um etwa 40 Proz. kom-

primiert, und hat danach die Schütthöhe einzurichten. Eine normale, 5 cm starke Decke beansprucht demnach eine Beschüttung in der Höhe von 7 cm, welche so gleichmäßig ausgeführt sein sollte, daß auf jede Quadrateinheit der Bodenfläche möglichst die gleiche Menge an Asphaltpulver zu liegen kommt, was natürlich nicht ganz leicht ist und einige Übung erfordert, da das heiße Asphaltpulver noch in weit höherem Grade die Neigung sich zu verdichten besitzt, als das kalte. Da das heiße Pulver mittelst Karren von der Darre in Haufen auf der Betonfläche verteilt wird, so würde natürlich überall da, wo ein solcher Haufe lag, selbst bei gleicher Höhe der Schicht eine dem Gewicht nach größere Menge Asphaltpulver liegen, als auf der benachbarten, wo dasselbe bloß ausgebreitet worden ist, was beim Komprimieren Veranlassung zur Bildung von Erhöhungen und Vertiefungen geben würde.

Deshalb muß das auf die Unterbettung aufgebrauchte heiße Asphaltpulver beim Ausbreiten über dieselbe mit eisernen Harken gut durchgearbeitet und

Fig. 26.



Asphaltdarre.

zu möglichst gleich hoher Schicht eingeebnet werden. Das genaue Egalisieren und Profilieren der Oberfläche geschieht dann hinterher mit Hilfe des von Louth konstruierten Rollrichtscheits, welches Richtsheit und Abziehplatte in sich vereint und durch Fig. 27 dargestellt wird. Dies Instrument besitzt in der Regel eine Länge von 4 bis 6 m, welche zugleich der Breite der einzelnen Streifen entspricht, in welchen die Betonunterlage vom einen Randstein der Straße zum gegenüberliegenden beschüttet und eingestampft wird. Diese Streifen laufen also quer zur Richtung der Straße. Das verstellbare Instrument läuft auf kleinen, seitlich angebrachten Rollen einerseits auf dem schon fertigen Asphaltstreifen und andererseits auf profilierten Holzleisten von der Stärke des Asphaltbelags, welche auf der Betondecke befestigt sind und zugleich die Stoßfläche für einen weiteren Streifen bilden.

Die Beschüttung sollte schon vor dem Gebrauch des Richtscheits so regelmäßig ausgeführt sein, daß dies nur den Überschuß an Asphaltpulver abstreift, und sich keine Stellen zeigen, welche zu wenig Material erhalten haben und durch Auftragen von Asphaltpulver erhöht werden müssen. Léon Malo hat zur gleichzeitigen Erzielung einer Auflockerung der etwa verdichteten Stellen vorgeschlagen, das Instrument an der Unterseite mit Zähnen zu versehen, welche in die Beschüttung hineingreifen, so daß seine Wirkung ähnlich der einer Harke wäre.

Fig. 27.



Rollrichtsheit.

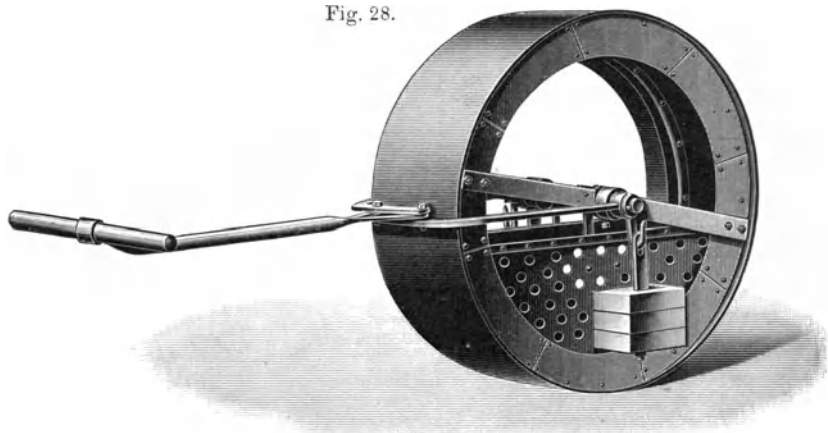
Nachdem die Beschüttung eines Streifens in dieser Weise vollendet ist, erfolgt das Einwalzen des Asphaltpulvers mittelst schwerer, gußeiserner Walzen, welche, um das Ankleben des Pulvers zu verhindern, von innen geheizt sein müssen. Fig. 28 stellt die wohl allgemein übliche heizbare Walze von 0,75 bis 1,25 m Durchmesser dar, welche so eingerichtet ist, daß keine Asche vom Brennmaterial herausfallen und die zu komprimierende Fläche verunreinigen kann. Die Heizung der Walze erfolgt durch einen an ihrer Achse im Inneren aufgehängten Kokskorb; etwa durch die Öffnungen desselben fallende Asche sammelt sich im Walzenzylinder und kann von Zeit zu Zeit entfernt werden. Durch Auflegen von Gewichten zu beiden Seiten der Achse läßt sich die Last derselben bis zu einem gewissen Grad vermehren; an der Fläche der Walze anhaftende Teilchen werden durch eine an der Gabel der Deichsel angebrachte Kratze oder Stahlbürste fortwährend abgestrichen, so daß also stets nur die glatte Walzenfläche auf die Asphaltenschicht gelangt. Einschließlich des Heizmaterials beträgt das Gewicht der Walze ungefähr 300 kg.

Das Einwalzen des Asphaltpulvers geschieht in der Längsrichtung der Straße, indem man die geheizte Walze auf der bereits fertiggestellten Strecke oder beim Anschluß an eine andere Straße aufsetzt und nach der Seite schiebt, an welche sich der nächste Streifen anschließt; die mit dieser Arbeit betrauten Leute haben die Walze vor sich her zu schieben, nicht zu ziehen, und um die noch heiße und noch nicht genügend komprimierte Schicht mit den Stiefeln nicht zu beschädigen, müssen sie große, weiche Filzschuhe tragen. Man beginnt mit dem Walzen an der einen Trottoirkante, schiebt die Walze einmal vor bis

ans Ende der beschütteten Fläche und zieht sie wieder bis zum Anfang derselben zurück; bei der nächsten Bewegung schiebt man sie um wenige Zentimeter seitwärts so, daß sie nur einen schmalen Streifen losen Pulvers mitnimmt, und so fort, bis man an der anderen Trottoirkante angelangt ist. Man erzielt auf diese Weise eine viel gleichmäßigere Oberfläche und eine bessere vorläufige Komprimierung, als wenn man die Walze mit ihrer ganzen Breite auf das lose Pulver wirken läßt. Ein Verschieben oder gar Wenden der Walze auf dem noch weichen Belag ist natürlich gänzlich ausgeschlossen, weil diese unter der schweren Last sich sicher verschieben würde.

Zur Erzielung eines innigen Verbandes zwischen den einzelnen Streifen unter sich oder beim Anschluß an eine bestehende ältere Asphaltfläche ist es von großer Wichtigkeit, daß die ältere und kalte Fläche an der Anschlußstelle (Naht) mit einer Stahlbürste gut gereinigt und vor dem Auftragen der Beschüttung des Anschlußstreifens gut angewärmt wird. Das letztere erreicht man dadurch, daß man die Verbandstelle der bereits liegenden Schicht mit

Fig. 28.



Asphaltwalze.

einer dickeren Lage heißen Asphaltpulvers überlagert, die man erst unmittelbar vor dem Aufgeben der neuen Beschüttung wieder entfernt. Bei etwaigen kurzen Pausen während der Arbeit deckt man aus dem gleichen Grunde die Endstelle der Asphaltlage bisweilen mit wollenen Decken ab, um sie vor Abkühlung zu schützen.

Auf das Einwalzen des Asphaltpulvers folgt die eigentliche Stampfarbeit, welche in der Regel durch Handarbeit ausgeführt wird. Hierzu dienen gußeiserne Stampfer von ungefähr 20 kg Gewicht mit schmiedeeisernem Stiel, der in einen gedrehten Griff aus Holz mündet (s. *a* Fig. 29). Das Stampfen geschieht kolonnenweise durch fünf bis zehn Arbeiter nebeneinander und erfordert insofern größere Übung, als es unerlässlich ist, daß die Stampfer absolut lotrecht fallen, damit die Fläche von denselben nicht unregelmäßig getroffen wird. Um diese Arbeit zu erleichtern, macht man die Basis der Stampfer nicht eckig, sondern rund und schrägt auch noch die Kanten derselben leise ab, so daß die glatte Oberfläche der Asphaltlage weder durch Ecken, noch scharfe Kanten bei unvorsichtiger Handhabung der Stampfer wesentlich beeinflußt werden kann. Zum Feststampfen des Asphaltpulvers an gerade Linien,

z. B. beim Anschluß an die Randsteine des Trottoirs oder dgl. sind Stampfer mit runder Oberfläche nicht geeignet, und man bedient sich zu diesem Zweck der sogenannten Fugeisen (s. c Fig. 29) mit rechteckiger Fußplatte, 22×5 cm, im Gewicht von 10 bis 12 kg, welche gleichzeitig auch zur Ausführung der Fugenverbindung zwischen den einzelnen verlegten Streifen benutzt werden. Natürlich wird die anfänglich noch weiche Lage nicht sofort durch kräftiges

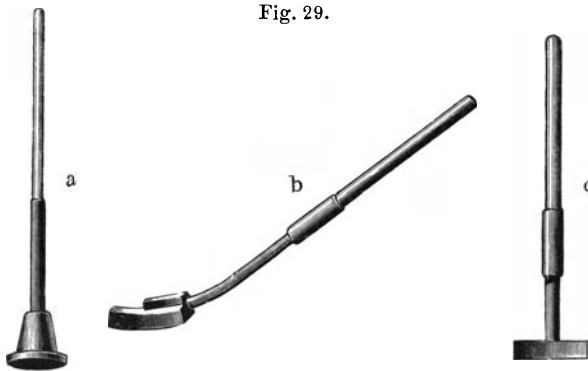


Fig. 29.

Asphaltstampfer.

Stampfen bearbeitet, sondern dies hat erst vorsichtig und mit allmählicher Verstärkung des Stoßes zu geschehen, so daß die ganze Schicht mehrmals hintereinander bearbeitet wird, bis sie zuletzt die gewünschte Stärke angenommen hat. Von Zeit zu Zeit ist die Oberfläche der Asphaltlage mit dem Richtscheit auf Unebenheiten zu prüfen und sind diese eventuell durch Aufstreuen und Feststampfen von heißem Asphaltpulver auszugleichen.

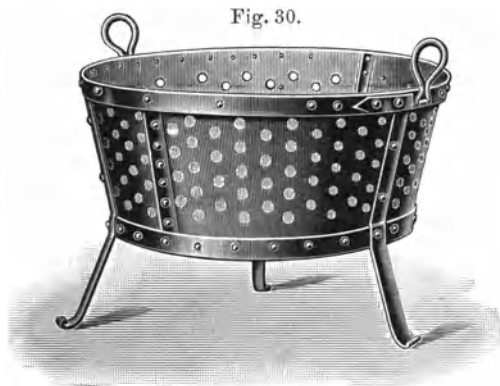


Fig. 30.

Kokskorb.

Ebenso wie die Walzen sind natürlich auch die Stampfer in angeheiztem Zustande zu handhaben, damit ein Festkleben von Asphaltteilen an denselben vermieden wird. Das Anheizen derselben geschieht in einem sogenannten Kokskorb (Fig. 30) und darf natürlich nicht so weit getrieben werden, daß die Werkzeuge glühend werden und beim Zusammentreffen mit der Asphaltlage das Bitumen derselben unter Entwicklung eines weißen Rauchs verflüchtigen oder gar unter Entzündung verbrennen. Zur raschen Förderung der Arbeit, welche für das Gelingen ein Haupterfordernis ist, müssen eine ganze Anzahl Stampfer vorhanden sein, damit dieselben beim Erkalten ausgewechselt werden können.

Damit ist die Kompression des Asphaltpulvers beendet, soweit sie eben durch den Gebrauch der etwa 20 kg schweren Stampfer zu erreichen ist; die Vollendung derselben erfolgt erst mit der Zeit durch die Last der Fuhrwerke,

welche die Straße passieren. Es erübrigt nur noch, vor der Übergabe derselben an den Verkehr zahlreiche kleine Unebenheiten auf der Oberfläche auszugleichen oder kaum erkennbare Undichtigkeiten im Gefüge zu entfernen. Dies geschieht mit Hilfe sogenannter Bügeleisen (s. b Fig. 29) von etwa 25 bis 30 kg Gewicht, mit ansteigendem Stiel und abgerundeter gußeiserner Platte von etwa 30×15 cm und 6 cm Stärke, welche, in nahezu glühendem Zustande über die Fläche hin und her bewegt, den Asphalt oberflächlich zum Schmelzen bringen, wodurch alle Unebenheiten entfernt und etwaige kleine Löcher und Risse zugestrichen werden. Dabei färbt sich die anfänglich schokoladebraune Oberfläche der Asphaltbahn merklich dunkler und nimmt etwa die Farbe des Palisanderholzes an. Vor der Übergabe derselben an den allgemeinen Verkehr, welche schon wenige Stunden nach erfolgter Fertigstellung, d. h. wenn die Asphaltenschicht die Temperatur des Erdbodens angenommen hat, erfolgen kann, bestreut man die Straße in der Regel mit nicht zu grobkörnigem, möglichst gesiebttem Sand, um ein Ausgleiten der Pferde auf der polierten Fläche zu verhüten.

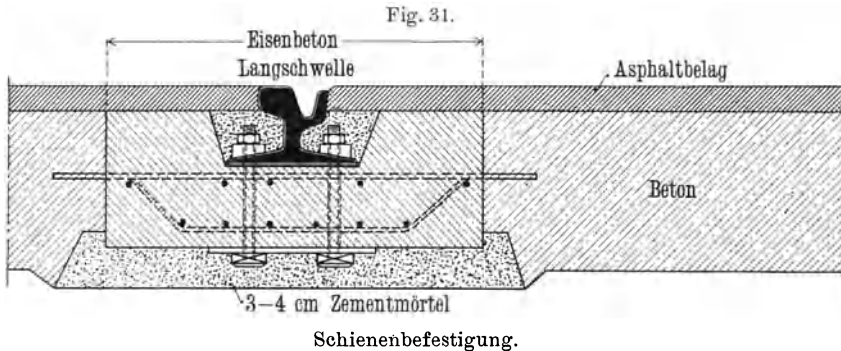
Die Ausführung der Stampfarbeit auf die beschriebene Weise leidet natürlich an gewissen Unvollkommenheiten, die in der ungleichmäßigen Geschicklichkeit der ausführenden Arbeiter, sowie in deren verschiedenem Kraftaufwand bei Handhabung der Stampfer begründet liegen. Nachdem schon früher in Paris resultatlose Versuche mit geeigneten Stampfmaschinen angestellt worden sind, um diese Unvollkommenheiten zu beseitigen, hat E. Dietrich¹⁾ eine Maschine konstruiert, welche eine gleichmäßigere Kompression des Asphaltpulvers dadurch erreicht, daß alle Teile der Straßenfläche, was bei Handarbeit untunlich ist, gleich oft von den Stampfern derselben getroffen werden und daß diese aus gleicher Höhe herabfallen. Je nach der Einstellung läßt der Apparat größere oder geringere Hubhöhe zu. Die in zwei Reihen angeordneten rechteckigen Stampfer sind so gegeneinander versetzt, d. h. ihre Ränder überdecken sich derartig, daß beim Vorrücken des auf einem Wagen ruhenden Apparates kein Teil der Straßenbahn ungestampft bleibt. Da die Stampfer unmittelbar, nachdem sie die Asphaltfläche getroffen haben, wieder gehoben werden, wird das Ankleben von Asphaltteilchen an denselben vermieden, so daß dieselben in ungeheiztem Zustande verwendet werden können; zudem ist, um ein Abkühlen der Bodenfläche möglichst zu verhüten, die untere Fläche der Stampfer mit einer Hartholzlage versehen, welche durch ein dünnes Stahlblech vor Abnutzung geschützt wird. Léon Malo, der kompetenteste Fachmann auf dem Gebiete der Asphaltstraßen, stellt dem Apparat, der eingehend in dem mehrfach zitierten Werk von Dietrich auf S. 130 beschrieben wird, ein sehr günstiges Prognostikon.

Die Stampfasphaltstraße in der vorbeschriebenen Ausführung ist ohne Zweifel ein idealer Verkehrsweg, der den Anforderungen des modernen Verkehrs, vor allem des Automobilismus, in vieler Beziehung besser entspricht, als andere Pflasterarten. Anders verhält sie sich dagegen zu einem anderen der neueren Verkehrsmittel, zur elektrischen Straßenbahn, welche die Stampfasphaltstraße in weit höherem Grade beansprucht und ruiniert, als z. B. das Reihensteinpflaster. Man wird in Asphaltstraßen mit starkem Straßenbahnverkehr vielfach die unliebsame Beobachtung machen müssen, daß die Straßen-

¹⁾ D. R.-P. Nr. 16422.

decke längs der Schienen zerstört wird und zu häufigen Reparaturen Veranlassung gibt. Wenn auch die Straßenbahnwagen nicht direkt mit der Asphaltlage in Berührung kommen, so üben die schweren Wagen bei dem schnellen Verkehr doch einen enormen Druck auf die in der Asphaltdecke gut eingebetteten Schienen aus, der von starken Erschütterungen begleitet ist. Dadurch wird der Verband der Schiene mit der Asphaltdecke gelockert, es bilden sich kleine Risse, die sich unter der Wirkung des Verkehrs, vor allem aber durch das Eindringen von Wasser und Frieren im Winter verbreitern, so daß nach und nach von der Schiene aus eine Zerstörung der Asphaltdecke eintritt, der man bis jetzt noch nicht mit vollem Erfolg hat entgegenarbeiten können, und die bei der Verlegung der Straßenbahnschienen oder bei der Neuasphaltierung von Straßen besondere Maßnahmen erfordert.

In der Regel verwendet man als Untergußmasse für Straßenbahnschienen eine Mischung von 1 Tl. Zement und 2 Tln. Sand, die mit so viel Wasser versetzt wird, daß das Gemisch gußfähig ist. Diese Unterschicht ist natürlich nicht elastisch und erfordert außerdem längere Zeit, bevor sie erhärtet, und man hat deshalb Versuche gemacht, die Untergießung mit bituminösen Sub-

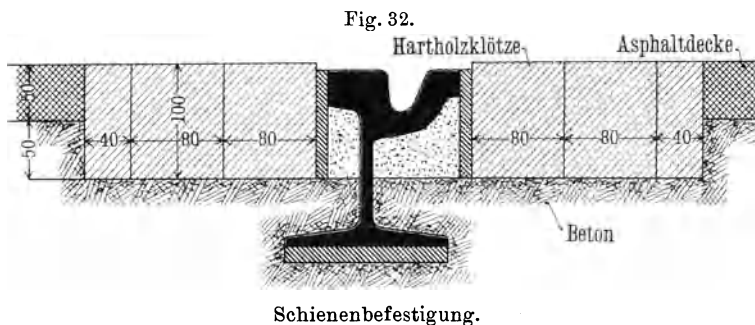


stanzen auszuführen, die nach kurzer Zeit erstarren und eine dauernd elastisch bleibende Unterlage geben. Als geeignete Untergußmassen haben sich Trinidadasphalt und Erdölrückstände erwiesen, die mit 50 bis 60 Proz. fein vermahlenem Asphaltgestein oder auch Steinmehl, wie Kalkmehl oder Mergel versetzt sind. Für den Einbau von Straßenbahnschienen kommen im wesentlichen zwei Methoden in Betracht; entweder wird der Beton in zwei Lagen eingebettet und die Schiene erhält einen Unterguß, oder die Schiene wird vollständig in den Beton eingestampft. Die bessere Methode ist die zweite, jedoch hat sie den Nachteil, daß beim Lockerwerden der Schienen die ganze Betonunterlage herausgerissen werden muß. Um das Wasser abzuhalten, das den am meisten zerstörenden Einfluß ausübt, hat man versucht, das eindringende Wasser im Schienenfuß abzuführen, doch sind solche Vorrichtungen kostspielig und nicht immer wirksam. Besser haben sich Rillenentwässerungen in den tiefsten Punkten des Straßenbahngleises bewährt. Recht gute Erfahrungen machte man mit folgender Art der Befestigung:

Die Schienen werden nicht in bestimmten Abständen durch Eisenbetonplatten unterstützt. Man verwendet vielmehr statt der früheren quadratischen Schwellen solche in einer Länge von 1000 mm, einer Breite von 500 mm und 120 bis 180 mm Stärke. Die Fläche, auf der der Schienenfuß ruht, ist trog-

förmig ausgebildet, so daß der Schienenfuß eine genügende Auflage hat. Die Herstellung des Oberbaues geschieht so, daß man die Schienen in den ausgesparten Betonrinnen der Straße verlegt und mit alten Holzschwellen unterklotzt. Dann wird der Schienenfuß wie auch die Auflagerfläche der Beton-
schwelle mit Asphaltmasse bestrichen und die Schwellen werden unter den Schienen durch Verschraubung befestigt. Die untere Seite der Platten wird mit Zementbeton ausgefüllt und die Schlitzlöcher in den Schwellen werden mit Sand angefüllt und mit Zementbrühe vergossen. Der freie Raum in dem Schienentrog bis zur Höhe des Schienenkopfes wird mit einer elastischen Asphaltvergußmasse vergossen, so daß Schienensteg und Schienenfuß vollständig vom Asphalt umgeben sind. Der Anschluß an den eigentlichen Beton der Straße erfolgt mit der gewöhnlichen Betonmischung. Fig. 31 zeigt die beschriebene Art der Befestigung¹⁾.

In vielen Fällen sucht man eine direkte Verbindung zwischen Straßenbahnschiene und Asphaltdecke zu vermeiden. Die Einfassung der Straßenbahnschienen erfolgt dann wohl bei Asphaltpflaster meist mit einer mehrfachen Reihe von Hartholzpflocken; zwischen den Schienen wird auch oft



Gußasphalt verwendet. Dies empfiehlt sich selbst bei dem gegen Erschütterung und Stoß weit weniger empfindlichen Asphaltmakadam. Fig. 32 zeigt eine derartige Anordnung²⁾.

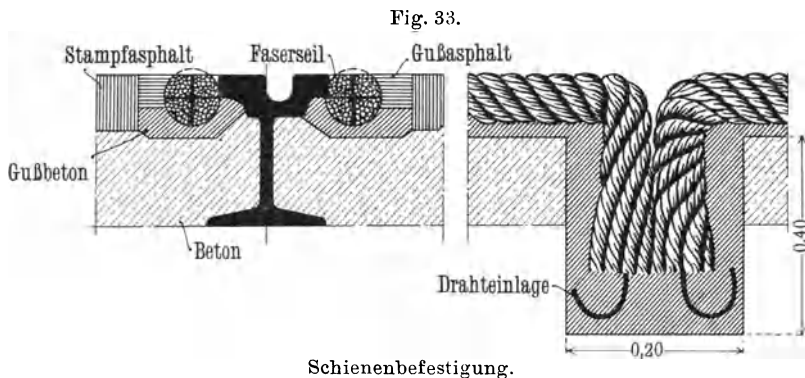
Nach einem Verfahren „Ferrax“ (D. R.-P. Nr. 199 712) arbeitet die Aktiengesellschaft für Seilindustrie vorm. Ferdinand Wölff in Mannheim. Es besteht darin, ein Seil aus Textilfasern direkt neben die Straßenbahnschiene auf Gußbeton zu legen und einseitig mit Gußasphalt zu vergießen, während die andere Seite sich an die Straßenbahnschiene anlegt (vgl. Fig. 33). Das Seil soll die Stöße der Trambahnwagen gegen den Asphalt abfangen und zugleich das Eindringen von Wasser verhindern. Das Seil ist gegen Fäulnis präpariert und soll sich sehr lange halten. Ein 6 mm dicker Gußstahldraht ist im Inneren des Seiles eingeflochten und soll dasselbe gegen Verschiebungen schützen.

Stampfasphaltstraßen leiden zuweilen an den vom Verkehr weniger beanspruchten Stellen, weil hier der beständige Druck des Fuhrwerkes, der auf den dem Verkehr ausgesetzten Stellen eine fortdauernde Verdichtung und Verbesserung der Deckschicht bewirkt, fehlt. Besonders leidet der Anschluß

¹⁾ Vgl. Asphalt- und Teerind.-Ztg. 1912, S. 121, 299 u. 359. — ²⁾ Ebend. 1910, S. 219; 1911, S. 460 u. 679.

der Decke an die Bordschwellen unter der Wirkung stagnierenden Wassers bei ungenügendem Gefälle, so daß dem Wasser Gelegenheit gegeben ist, in die Fugen einzutreten und bei Frost die Asphaltschicht zu lockern. Man beseitigt diesen Übelstand dadurch, daß man die Straßenrinnen mit Platten aus komprimiertem Stampfasphalt auslegt, die durch einen Verguß mit reinem Asphaltgoudron an der Bordschwelle und auf der Unterbettung befestigt werden. Als besonders geeignet für diesen Zweck sollen sich Platten aus künstlichem Stampfasphalt bewährt haben, weil man hier in der Lage ist, die Menge des Bitumens, sowie die Härte des Materials je nach den Ansprüchen zu variieren.

Man hat teilweise mit sehr gutem Erfolg ganze Straßenzüge mit solchen Asphaltplatten verlegt, vor allem in Cöln und anderen Städten des Rheinlandes. Der erste, welcher versucht hat, Stampfasphalt fabrikmäßig herzustellen und in fertigen Platten direkt auf die Straßenfläche zu verlegen, war Léon Malo, welcher bereits im Jahre 1872 zusammen mit Robin ein dahin zielendes Patent entnommen hatte. Das Asphaltpulver wurde dabei in kaltem Zustande in eisernen Formen einem hohen Druck ausgesetzt. 1873 führte Delano noch das Erhitzen des Pulvers bei der Plattenfabrikation ein, da sich



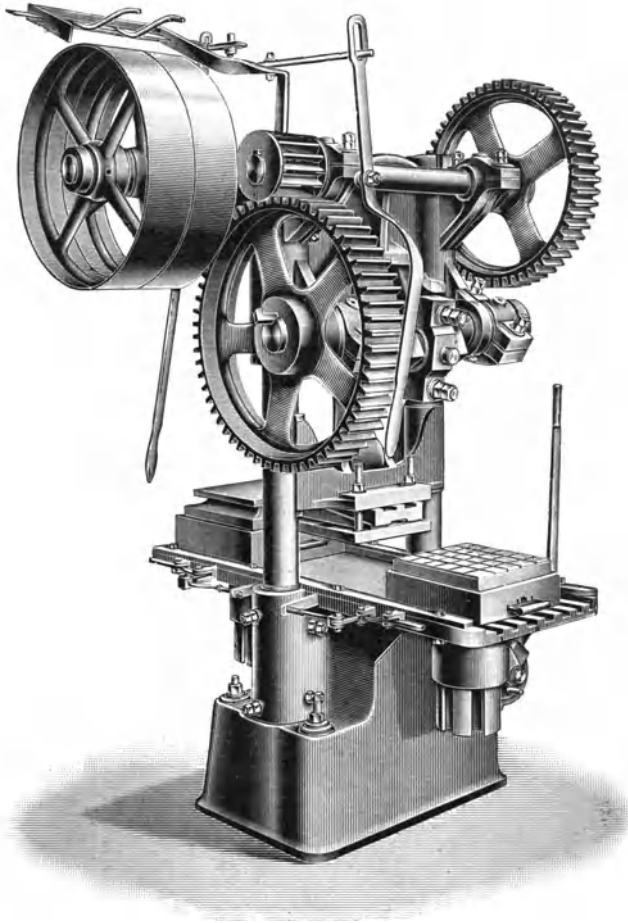
das letztere erfahrungsgemäß in warmem Zustande besser komprimieren läßt als im kalten. Der beim Pressen angewandte Druck betrug bis zu 200 Atm., das Format der Platten 10 bis 40 cm im Quadrat und ihre Stärke 4 bis 7 cm. 1878 nahm dann auch Kahlbetzer ein D. R.-P. Nr. 5646 auf die Herstellung solcher Platten, welches von dem von Malo geübten Verfahren kaum abweicht und daher wertlos ist, da es jedermann freisteht, derartige Platten anzufertigen. Jedenfalls war Kahlbetzer aber der erste, der dieselben in Deutschland in großem Maßstab erzeugt hat. Nach seinem Verfahren wird das rohe Asphaltpulver auf 70°C erwärmt und unter einem Druck von 40 t in gußeisernen Formen von 25 cm^2 gepreßt.

Derartige Platten werden heute in vielen Asphaltfabriken angefertigt; zum Erwärmen des Asphaltpulvers dienen die bereits früher beschriebenen Darren oder rotierenden Trommeln. Das Pressen erfolgt in der Regel durch sogenannte Kniehebelpressen für Hand- oder Maschinenbetrieb. Fig. 34 zeigt eine derartige Presse, wie sie von der Firma C. Lucke bei Leipzig speziell für diesen Zweck in sehr guter Konstruktion ausgeführt wird. Die Presse arbeitet mit zwei Formen, welche auf beiden Enden des Preßtisches stehen und mit Material gefüllt, abwechselnd nach der Mitte des Preßtisches unter den Preß-

mechanismus geschoben werden. Nach ausgeführter Pressung werden dieselben wieder nach den an den Enden befindlichen Ausstoßvorrichtungen zurückgezogen. Um die Leistungsfähigkeit der Pressen zu erhöhen, werden dieselben auch mit zwei Vorsetztischen geliefert, auf welchen je zwei Formen Platz finden.

Für größere Betriebe verwendet man an Stelle der durch Hand- oder Maschinenkraft betriebenen Pressen solche mit hydraulischem Antrieb. Eine

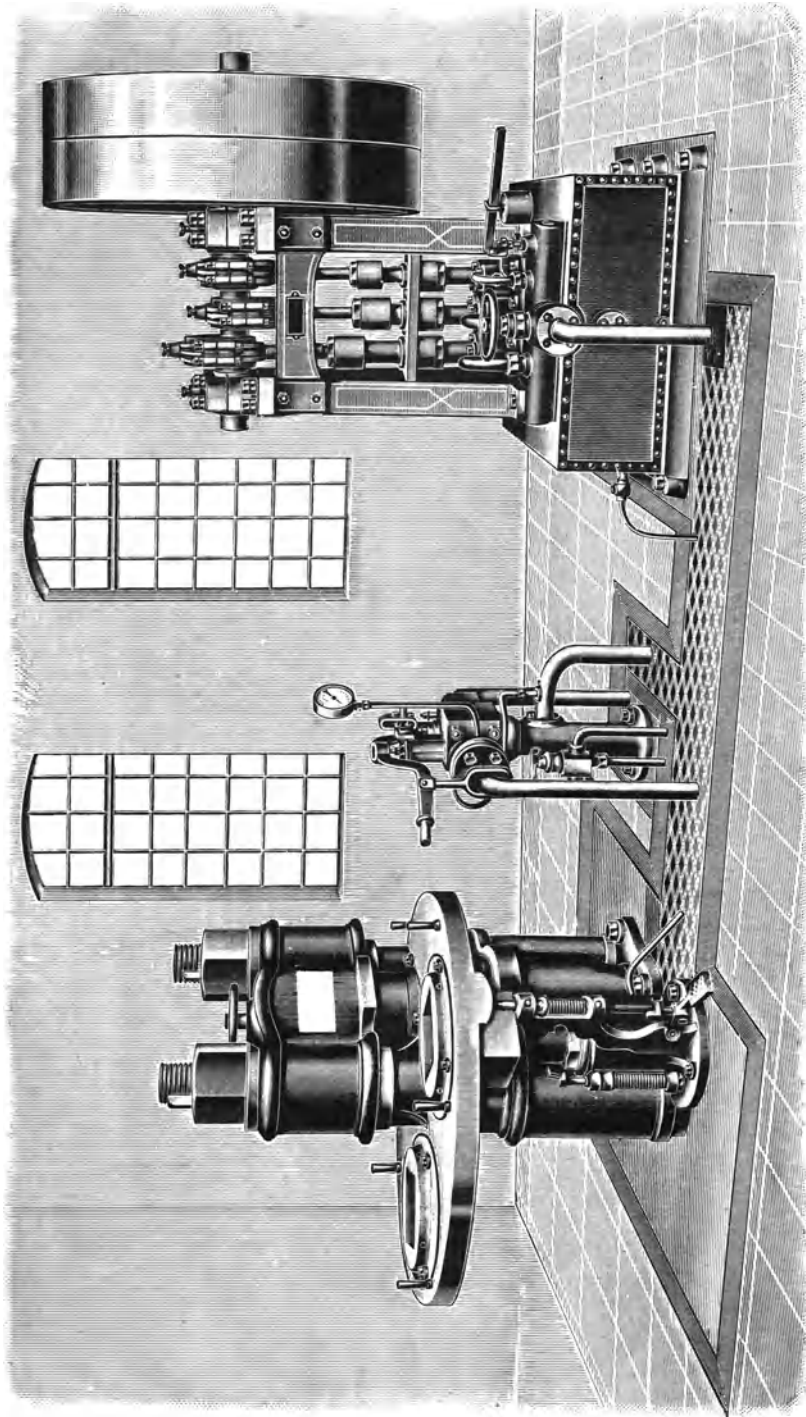
Fig. 34.



Plattenpresse.

solche Asphaltplattenpresse „Baldur“ der Firma „Rheinhütte, G. m. b. H.“, Biebrich, zeigt Fig. 35. Die Presse besteht aus einer hydraulischen Presse gewöhnlicher Konstruktion, die mit Niederdruck- und Hochdruckkolben arbeitet. Zwischen Pumpe und Presse ist an geeigneter Stelle ein Steuerstock eingeschaltet, der das Steuerventil trägt und der den Zutritt des Druckwassers zum Preßtisch zu regeln gestattet. Der Preßtisch ist mit einem leichtbeweglichen Drehtisch versehen, in dessen Vertiefungen die abgemessene oder abgewogene, erhitzte Masse (gepulverter Asphaltstein oder Asphaltmakadam Mischung u. dgl.) eingefüllt wird und hier einem Druck bis zu 100 Atm. unterworfen wird. Während

Fig. 35.



Asphaltplattenpresse „Baldur“.

die eine Platte gepreßt wird, werden die leeren Preßöffnungen des Drehtisches mit Preßgut gefüllt. Es ist möglich, in der Presse durch entsprechende Anlage zwei Platten auf einmal zu pressen. Die Presse liefert bei einem Kraftbedarf von 10 PS täglich etwa 2000 bis 2400 Platten von der Größe 25×25 bei 5 cm Stärke.

Ein Vorteil der komprimierten Asphaltplatten gegenüber dem an Ort und Stelle erzeugten Asphaltpflaster wird in der Möglichkeit erblickt, sie jederzeit herstellen und bei jeder Witterung verlegen zu können. Ein B. Löhr (D. R.-P. Nr. 77 129) erteiltes Patent soll es ermöglichen, Fußsteig- und Straßenbeläge aus plattenförmigen Körpern herzustellen, deren obere Abnutzschicht aus gepreßtem Asphaltpulver und deren untere Schicht aus Zementbeton besteht, welche einen einheitlichen, untrennbaren Körper bilden. Zur Herstellung dieser Asphalzzementplatten dient folgendes Verfahren: Getrocknetes und erwärmtes Asphaltpulver wird in geeigneter Metallform in gleichmäßig starker Schicht ausgebreitet und mit einer erdfeuchten Schicht Zementbeton durch hohen Druck zu einem einheitlichen Körper vereinigt. Der so gebildete Körper wird längere Zeit feucht gehalten und dann vollständig getrocknet.

Den gleichen Zweck verfolgen J. Steinbach und F. Duderstadt, D. R.-P. Nr. 132 810 vom 21. April 1900, indem sie erwärmtes Asphaltpulver mit einer Schicht erdfeuchten Zementbetons zusammenpressen. Dem Asphaltpulver setzen sie gemahlene Schwefel, Chlorkalk und gekörntes Hartgestein (z. B. Porphyr) zu und erhitzen die Masse allmählich auf 120 bis 140° C. Der Chlorkalk soll den Zweck haben, eine feste Verbindung zwischen den beiden Schichten herzustellen; inwiefern er dies vermag, muß allerdings dahingestellt bleiben.

Roehming (D. R.-P. Nr. 168 720, Zus. zu Nr. 146 289) stellt eine Asphalzzementpflasterplatte in der Weise dar, daß er die frisch gepreßte, noch erdfeuchte Zementplatte mit Steinchen bestreut und darüber die gleichfalls frisch gepreßte noch nachgiebige, warme Asphaltplatte legt und beide Platten zusammendrückt. Die Steinchen tragen zur Verbindung der beiden Platten bei.

Nach Frangenheim¹⁾ sind die Asphaltplatten in jeder Hinsicht dem auf der Fahrbahn selbst hergestellten Stampfasphalt vorzuziehen, weil sie infolge des in der Maschine herrschenden gleichmäßigen Druckes auch einem gleichmäßigen Verschleiß unterworfen sind. Ähnliche Ansichten vertritt auch Daehr²⁾, welcher noch besonders die bessere Kompression der Asphaltplatten hervorhebt, denen übrigens E. Dietrich³⁾ entgegentritt, indem er darauf hinweist, daß bei der Vergleichung der auf der Straße gefertigten Asphaltflächen mit den durch Pressen gebildeten Platten völlig übersehen wird, daß der auf der Straße gearbeitete Asphalt nicht nur gewalzt, sondern auch gestampft wird, wodurch eine größere Verdichtung des Pulvers erfolgt, als von Daehr angenommen zu werden scheint. Ferner wird übersehen, daß die in gewissem Sinne knetende Wirkung einer Walze, bei gleichem Druck auf gleicher Fläche, naturgemäß mehr leisten muß, als der gleichmäßige Druck einer Presse; die letztere wird daher einen verhältnismäßig viel größeren Druck ausüben müssen, um eine gleiche Wirkung zu erzielen.

¹⁾ Deutsche Bauztg. 1886, S. 391. — ²⁾ Ebenda 1890, S. 2. — ³⁾ Ebenda 1890, S. 170.

Die Wirkung zeigt sich am besten durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes der verschiedenen Produkte, die Dietrich am Val de Travers-Asphalt wie folgt gefunden hat:

1. Straßenasphalt, auf der Straße durch Walzen und Stampfen in der gewöhnlichen Weise verdichtet und vor Eröffnung des Verkehrs herausgeschnitten 2,05 spez. Gew.

2. Platten von Kahlbetzer, 1885 gefertigt, 2,05 spez. Gew.

3. Platten wie vorige, 1889 gefertigt, 2,08 spez. Gew.

4. Straßenasphalt, auf der Straße durch Walzen und Stampfen mittels Dietrichs Stampfmaschine verdichtet und vor Eröffnung des Verkehrs herausgeschnitten, 2,10 spez. Gew.

5. Straßenasphalte, welche mehrere Jahre durch den Verkehr verdichtet wurden, 2,25 bis 2,35 spez. Gew.

Die Zahlen beweisen, daß kein irgendwie nennenswerter Unterschied in der Dichtigkeit des auf der Straße selbst gefertigten Asphalts und der Platten besteht, und daß beide Fabrikate hinterher unter der Wirkung des Verkehrs noch ganz erheblich verdichtet werden.

Nach E. Dietrich lassen sich derartige Platten um so besser zu einer einheitlichen Fläche zusammenfahren, je weniger stark sie komprimiert sind; sehr stark komprimierte Platten, namentlich von größerem Format, brechen leicht unter dem Einfluß des Verkehrs.

Die Verlegung der Asphaltplatten auf der Betonunterbettung ist eine außerordentlich einfache; sie werden lediglich unter Vermeidung offener Fugen möglichst dicht aneinander geschoben und mit einer dünnen Schicht von Sand oder besser Asphaltpulver unterlagert, wobei Anschlußplatten besonderer Form aus gewöhnlichen Platten mit der Säge ausgeschnitten werden. Ein Nachwalzen nach beendigter Verlegung ist überflüssig, da dieselben sich im Verkehr noch zu einer einheitlichen, fugenlosen Decke zusammenarbeiten. Nach anderen¹⁾ soll es zweckmäßiger sein, auf den abgebundenen Beton erst eine 1 bis 2 cm starke Schicht von frischem Beton aufzutragen und abziehen und auf diesen noch feuchten Beton die Asphaltplatten direkt zu verlegen, indem man durch Beklopfen mit einem Holzhammer für eine gute Bindung zwischen Platte und ungebundenem Zement sorgt.

Legt man die Platten in flüssigen Streichbeton, so kann es vorkommen, daß zwischen den Fugen der Platten der flüssige Beton herausquillt, wodurch die Möglichkeit des Eindringens von Wasser gegeben wird. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, die Schmalseiten der Platten mit zähflüssigem Goudron zu bestreichen, um einen wasserdichten Anschluß zu erzielen.

Über die Vorzüge und Nachteile der Asphaltstraßen gegenüber mit anderen Pflastermaterialien versehenen Straßen ist mit Rücksicht auf die große Wichtigkeit der Sache viel geschrieben worden. Es liegt nicht im Plane dieses Werkes, alle Meinungen einzeln aufzuführen; wir beschränken uns in dieser Hinsicht auf eine beachtenswerte Zusammenstellung, in welcher die hauptsächlichsten Eigenschaften und Vorzüge der Straßenpflasterung in Granit, Asphalt und Holz auf Grundlage von Erfahrungen in einer Reihe größerer Städte in England **vergleichend** gegenübergestellt sind, und welche die „Nouvelles Annales de la Construction“ 1897 bringen. Bezeichnet man

¹⁾ Vgl. Asphalt- und Teerind.-Ztg. 1912, S. 139.

die Rangstufen der drei in Betracht gezogenen Pflasterungsarten mit 1, 2 und 3, so ergibt sich folgende Tabelle:

Vorzüge betreffend	1	2	3
Hygiene	Asphalt	Granit	Holz
Geräusch	Holz	Asphalt	Granit
Sicherheit für die Pferde	Holz	Asphalt	Granit
Reinlichkeit	Asphalt	Granit	Holz
Dauerhaftigkeit	Granit	Asphalt	Holz
Ökonomie	Granit	Holz	Asphalt
Reparaturfähigkeit	Asphalt	Holz	Granit
Bequemlichkeit für Trambahnen	Granit	Holz	Asphalt

Hiernach würde mit Rücksicht auf die öffentliche Gesundheitspflege, Reinlichkeit und Reparaturfähigkeit das Asphaltpflaster, hinsichtlich der Geräuschlosigkeit und Sicherheit für die Pferde das Holzpflaster und hinsichtlich der Dauerhaftigkeit, Ökonomie und Bequemlichkeit für Trambahnen das Granitpflaster in erster Linie stehen. Es wird niemand geben, der in einer modernen Großstadt nicht die Rücksichten auf die öffentliche Gesundheitspflege, dann vor allem auf Reinlichkeit und Geräuschlosigkeit denen auf Dauerhaftigkeit voranstellt.

Hinsichtlich der Sicherheit der Pferde auf Asphaltpflaster ist es statistisch nachgewiesen, daß dieselbe nicht allein wächst mit Zunahme des Umfanges der in Asphalt ausgeführten Straßen, sondern daß sie für Pferde, die nur auf Asphalt zu laufen gewohnt sind, eine größere ist, als auf Granitpflaster, welches mit der Zeit einen hohen Grad von Glätte durch Abnutzung der Kanten der Pflastersteine annimmt. Gleichwohl hat man aber versucht, die Fläche durch Riffelung rau zu machen, was bei der geringen Härte des Stampfasphalts aber als mißlungen zu betrachten ist.

Um die den Pferden schädliche Glätte des Asphaltpflasters zu beseitigen, wurde eine Pflasterungsart ¹⁾ erfunden und patentiert, welche darin besteht, daß schmale Holzscheite in die Asphaltmasse eingebettet werden, so daß die schmale Oberfläche dieser Holzscheite bis zur Pflasteroberfläche reicht. Das Holz nutzt sich etwas früher ab als die Asphaltmasse, so daß das Pflaster ein geriffeltes Aussehen erhält, welches sich aber im Gebrauche nicht verwischt, indem die Holzscheite durch den Verkehr immer mehr angegriffen werden als die Asphaltmasse. Auch dieses Verfahren hat wegen der geringen Haltbarkeit des Holzes und dadurch verursachter häufiger Reparaturen keinen Eingang gefunden.

Um die Schlüpfrigkeit der Asphaltbeläge zu vermindern, hat man ferner versucht, die Pflasterdecke mit einer dünnen Schicht von Sand und Öl zu versehen. Das Öl wird auf etwa 120 bis 170° C erwärmt und unter Druck versprengt. Auf 1 qm rechnet man etwa 50 ccm. Nach Aufbringen des Öles wird die Oberfläche mit Sand bestreut, so daß etwa auf den Quadratmeter 3 Liter Sand kommen. Der Sand verbindet sich mit dem Öl und bildet eine raue Kruste, die namentlich den Zugtieren eine erhöhte Sicherheit gewährt. Das Verfahren muß, je nach der Schwere des Verkehrs, wiederholt werden und der Quadratmeter soll sich dabei auf etwa 5 bis 8 ♂ stellen. Es ist

¹⁾ Zeitschr. f. Transport- und Straßenbauwesen 1890, S. 231.

natürlich mit Vorsicht anzuwenden, damit nicht durch zu große Mengen von Öl der Asphalt erweicht und schließlich zerstört wird. Am besten verwendet man dazu wohl asphaltische Öle, die unter dem Einfluß der Atmosphäre in Asphalt übergehen¹⁾.

Die Gefahr des Ausgleitens der Pferde auf Stampfasphaltfahrbahnen besteht übrigens lediglich bei gewissen Witterungsverhältnissen und ist dann ausschließlich auf eine größere Schlüpfrigkeit infolge ungenügender Reinigung zurückzuführen. Ein Ausgleiten infolge ungünstiger Steigungsverhältnisse kann bei einer richtig konstruierten Straße nicht eintreten, weil man als äußerste Grenze für die Zulassung der Asphaltierung in dieser Art ein Verhältnis von 1:60 (in Paris ausnahmsweise von 1:50) annimmt, und man andererseits infolge der Einheitlichkeit der Oberfläche der Asphaltlage sich bezüglich des seitlichen Gefälles auf das äußerste Mindestmaß beschränken kann. Man wird aber auch nicht vergessen dürfen, daß ein Stürzen für die Pferde auf Asphaltpflaster infolge seiner hohen Elastizität meistens nicht so verhängnisvolle Folgen haben wird als auf Granitpflaster.

Bei einer vorschriftsmäßig ausgeführten Stampfasphaltstraße, wenn sie nicht unter dem Verkehr von Straßenbahnen steht (s. oben), kommen Reparaturen außerordentlich selten vor. Ist der Asphalt auf zu nasse Unterlage oder bei feuchter Witterung verlegt worden, so tritt im Sommer bei intensiver Hitze infolge Verdunstung des Wassers oder im Winter bei starkem Frost infolge Gefrierens desselben leicht eine Hebung der Decke und dadurch verursachte Wellenbildung ein, welche die Abnutzung beschleunigt. Eine weitere Ursache der Zerstörung des Asphaltpflasters fand Denhardt²⁾ in den im Grunde liegenden Gasleitungsröhren, wenn sie undichte Stellen haben; die flüssigen Kohlenwasserstoffe des Leuchtgases werden vom Bitumen der Asphaltlage absorbiert und erweichen dieselbe derart, daß sie nach kurzer Zeit erhebliche Beschädigungen aufweist. Als der eine von uns den aus einem gewöhnlichen Gashahn austretenden Gasstrom während 12 Stunden durch einen mit 500 g Asphaltpulver beschickten Glaskolben treten ließ, konnte er eine Gewichtszunahme von 7,5 g konstatieren; das Pulver war so klebrig geworden, daß es sich zwischen den Fingern leicht komprimieren ließ. Bei der Destillation im Wasserdampfstrom lieferte es eine milchige Flüssigkeit, die nach längerem Stehen Tröpfchen ausschied, welche beim Behandeln mit Salpetersäure den charakteristischen Geruch des Nitrobenzols zeigten.

Wie schon erwähnt, sind Reparaturen an Asphaltstraßen leicht auszuführen, indem man die beschädigte Stelle ihrem ganzen Umfang nach von der Betonunterlage abnimmt und frisches Asphaltpulver auf die beschriebene Weise einstampft. J. W. Buzzard bringt auf die schadhafte Stelle eine Lage von geschmolzenem Asphaltmastix, bis ein Erhitzen und Aufweichen der Asphaltschicht stattgefunden hat, welche sich dann leicht ausheben läßt. Der ausgehobene Asphalt läßt sich übrigens durch Vermahlen leicht wieder in Asphaltpulver zurückverwandeln, welches als Zusatz zu frischem Pulver zu neuen Stampfarbeiten, besser aber auf Asphaltmastix, verarbeitet werden kann.

Über die Kosten der Fahrbahnbefestigung nach den verschiedenen Systemen und deren wirtschaftlichen Wert werden wir uns an anderer Stelle äußern.

¹⁾ Vgl. Asphalt- und Teerind.-Ztg. 1911, S. 279. — ²⁾ Zentralbl. f. Bauverwaltung 1889, S. 94.

Siebentes Kapitel.

Der Gußasphalt und die Ausführung von Gußasphaltarbeiten.

Wie schon der Name besagt, haben wir es hier mit einem Material zu tun, dessen Beschaffenheit eine solche ist, daß es in flüssiger oder wenigstens teigartiger Form weiter verarbeitet werden kann. Es ist auch bereits erwähnt worden, daß der Hauptbestandteil des Gußasphalts der gemahlene Asphaltstein ist, wie er zu Stampfasphaltarbeiten verwendet wird. Der Bitumengehalt des natürlichen Asphaltsteins ist meist nicht so groß, daß er sich durch Erhitzen in einen breiförmigen, noch gießbaren Zustand versetzen läßt, und es ist daher erforderlich, um ihn für diese Zwecke geeignet zu machen, ihm einen entsprechenden Zusatz von leichtflüssigem Bitumen zu geben, der hinreichend groß ist, die gewünschte Konsistenz zu erzielen. Dieses Flußmittel (Goudron minéral, Goudron composé, refined bitumen) soll aus möglichst reinem Bitumen bestehen und bei gewöhnlicher Temperatur eine feste, noch eben Eindrücke annehmende Masse sein, die sich beim Erwärmen leicht verflüssigt und mit dem bituminösen Material innig vermischt.

Da der Asphaltkalkstein schon bis in seine feinsten Poren mit Bitumen durchtränkt ist und beim Erwärmen in molekular feine Teilchen zerfällt, so bietet es keine Schwierigkeiten, diesen Anreicherungsprozeß durchzuführen. Das auf diese Weise hergestellte Material ist der sogenannte Asphaltmastix. Asphaltmastix und Asphaltgoudron sind Handelsartikel, und wir werden daher ihre Fabrikation vor der Ausführung von Gußasphaltarbeiten besprechen. Ähnliche Produkte werden aus künstlichen Asphalten, besonders den Residuen der Steinkohlen- und Braunkohlenteerindustrie, sowie der Erdöldestillation hergestellt, und es soll deren Gewinnung hier gleichfalls angeführt werden.

Die Fabrikation von Asphaltgoudron und -mastix.

Früher verwendete man zur Herstellung von Asphaltmastix einen „Bergteer“, den man auf einfache Weise aus dem bituminösen Gestein selbst durch einen Ausseigerungsprozeß gewonnen hatte; hierzu dienten sehr primitive Einrichtungen, wie solche nach Fig. 36 noch vor nicht sehr langer Zeit in Seefeld (Tirol) zur Gewinnung des sogenannten „Thürsenöls“ in Gebrauch waren. An irgend eine passende Berglehne baute man eine Feuerstelle nach Art der gewöhnlichen Schmiedeeisen und brachte auf der Sohle derselben eine Anzahl Gruben von etwa 0,75 m Weite und 0,30 m Tiefe an, die mit Lehm ausgekleidet wurden und an deren tiefster Stelle ein Rohr durch das Mauerwerk ins Freie führte. Über diese Öffnungen wurde ein passender, mit dem bituminösen Gestein gefüllter und mit einer gelochten Eisenplatte versehener

Tiegel von etwa 1 m Höhe gestülpt und ringsherum mit Lehm abgedichtet. Um den Tiegel wurde ein Kohlenfeuer unterhalten, welches eine Art trockene Destillation und Extraktion zu gleicher Zeit zuwege brachte, indem die an der Wandung des Tiegels sich bildenden Gase und Dämpfe das Bitumen aus dem im Inneren desselben vorhandenen Gesteins auslaugten, welches dann durch die am Boden der Grube eingesetzte Rinne in untergestellte Gefäße abfloß.

An anderen Orten hat man den Bergteer auf eine andere, bereits von Eirinis geübte Weise aus dem Asphaltstein ausgezogen; das gröblich zerkleinerte Gestein wurde in eisernen Kesseln mit Wasser überschichtet und dieses zum Kochen erhitzt. Das verflüssigte Bitumen wurde dabei durch das Wasser aus dem Gestein verdrängt und stieg an die Oberfläche, während Gestein und Wasser bei darauffolgender Ruhe zu Boden sanken bzw. sich unter der Bitumenschicht ablagerten. Das abgeschöpfte Bitumen erhitzte man in offenen

Fig. 36.



Bergteergewinnung.

Kesseln so lange, bis alles Wasser und alle leichtflüchtigen Bestandteile des Bitumens verjagt waren, wobei sich gleichzeitig erdige Verunreinigungen, soweit solche noch vorhanden waren, am Boden der konischen Kessel absetzten.

Dieses Verfahren ließ sich mit Vorteil indessen nur auf die Verarbeitung sehr bitumenreicher Gesteine oder Sande (Bastennes, Lobsann) anwenden, die leider nicht in der erforderlichen Menge vorhanden sind. Später ging man daher zur Anlage horizontaler oder geneigt liegender Retorten zum Ausschmelzen des Bitumens über, machte dabei aber die schlechte Erfahrung, daß die Retorten sehr bald

durchbrannten und das Bitumen sich an den heißen Wänden derselben zum großen Teil zersetzte.

Boutigny¹⁾ empfiehlt zu dem gleichen Zweck die Anwendung siebartig durchbrochener, stehender, schmiedeeiserner Zylinder, deren Boden durch einen Rost ersetzt ist, und deren oberes, offenes Ende zum Einfüllen des bituminösen Gesteins dient und durch einen passenden Deckel verschlossen werden kann. Dieser Zylinder ist dann wieder in einem geringen Abstand von einer zweiten schmiedeeisernen, vollwandigen Röhre konzentrisch umgeben, die von außen durch die Verbrennungsgase einer nebenliegenden Feuerung spiralförmig umzogen und dadurch so stark erhitzt wird, daß der in ihm hängende, mit Asphaltstein gefüllte Siebzylinder durch Bestrahlen auf eine für die Ausschmelzung des Bitumens genügend hohe Temperatur sich erhitzt. Man hat hierbei darauf zu achten, daß das Gestein hinlänglich feucht in die Retorte eingefüllt wird, weil in der Anwesenheit des Wassers eine Sicherheit gegen eine allzuhohe, auf das Bitumen zersetzend einwirkende Temperatur gegeben wird. Bitumen, Öl und Wasserdampf können nur durch den rostförmigen

¹⁾ Rév. ind. 1879, S. 54.

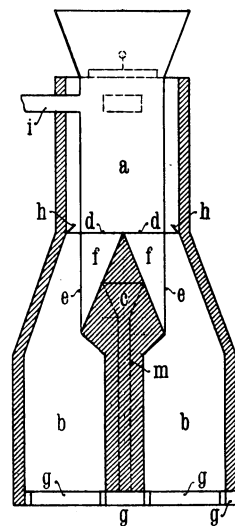
Boden, d. h. nach abwärts in ein unten stehendes Kühlgefäß entweichen, woselbst sie zur Verdichtung gelangen. Die Ausbeuten an Bitumen sollen nach diesem Verfahren um 25 bis 30 Proz. höher sein als in liegenden oder geneigten Retorten, und es sollen sich in diesem Apparat, der in den Abruzzen seit längerer Zeit in Gebrauch ist, noch Gesteine mit nur 2 Proz. Bitumengehalt vorteilhaft verarbeiten lassen. Man erkennt nicht unschwer, daß dieser Apparat eine neue Auflage der alten Schmelzöfen von Seefeld darstellt, allerdings unter Zugrundelegung der modernen Hilfsmittel der Technik. Nach einem ähnlichen Verfahren wird noch heute in Italien (vgl. S. 16 u. 17) Erdteer aus bitumenreichem Gestein gewonnen.

Man hat auch versucht¹⁾, das Bitumen aus dem Asphaltstein durch Schwefelkohlenstoff auszuziehen und durch Abdampfen des letzteren zu isolieren, aber das Verfahren stellte sich als zu teuer heraus. Jossinet entnahm ein D. R.-P. Nr. 15 775 auf Extraktion des Bitumens aus Gestein durch Anwendung von Mineralölen und nachheriges Abdestillieren derselben. Die Rütgerswerke-Aktiengesellschaft benutzt das Naphthalin als Lösungsmittel, das den Vorzug hat, bei gewöhnlicher Temperatur fest, mit Wasserdämpfen leicht flüchtig und nebenbei billiger und weniger feuergefährlich als andere Extraktionsmittel zu sein (H. Köhler, D. R.-P. Nr. 204 256).

Eine Einrichtung zur Verwertung bituminöser Gesteine (Asphaltkalkstein) durch Ausschmelzen und Destillation des Bitumens unter gleichzeitiger Gewinnung von gebranntem Kalk, Schamotte oder Zement hat sich H. Schillbach (D. R.-P. Nr. 225 812, 1909) schützen lassen. Die Retorte *a* (Fig. 37) dient zur Aufnahme des nötigenfalls gemahlenen und in Brikkettform gebrachten Gesteins, das mit Koks gemischt sein kann. Um diese Retorte herum sind mehrere Kammern angeordnet, so daß dieselbe in jede einzelne Kammer entleert werden kann, derart, daß der Inhalt durch Öffnen des Schiebers *d* in den Raum *f* und von hier durch Öffnen der Klappe *e* in die betreffende Kammer *b* gelangt. Hier werden die Rückstände bis zu der für die Erzielung von gebranntem Kalk, Zement oder Schamotte erforderlichen Temperatur gebrannt.

Sind alle um die Retorte *a* gelagerten Kammern *b* gefüllt, und wird die erste zur vollständigen Abkühlung und Entleerung aufgebrochen, so läßt man Luft durch die verschiedenen Klappen *g* nacheinander in die einzelnen Kammern streichen. Dadurch wird die Luft stark vorgewärmt und bringt so die erschöpften Rückstände zur Entzündung und Sinterung. Von der letzten Kammer gehen die heißen Gase durch Öffnen der betreffenden Klappen *h* um die Retorte *a* herum, wo sie zum Abdestillieren und Ausschmelzen des Bitumens, das durch die Röhre *i* abgeleitet wird, dienen und gelangen dann in den Schornstein. Der Betrieb ist ein kontinuierlicher.

Fig. 37.



Bergteergewinnung nach Schillbach.

¹⁾ Dietrich, a. a. O., S. 31.

Heute benutzt man zur Herstellung von Asphaltgoudron, man kann wohl sagen fast ausschließlich, Erdpech, besonders das von Trinidad, das man bloß auf einen höheren Grad der Geschmeidigkeit zu bringen braucht, um einen vorzüglichen Goudron zu erhalten; fast die gesamte Menge des letzteren wird aus diesen Produkten hergestellt, und in den europäischen Staaten ist derselbe daher schlechtweg unter dem Namen „Trinidadgoudron“ bekannt.

Das rohe Erdpech von Trinidad, wie es aus dem See oder dem angrenzenden Plateau gewonnen wird, ist nun keineswegs so rein, daß es sich direkt zur Verarbeitung auf Goudron eignen würde. Es enthält beträchtliche Einschlüsse von Erde, Steinen, Holz und Wasser, die erst durch einen einfachen Läuterungsprozeß, teilweise am Ort der Gewinnung selbst, entfernt werden müssen, wie das bereits an anderer Stelle eingehend erörtert worden ist.

Die weitere Verarbeitung des so gereinigten Trinidadasphalts (Trinidad epuré) bezweckt lediglich die Zuführung eines geeigneten Flußmittels, um demselben die Sprödigkeit nach dem Erkalten zu nehmen und ihm eine dauernde Elastizität bzw. Knetbarkeit zu geben. Die Wahl dieses Flußmittels ist in Anbetracht der Aufgabe des Asphaltgoudrons durchaus nicht gleichgültig; es muß vor allen Dingen einen so hohen Siedepunkt besitzen, daß es sich bei den bei der Fabrikation von Asphaltmastix in Frage kommenden Temperaturen (etwa 250° C) nicht verflüchtigt, es darf sich bei dieser Temperatur auch nicht zersetzen und muß chemisch so indifferent sein, wie der Asphalt selbst.

Der Natur der Sache nach hat wohl der natürliche Bergteer die meiste Verwandtschaft zum Asphalt und dürfte sich daher in erster Linie als Zusatz empfehlen, wird aber nur in beschränkter Menge gefördert. Meinecke¹⁾ führt aus, daß der Bergteer, zumal in seinen weicheren Sorten, durchaus nicht den Anspruch auf einen chemisch ziemlich indifferenten Körper machen kann, da er sich noch in völliger Umbildung befinde, und daher zu verwerfen sei. Man braucht indessen lediglich auf die Tatsache hinzuweisen, daß der Bergteer Jahrtausende gebraucht hat, um von dem dünnflüssigen Zustande des Erdöls in den bergteerartigen überzugehen, um die Grundlosigkeit dieses Einwurfes zu erkennen; vom Bergteer bis zum festen Asphalt ist aber noch ein sehr weiter Weg! Gleich hinfällig ist natürlich auch der weitere Einwurf, daß man von dem dickflüssigen Bergteer erheblich größere Zusätze bei der Goudronfabrikation machen muß als von einem dünnflüssigen Öl, wie Paraffinöl, das bisher als Flußmittel verwendet wurde (etwa 30 bis 40 Proz. gegen 15 Proz. für weichen Goudron), weil dabei übersehen wird, daß man bei der Verwendung von Bergteer entsprechend dem größeren Aufwand auch größere Mengen von Goudron erhält.

Die Überlegenheit des flüssigen Bergteers gegenüber Paraffinöl und anderen derartigen Mitteln ergibt sich auch deutlich aus den Resultaten der physikalischen Untersuchung. Nach Graefe zeigten zwei Arten Trinidadgoudron, von denen der eine durch Zusatz von 15 Proz. Paraffinöl, der andere durch Zusatz von 40 Proz. flüssigem Asphaltöl erhalten worden war, die gleiche Penetration. Dagegen ergab die Prüfung mittels des Duktilometers bei dem mit Paraffinöl hergestellten Produkt eine Duktilität von 20, bei dem mit flüssigem Asphalt hergestellten dagegen eine solche von 80 cm. Anderer-

¹⁾ Chem.-techn. Unters. über Trinidadgoudron, S. 11.

seits darf auch nicht übersehen werden, daß der durch Zusatz von flüssigem Asphalt oder Bergteer erhaltene Goudron wesentlich reicher an Bitumen ist, wie eine einfache Rechnung ergibt. Angenommen, der verwendete Trinidadasphalt enthielte durchschnittlich 57 Proz. Bitumen und Paraffinöl und flüssiger Asphalt wäre als 100proz. anzusprechen, so ergibt ein Gemisch von 100 Teilen Trinidadasphalt und 15 Proz. Paraffinöl 115 kg Goudron mit einem Gesamtgehalt von 72 kg Bitumen oder einen Goudron von etwa 62,5 Proz. Bitumen. Nimmt man auf der anderen Seite einen Goudron von gleicher Konsistenz, der durch Zusatz von 40 Proz. flüssigem Asphalt oder Bergteer zum gleichen Trinidadasphalt erhalten wurde, so entspricht das einem Produkt mit einem Gesamtgehalt von 97 kg Bitumen oder einem Goudron von etwa 69,5 Proz. Bitumen. Da man zur Herstellung von Mastix infolge des beträchtlich höheren Gehaltes des letzteren Produktes an Bitumen wesentlich weniger braucht, als von dem unter Verwendung von Paraffinöl hergestellten, so ist es auch wertvoller, ganz abgesehen von seinen sonstigen qualitativen Vorzügen. Besonders kommt dieses Moment auch beim Versand des Goudrons in Betracht, wo man für die gleiche Fracht im zweiten Falle wesentlich mehr Bitumen verschickt als im ersten.

Als Ersatz für Bergteer finden häufig auch die Rückstände der Erdöldestillation Verwendung; aber man darf wohl Dietrich¹⁾ beistimmen, wenn er die Rückstände der Petroleumraffinerie als nicht gleichwertig mit jenen der Roherdöldestillation ansieht, weil die ersteren aus leichter flüchtigen Kohlenwasserstoffen bestehen. In Amerika hat man gerade mit diesen Rückständen (still bottoms), die, wie wir gesehen haben, dem natürlichen Asphalt besonders nahe stehen, die besten Erfahrungen gemacht.

Von ähnlicher Beschaffenheit sind auch die namentlich in Frankreich (huile d'Autun) und in England (shale grease) verwandten Rückstände der Leuchtschieferdestillation; die großen Fabriken von Val de Travers und Seyssel, deren Fabrikate anerkanntermaßen zu den vorzüglichsten gehören, verwenden die in den Schieferöldestillationen von Autun (Dep. Saône und Loire) gewonnenen Rückstände und legen besonderen Wert darauf, daß dieselben so zähflüssig sind, um sich in Fäden ziehen zu lassen, ohne dabei zu zerreißen.

In deutschen Asphaltfabriken verwendete man zur Fabrikation des sogenannten Trinidadgoudrons früher wohl ausschließlich die aus der sächsisch-thüringischen Braunkohlenteerindustrie entfallenden sogenannten dunklen Paraffinöle, welche nur ein spezifisches Gewicht von 0,880 bis 0,920 haben, von rotbrauner Farbe mit blauer Fluoreszenz sind, 1 bis 2 Proz. Kreosot enthalten und eine Viskosität von 1,5 bis 2,5 besitzen. Diese Öle entflammen zwischen 100 und 120° C und liefern bei der Destillation:

unter 250°	5 bis 15 Proz.
bis 300°	40 „ 60 „

Sie erstarren je nach ihrem Paraffingehalt bei 0 bis 5° C und enthalten 20 bis 50 Proz. in Schwefelsäure von 66° Bé. lösliche, ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Meinecke rühmt dem Paraffinöl eine Beständigkeit und Haltbarkeit nach, indem er auf dessen Namen hinweist: „Parum affinis, d. h. in chemischer Beziehung wenig verwandt, weil es bei normaler Temperatur auch von energisch wirkenden chemischen Mitteln nicht angegriffen wird.“ Das bezieht

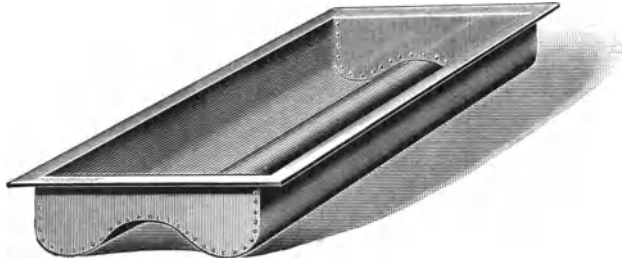
¹⁾ A. a. O., S. 33.

sich natürlich lediglich auf das Paraffin selbst, welches aus dem Paraffinöl bis auf ganz geringe Mengen herausgeholt ist; wie es mit der gerühmten Unveränderlichkeit des Paraffinöls selbst bestellt ist, beweist am besten sein Verhalten gegen Schwefelsäure von 66° Bé.

Dietrich verwirft die dünnflüssigen Paraffinöle als ungeeignet und will lediglich die dickflüssigeren, sogenannten Schmierölrückstände der Paraffin- und Mineralölindustrie verwendet wissen.

Als ungünstige Zusätze betrachtet man vor allem nach den in Amerika gemachten Erfahrungen solche Produkte, die entweder festes Paraffin enthalten, wie nicht genügend abgepreßte Paraffinöle, oder überhaupt solche, die von Ölen mit Paraffinbasis stammen. Man gibt jenen Produkten den Vorzug, die paraffinfrei sind und wenn möglich selbst als Rückstände von asphaltischen Ölen, wie Texasölen, Kaliforniölen oder Mexikölen wesentliche Mengen Asphalt enthalten. Da derartige Öle und natürliche Bergteere heute in genügenden Mengen und zu erschwinglichen Preisen im Handel zu haben sind, kann um so eher von der Verwendung ungeeigneter Surrogate abgesehen werden, als sie ja doch nur ein minderwertiges Produkt ergeben können.

Fig. 38.



Goudronpfanne.

Mit Rücksicht auf den hohen Schmelzpunkt des Trinidadasphalts und anderer, zur Fabrikation von Goudron in Frage kommender Erdpeche, besonders aber deren hoher Gehalt an mineralischen Bestandteilen, welche leicht ein Festbrennen an den Gefäßwänden verursachen können, erfolgt die Herstellung des Goudrons über freiem Feuer, wozu Apparate der verschiedensten Form und Größe dienen. Meistens sind es offene, halbzyklindrische, längliche oder runde schmiedeeiserne Pfannen von verschiedener Größe mit abnehmbarem Deckel und Abzug für die Dämpfe; eine sogenannte „Goudronpfanne“, wie sie an manchen Orten üblich ist, zeigt Fig. 38. Sie hat eine Länge von etwa 3 m bei einer Breite von etwa 2 m und einer größten Tiefe von ungefähr 70 cm. Ihr Boden ist, um sie stabiler und gegen die Einwirkung der Hitze widerstandsfähiger zu machen, weder halbrund noch flach, sondern wellenförmig gestaltet. Unter dem mittleren Teil mit erhöhter Oberfläche liegt die einfache Feuerung, welche von außen her bedient wird; die Feuergase ziehen unter einem in die Wölbung passenden Gittergewölbe bis ans Ende der Pfanne und teilen sich dann in zwei Züge nach rechts und links, so daß die heißen Gase unter den beiden halbkreisförmigen Senkungen des Bodens der Pfannen frei zurückkehren und auf beiden Seiten der Feuerung in den gemeinschaftlichen Fuchs einfallen. Die Pfanne ruht mit ihrem ungefähr 30 bis 40 cm breiten, nach innen fallenden Rand auf dem Um-

fassungsmauerwerk des Feuerherdes, welches von diesem Rand größtenteils bedeckt wird; rechts und links von der erhöhten Oberfläche des Bodens sitzt sie auf den Seitenwänden des Gittergewölbes fest. Sie ist mit einem flach gewölbten, an einer Rolle aufwindbaren Deckel lose bedeckt, der seitlich je eine Klappe besitzt, um während der Arbeit sich vom Stande des Prozesses überzeugen zu können. Der in den Deckel lose eingeschobene Blechschlot für den Abzug der Dämpfe läßt sich vor dem Heben des Deckels seitlich verschieben. In einer derartigen Pfanne lassen sich in einer Operation in zwölf Stunden ungefähr 2000 bis 2500 kg Goudron herstellen.

Die hier beschriebene Einrichtung zur Herstellung von Goudron ist die älteste und einfachste und durch ausschließliche Verwendung von Menschenkraft zugleich auch teuerste. Sie hat den einzigen Vorteil, daß der Arbeiter jederzeit sein Fabrikat unter Kontrolle hat und durch Gefühl und Augenschein viel beobachten kann, was ihm beim Maschinenbetrieb in geschlossenen Apparaten entgeht. Es ist selbstverständlich, daß man heute in großen Fabriken fast ausschließlich durch Maschinenkraft betriebene Rührwerke benutzt, wie wir solche noch kennen lernen werden. Sie sollte aber des historischen Interesses wegen und weil sie in kleineren Fabriken auch heute noch vielfach im Gebrauch ist, hier nicht unerwähnt bleiben.

Die Menge des Zusatzes an Bergteer, Petroleumrückstand usw. und Paraffinöl richtet sich nach der Konsistenz derselben und nach der Beschaffenheit des verarbeiteten Asphalts. Beispielsweise setzt man in Seyssel auf 3 Gew.-Tle. Trinidadasphalt 2 Gew.-Tle. Goudron d'Autun welcher zuerst eingeschmolzen wird, zu; in Lobsann nimmt man auf 84 Tle. Trinidadasphalt 45 Tle. Goudron von Pechelbronn (Bergteer und 2 Gew.-Tle. Goudron d'Autun), während in Limmer auf 6 Gew.-Tle. Trinidadasphalt 1 Gew.-Tl. Paraffinöl kommt¹⁾. Im gleichen Verhältnis wie Limmer arbeiten auch die übrigen deutschen Fabriken.

Für die Arbeit mit Goudron d'Autun, wie sie in Seyssel ausgeführt wird, gibt Dietrich folgende Beschreibung: „In das zunächst eingeschmolzene, bei 25 bis 30° flüssige Zusatzmittel (huile ou Goudron d'Autun oder ähnliches) wird nach und nach der rohe Asphalt von Trinidad, zu kleinen Stücken zerschlagen, in solchem Verhältnis zugesetzt, daß auf 2 Gew.-Tle. Goudron d'Autun ungefähr 3 Gew.-Tle. Trinidadasphalt kommen. Diese Mischung läßt man unter fortgesetztem Rühren zunächst acht bis neun Stunden kochen, bis sich, vermutlich nachdem alles Wasser aus dem Trinidadasphalt verdunstet ist, ein sehr heftiges Aufwallen und Aufschäumen (von den Franzosen „la mousse“ genannt) bemerkbar macht, wobei sich das Volumen der Masse nahezu verdoppelt. Nach Verlauf von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Stunden sinkt die Masse bei unausgesetztem Kochen wieder in sich zusammen, worauf man das Feuer insoweit beseitigt, daß kein Kochen mehr stattfinden kann; dabei setzt sich in $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden ein Teil des Tongehalts des Trinidadasphalts am Boden des halbzyllindrischen offenen Kessels derartig ab, von dem man die obere, das bitume raffiné oder goudron composé (in Deutschland Goudron) darstellende Flüssigkeit abgießen kann.“

In deutschen, mit Paraffinöl arbeitenden Fabriken gestaltet sich die Bearbeitung des Goudrons folgendermaßen: Die Goudronpfanne wird mit 2000

¹⁾ Dietrich, a. a. O., S. 33.

bis 2500 kg Trinidad épuré, der vorher auf Hühnereigröße zerkleinert worden ist, beschickt und gleichzeitig ein kleiner Teil des etwa 15 bis 16 Proz. tragenden Zusatzes an Paraffinöl zugegeben. Bei bedeckter Pfanne wird darauf der Inhalt durch ein kräftiges Feuer zum Schmelzen gebracht, was durch den geringen Ölzusatz wesentlich erleichtert wird. In ungefähr fünf bis sechs Stunden ist die ganze Masse geschmolzen, wovon man sich häufiger durch Öffnen der Klappen und Hineinfahren mit dem Rührschieb zu überzeugen hat. Während des Schmelzens bilden sich auf der dickflüssigen Oberfläche des geschmolzenen Asphalts Blasen von manchmal beträchtlicher Größe, die kraterartig in die Höhe steigen und schließlich unter Ausstoßen einer Dampfwolke mit dumpfem Geräusch platzen. Dabei findet indessen kein Anschwellen des Pfanneninhalts statt und man kann die Pfanne daher ziemlich bis zum Rand ausnutzen. Sobald diese leichten, einem Schlammvulkan ähnlichen Eruptionen aufgehört haben, ist auch die Feuchtigkeit aus dem Asphalt ausgetrieben; man mäßigt jetzt das Feuer und zieht den Deckel der Pfanne in die Höhe.

Bevor man den Rest des Paraffinöls aus dem höher stehenden Meßreservoir zufließen läßt, überzeugt man sich durch Einhängen eines Thermometers in die geschmolzene Masse, daß deren Temperatur nicht zu hoch ist und keineswegs mehr als 180 bis 200° beträgt. Unter sehr gutem Umrühren mit durchlochter Krücke läßt man nun das Paraffinöl langsam eintreten und setzt das Rühren so lange fort, bis die teerartige Flüssigkeit eine ganz gleichmäßige Beschaffenheit angenommen hat und glatt vom Rührschieb abfließt. Das Paraffinöl löst sich nicht sofort in dem geschmolzenen Asphalt auf, und längere Zeit kann man in der Pfanne beide nebeneinander beobachten. Nach etwa 1 bis 1½ stündigem Rühren ist die Vereinigung der beiden Bestandteile vollendet und man läßt bei gelindem Feuer (wie man es eben abbrennen läßt) noch kurze Zeit in der Ruhe absetzen. Man erhält so ungefähr die gleiche Menge, die man an Trinidadasphalt eingeschmolzen hat, in Form von Goudron; der Verlust ist auf den Gehalt des Asphalts an Wasser und Verunreinigungen zurückzuführen.

Von Zeit zu Zeit zieht man eine Probe und prüft dieselbe auf ihr Verhalten gegen kaltes Wasser von 7 bis 8°. Guter Goudron soll dabei so hart werden, daß er sich mit dem Hammer in Stücke zerschlagen läßt, während er andererseits unter Handwärme sich zwischen den Fingern leicht zu langen Fäden ausziehen läßt, sich aber erst bei 40 bis 50° vollständig verflüssigen soll. Nach dem Schmelzen wieder erkaltet, darf seine Härte und Sprödigkeit in kaltem Wasser nicht zugenommen haben. Er muß von schwarzer, glänzender Farbe sein; ist dies nicht der Fall, so ist der Ölzusatz nicht gehörig eingearbeitet worden.

Entspricht der Goudron bei dieser einfachen Probe allen Anforderungen, so wird er in Fässer abgezogen und dabei gleichzeitig noch durch ein Sieb laufen gelassen, um alle gröberen Verunreinigungen, wie Holz von den Packfässern des Trinidadasphalts, Steine usw., zu entfernen. Als Fässer benutzt man alte, gut ausgedämpfte und unter Umständen, damit der zähe Goudron nicht an den Dauben der Fässer festhaftet, mit Lehmbrühe ausgespülte Petroleumbarrels. Als Fülltrichter dient dabei eine Vorrichtung, welche in Fig. 39 abgebildet ist. Sie besteht aus einem parallelepipedischen Blechkasten von ungefähr 30 bei 60 cm Breite, 75 cm Länge und etwa 8 bis 10 cm Tiefe; am engeren Teile besitzt der Kasten am Boden einen Blechrohransatz, der in die

Spundöffnung der Fässer hineinpaßt. Unmittelbar vor diesem Rohransatz sitzt eine herausnehmbare Wand von Drahtgeflecht, welche alle Verunreinigungen zurückhält.

Bei der Fabrikation des Asphaltmastix hängt das Mischungsverhältnis zwischen Asphaltmehl und Goudron vom Bitumengehalt der angewandten Rohmaterialien ab; wir haben schon angeführt, daß zu diesem Zweck ein Asphaltstein mit hohem Bitumengehalt sich am besten eignet, weil er den geringsten Zusatz von Goudron erfordert. Wir haben auch gesehen, daß mancher Asphaltstein so reich an Bitumen ist, daß er sich infolge seiner großen Zähigkeit gar nicht vermahlen läßt; dies hindert aber nicht seine Verwendung zur Fabrikation von Asphaltmastix, weil, wie gesagt, ein derartiger Stein schon beim bloßen Erhitzen erweicht und in seine mechanisch feinen Teile zerfällt. Andererseits ist auch der Bitumengehalt des Goudrons je nach seiner Herstellung bekanntlich ein verschiedener.

Über den Bitumengehalt eines guten Asphaltmastix, von dem das Mischungsverhältnis der beiden Bestandteile (Asphaltpulver und Goudron) abhängt, existieren keine Normen; er ist abhängig davon, ob der Asphalt später mit oder ohne Zusatz von Kies oder Sand zur Straßen- oder Grundmauerabdeckung dienen soll. In der Regel wird der Asphalt nicht ohne diesen Zusatz verlegt, weil er die Widerstandsfähigkeit der Asphaltfläche (bei Straßenflächen) ganz bedeutend erhöht und die Arbeit ohne Schädigung der sonstigen vorzüglichen Eigenschaften des Asphalts verbilligt. In gemäßigten und warmen Klimaten ist dieser Zusatz auch nicht einmal zu umgehen, weil er den Asphalt als schlechten Wärmeleiter im Sommer

durch Ableitung der Wärme in den Boden vor dem Erweichen schützt. In der Regel nimmt man für guten Asphaltmastix einen Bitumengehalt von 15 bis 20 Proz. an. Nach Dietrich¹⁾ enthält der Mastix von Val de Travers nur 11 bis 12 Proz. Bitumen, wird aber häufig ohne Kieszusatz verlegt; der Bitumengehalt anderer Mastixarten (Limmer, Vorwohle, Lobsann) steigt nach derselben Quelle bis zu 25 Proz. Da der Asphaltmastix bei der Verarbeitung auf Gußasphalt nicht ohne Zusatz weiterer Mengen von Goudron verlegt wird, so wird natürlich ein an Bitumen armer Mastix einen um so größeren Zusatz an Goudron verlangen.

Ein guter Asphaltmastix soll keine weiteren Zusätze enthalten und nur aus dem natürlichen bituminösen Gestein und reinem, gutem Goudron bestehen. In den Asphaltfabriken kennt man ein ebenso einfaches als zuverlässiges Mittel, um das richtige Mischungsverhältnis im Asphaltmastix während seiner Fabrikation festzustellen. Es besteht darin, daß man aus der fertigen plastischen Mischung mit einem Holzspachtel eine Probe zieht; beim Wenden des Spachtels muß diese daran abfließen, ohne daß Teile am Spachtel hängen bleiben. Diese Probe gibt mit dem analytischen Befund genügend übereinstimmende Resultate.

Fig. 39.



Siebtrichter.

¹⁾ A. a. O., S. 55.

Ein guter Trinidadgoudron wird selten mehr als 65 bis 70 Proz. Bitumen enthalten. Hat man also beispielsweise für die Herstellung von Asphaltmastix ein Asphaltpulver von 10 Proz. Bitumengehalt zur Verfügung, so wird man demselben ein Sechstel seines Gewichts an Goudron zusetzen müssen, um auf den gewünschten Gehalt von 15 Proz. im Mastix zu kommen; denn

100 kg Asphaltstein, à 10 Proz. Bitumen, enthalten	10,0 kg
20 „ Trinidadgoudron, 65 Proz. Bitumen, enthalten.	13,0 „
120 Tle. Mischung enthalten mithin	23,0 kg
oder 100 Tle. Mischung = 19 Tle. Bitumen.	

Da man beim Schmelzprozeß auf einen Verlust von 4 bis 5 Proz. Bitumen (auf die gesamte Mischung berechnet) rechnen kann, so wird man bei dem beschriebenen Verhältnis gerade auf den richtigen Prozentgehalt an Bitumen kommen. Es hängt auch von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des verwendeten Asphaltsteins ab, welchen Zusatz an Goudron derselbe vertragen kann. Spezielle Vorschriften über das Mengenverhältnis der Mischung zwischen Asphaltpulver und Goudron lassen sich daher nicht geben, dies muß vielmehr für jeden einzelnen Fall vorher festgestellt werden.

Zum Einschmelzen und Mischen der Materialien benutzt man heute ganz allgemein sogenannte Mastikatoren, das sind schwere halbzyllindrische Kessel von Schmiede- oder Gußeisen mit starkem Rührwerk, die zur Abführung der Gase mit einer Blechhaube überdeckt sind.

Fig. 40 zeigt einen stationären Schmelzkessel, wie er von der „Berliner Aktiengesellschaft für Eisengießerei und Maschinenfabrikation“ gebaut wird, und der bei einem Fassungsraum von 2000 bis 4000 kg sowohl zur Herstellung von Mastixblöcken aus Rohmaterialien, als auch zur Zubereitung von Fußbodenmasse, sei es aus letzteren direkt oder aus ersteren, dienen.

Die allgemeine Anordnung ist aus der Abbildung ersichtlich. Die mit Rührwerken versehenen Kessel werden über einer Feuerung eingemauert und sind mit einer Blechhaube abgedeckt, auf der die Klappen *k* zum Einfüllen des Materials und eine Vorrichtung für die Abführung der sich entwickelnden Dämpfe nach dem Kamin angebracht sind. Zur möglichsten Ausnutzung der Abhitze werden die Verbrennungsgase, ehe sie in den Kamin gelangen, unter große Pfannen geleitet, die zwischen je zwei Kesseln, eine Plattform bildend, angebracht sind und zum Trocknen und Anwärmen der Asphaltpulverzusätze dienen, bevor diese zur Beschickung der Rührkessel verwendet werden.

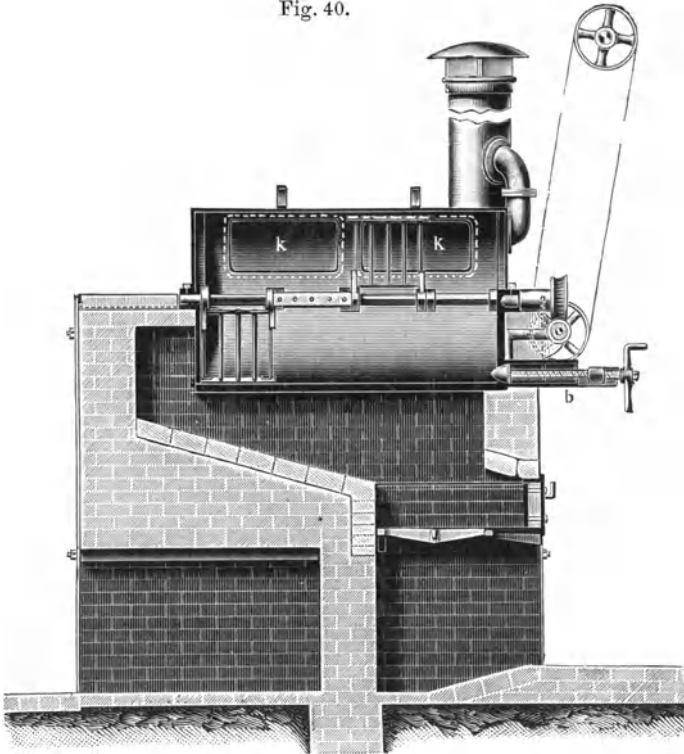
Mittels Schneckenantrieb wird das Rührwerk des Kessels bewegt und die eingeschmolzenen Materialien innig und gleichmäßig gemischt und vor dem Anbrennen bewahrt. Die Entleerung des Kessels geschieht durch einen Rohrstutzen mit Bajonettverschluß, Schraube und Stopfen, der während der Rührarbeit verschlossen ist und zum Ablassen der fertigen Masse beseitigt wird. Durch eine anzuhängende Rinne läßt man die ausfließende Masse entweder in Formen zur Herstellung von Mastixblöcken, oder aber in den später zu beschreibenden Asphalttransportkarren fließen, um sie in diesem direkt der Baustelle zuzuführen.

Das Rührwerk des Apparates besteht aus einer sich langsam drehenden Achse, an welcher eine Anzahl Messer von etwa 10 bis 12 cm Breite bei 1,5 cm Stärke so angebracht sind, daß ein Teil derselben die Masse nach dem einen, ein anderer Teil nach dem anderen Ende des Kessels hinarbeitet, wodurch

eine innige Mischung erzielt wird. An ihren Enden sind die Messer mit horizontalen Eisenschienen verbunden, welche so nahe an der Kesselwand vorbeistreichen, daß sie dieselbe fortwährend abkratzen und ein Anbrennen vermieden wird.

Die Beschickung des Kessels erfolgt in der Weise, daß zunächst der Goudron eingetragen und geschmolzen wird; der Zusatz des Asphaltpulvers geschieht in einzelnen Portionen von je ungefähr 100 kg durch die Klappen an der Seite der Haube vermittelst der Schaufel in der Weise, daß man nach jeder neuen Zugabe so lange wartet, bis die ganze Masse gleichförmig flüssig

Fig. 40.



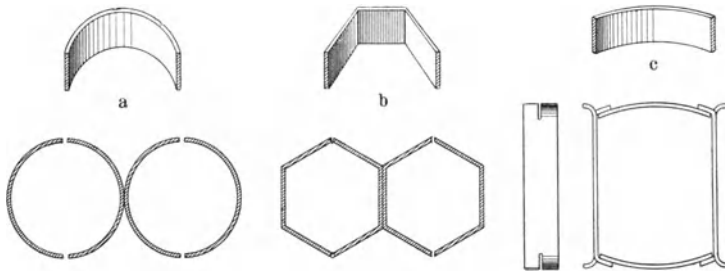
Asphaltrührwerk.

bzw. breiig geworden ist und keine unvermischten Teile mehr zu sehen sind. Dabei ist besonders darauf zu achten, daß die Temperatur nicht zu hoch steigt, um das Bitumen vor Zersetzung oder Verflüchtigung zu schützen. Als oberste Temperaturgrenze sind höchstens 225 bis 230° C anzunehmen. Andererseits darf die Temperatur aber auch nicht unter 175° liegen, weil es sonst schwer wird, den verhältnismäßig geringen Zusatz von Goudron innig zu mischen und die leichtflüchtigen Bestandteile auszutreiben, die für das fertige Produkt eher schädlich als nützlich sind. Mit diesen Dämpfen entweicht zu gleicher Zeit auch die Feuchtigkeit des Asphaltpulvers in Form von Wasserdampf nach dem Kamin.

Der ganze Schmelzprozeß erfordert bis zu seiner Vollendung ungefähr fünf bis sechs Stunden, wovon eine Stunde auf die Vollendung der Mischung nach dem letzten Zusatz von Asphaltpulver zu rechnen ist.

Der fertige Asphaltmastix wird in Formen von 20 bis 25 kg Inhalt gegossen und die nach dem Erkalten ausgeschlagenen Brote von etwa 10 cm Stärke tragen in der Regel am Kopfe oder an der Seite die Fabrikmarke. Diese Formen sind zweiteilig, aus Schmiedeeisen hergestellt, so daß sie sich reihenweise vor der Entleerungsöffnung des Schmelzkessels aufstellen lassen. Fig. 41 a, b und c zeigt beliebte Gestalten derselben; die runden und sechseckigen Formen erfordern nur je zwei Hälften von derselben Gestalt, während die länglichen Formen aus zwei verschiedenen Stücken bestehen, dem an jeder Seite eingeschlitzten und nach rechts und links umgebogenen Mittelstück zwischen je zwei Broten und den nach außen gewölbten Endstücken. Die sechseckigen Formen nutzen den Platz zwar vollkommen aus, haben aber den Nachteil, daß der Asphaltmastix darin bedeutend langsamer erkalte als in den runden und langen Formen, weil bei diesen zwischen den Broten je ein größerer Zwischenraum bleibt, so daß die Luft frei zirkulieren und abkühlend auf den Inhalt der Formen wirken kann. Die Formen werden auf einer ebenen, am

Fig. 41.



Asphaltbrotformen.

a Runde Form. b Sechseckform. c Lange Form.

besten aus Gußeisen hergestellten Fläche reihenweise so nebeneinander aufgestellt, daß sie sich gegenseitig stützen; die aus 10 cm breitem Flacheisen hergestellten Teile derselben werden manchmal, um ein Anhaften des Asphaltmastix zu verhindern, mit Lehmwasser ausgestrichen, und aus dem gleichen Grunde wird auch der Boden, worauf sie ruhen, mit einer sehr dünnen Lage Asphaltpulver überstreut. Je nach der Füllung des Schmelzkessels muß vor demselben Raum zur Aufstellung von 100 bis 175 Formen von 25 kg Inhalt vorhanden sein. Die handelsübliche Form der Asphaltbrote zeigt Fig. 42 a bis c.

Die Herstellung der Gußasphaltbrote ist durch ein patentamtlich geschütztes Verfahren der Firma „Chemische Fabriken u. Asphaltwerke A.-G. Worms“¹⁾ wesentlich vereinfacht worden. Bei dem vorstehend geschilderten Verfahren gibt das Herbeitragen der breiig-flüssigen Asphaltmasse in Eimern häufig Veranlassung zu mitunter schweren Verbrennungen der Arbeiter an Händen und Füßen durch Verschütten der Masse und außerdem sind dieselben ständig den belästigenden Dämpfen der heißen Masse ausgesetzt. Nach dem vorliegenden Verfahren, das auch für andere Fälle, z. B. das Formen von Pech aus den Teerblasen, eingerichtet werden soll, läßt man den in einem Asphaltkessel hergestellten Brei durch eine verlegbare Rinne in eine große Pfanne aus

¹⁾ Bericht über die Tätigkeit der technischen Aufsichtsbeamten der Berufsgenossenschaft d. chem. Ind. 1911, Beil. z. Chem. Ind. 1912, S. 29.

Eisen oder Beton laufen, in der er sich in einer der Dicke der herzustellenden Brote entsprechenden Höhe, ausbreitet. In die noch flüssige, aber bereits etwas abgekühlte Masse werden darauf winkelförmige eiserne Formen in Gestalt der Brote derart eingedrückt, daß die ganze Pfanne gleichmäßig eingeteilt ist, was ohne Gefahr und Belästigung für den Arbeiter geschieht, da die beim Erkalten der Masse an der Oberfläche sich sofort bildende Haut ein Ausstrahlen von Hitze und Austreten von Gasen erschwert.

Nach dem Erkalten des Asphalts wird jeder Block für sich ausgeschlagen; um ein Festhaften des Asphalts an den Formen zu verhüten, werden diese vor dem Eindringen leicht mit Öl bestrichen, so daß das Auseinandernehmen ohne Beschädigung der Blöcke erfolgt. Das Verfahren soll auch in wirtschaftlicher Hinsicht durch Beschleunigung der Arbeit und Ersparnis an Formmaterial Vorteile bieten.

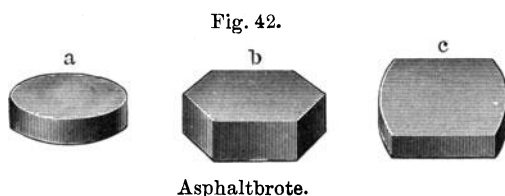
Der vorstehend beschriebene Asphaltmastix ist wohl geeignet zur Ausführung von Asphaltarbeiten aller Art, bei welchen er nicht unter dem Einfluß von Säuren und sauren Chemikalien zu leiden hat. Wo es aber darauf ankommt, ein gegen derartige Einwirkungen widerstandsfähiges Material zu haben, wie z. B. als Fußbodenbelag in Akkumulatorräumen, chemischen Fabriken usw., ist an seine Verwendung nicht zu denken, weil sein Hauptbestandteil (kohlen-saurer Kalk) unter dem Einfluß dieser Chemikalien bald aufgelöst und der Bodenbelag dadurch zerstört würde.

Bei der Herstellung eines derartigen Produktes geht man daher nicht von bituminösem Kalksteinpulver aus, sondern man ersetzt dasselbe durch gemahlene und scharf getrocknete Tonschiefer, Ziegelstein, Sand u. dgl. Materialien, welche nicht von Säuren affiziert werden. Entsprechend dem Mangel an Bitumen im Füllmaterial ist natürlich mehr Goudron anzuwenden, den man in diesem Falle aber von einem Drittel bis zur Hälfte durch Trinidad épuré ersetzt. Ein Mischungsverhältnis von etwa 60 Proz. Füllmaterial und zusammen 40 Proz. Trinidad épuré und Goudron entspricht ungefähr den Anforderungen, doch richtet sich dies Verhältnis auch nach der Natur der mineralischen Beimengung. Die Verarbeitung dieses Materials ist die gleiche wie die des gewöhnlichen Asphaltmastix.

J. Brandt¹⁾ will zu dem gleichen Zweck pulverisierte Puddelschweißofen- oder Treibherdschlacke verwenden; zu Straßenpflasterungen will er dem Produkt noch granuliertes Eisen oder Gußstahl zusetzen.

A. L. Barber²⁾ erzeugt einen Asphaltmastix dadurch, daß er eine Komposition von etwa 80 Tln. Trinidadasphalt mit etwa 20 Tln. Petroleumrückstand herstellt (Goudron); von diesem Goudron nimmt er 20 bis 30 Tle. auf 70 bis 80 Tle. fein verteilten, ungebrannten Kalk oder feinen Sand oder ein Gemisch der beiden. Beim Verlegen des Asphalts soll man 25 bis 60 Tle. Kies zusetzen können.

Eine gute Mischung für Mastix, die sich besonders in Amerika bewährt hat, besteht aus 18,4 Tln. Trinidadasphalt, 4,6 Tln. schwerem Asphaltöl, 6 Tln.



¹⁾ D. R.-P. Nr. 4993. — ²⁾ Engl. Pat. Nr. 13 662, 1885.

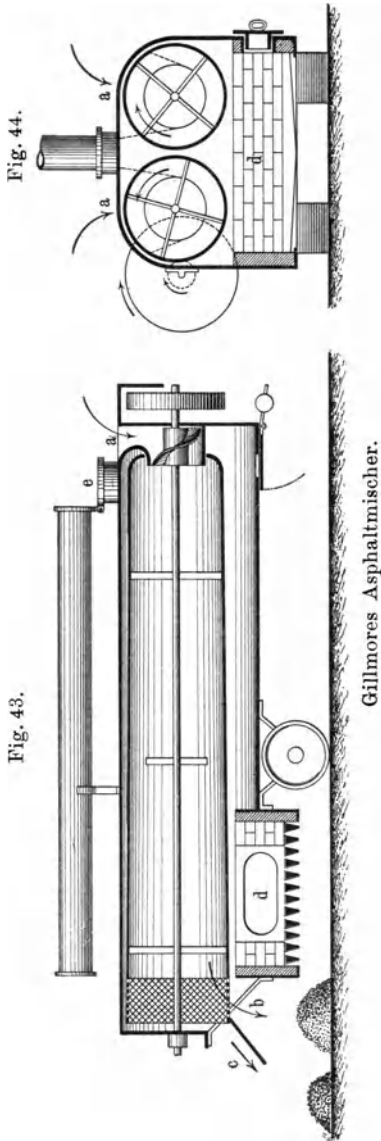
Sand und 71 Tln. Kalksteinstaub. Der Gesamtgehalt an Bitumen in diesem Mastix beträgt etwa 15 bis 16 Proz. Ersetzt man den Trinidadasphalt durch leichtere Asphalte, so muß man darauf Rücksicht nehmen, daß hiervon infolge des hohen Bitumengehalts weniger zu verwenden ist und man auch relativ

mehr feinen Steinstaub verwenden muß, da ja im Trinidadasphalt schon feines Material in größerer Menge vorhanden ist.

Nach Dietrich¹⁾ wird in den Vereinigten Staaten von Nordamerika der Asphaltmastix aus reinem Bitumen wegen der hohen Frachtkosten des nur aus Europa zu beschaffenden bituminösen Kalksteins mit durchaus befriedigendem Resultate wie folgt hergestellt: Der gereinigte Trinidadasphalt, welchem einige Prozente der als still bottoms bezeichneten Rückstände der Petroleumdestillation beigefügt sind, wird mit einem möglichst kalkhaltigen (25 bis 50 Proz. Kalkgehalt) und tunlichst feinem, gut ausgesiebttem Sand (80 Tle. auf 20 Tle. Trinidad épuré) bei 150° C eingekocht, wobei dann die für die Straßenabdeckung geeignete, keinen weiteren Kieszusatz erfordernde Gußasphaltmasse gewonnen wird. Ist der gewünschte kalkhaltige Sand nicht zu beschaffen, so mischt man auch wohl reinen kalkfreien Sand mit pulverisiertem Mergel oder unter Verzichtleistung auf den Kalkgehalt mit fein gemahlenem Sand (säurefest) zusammen.

Da der flüssige Asphalt beim Zusatz von kaltem Sand sich zu stark abkühlen und unter Umständen sogar teilweise fest werden würde, muß letzterer vorgewärmt werden. Dies geschieht nach Gillmore²⁾ in dem durch Fig. 43 und 44 veranschaulichten transportablen Trocken- und Sichtapparat, der aus zwei nebeneinander liegenden, mit gemeinschaftlicher Feuerung versehenen und durch einen Motor in Bewegung gesetzten konischen Blechzylindern von etwa 0,6 m Durchmesser bei

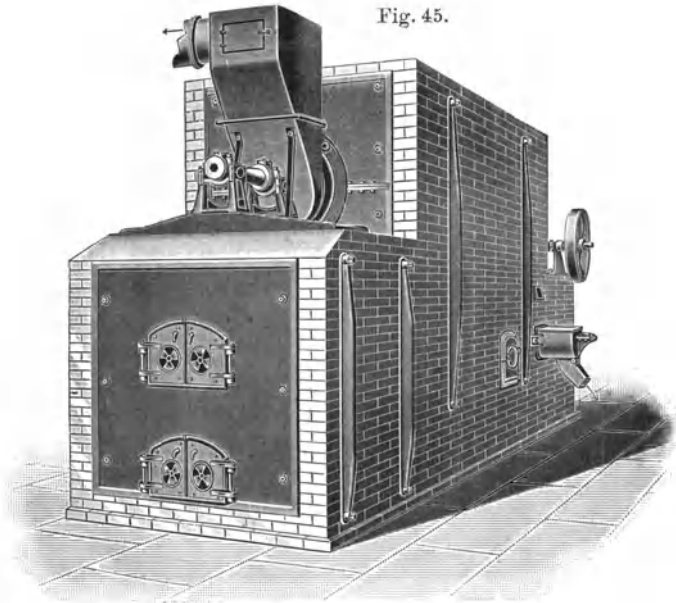
3,0 bis 3,5 m Länge besteht, die an ihrem weiteren Ende in ein Sieb auslaufen. Der zu trocknende Sand wird bei *a* eingeschüttet und den beiden Zylindern durch kleine Transportschnecken zugeführt; er überstürzt sich in



¹⁾ A. a. O., S. 50. — ²⁾ A practical treatise on roads, streets and pavements. New York 1876.

den rotierenden Zylindern und fällt, je nach dem Grade der Feinheit bei *b* oder *c* heraus, nachdem er durch das bei *d* unterhaltene Feuer, das die rotierenden Zylinder umkreist und bei *e* in den Schornstein entweicht, erwärmt und getrocknet worden ist.

Für stationären Betrieb finden in Amerika vielfach die Cummerschen Trockner, teilweise von sehr beträchtlicher Größe, Verwendung, die durch Fig. 45 dargestellt werden. Natürlich läßt sich zum gleichen Zweck auch eine Darre, wie auf S. 153 dieses Werkes besprochen, verwenden, wenn der Sand entweder vor oder besser nach dem Erhitzen gesichtet wird.



Cummers Trockner.

Die Mischung des Sandes mit Asphalt erfolgt dann in dem gleichfalls transportablen Apparat, der durch die Fig. 46 und 47 (S. 182) abgebildet wird. Beide Bestandteile werden zunächst mit Hilfe einfacher Hebevorrichtungen *a* und *b* in den oberen Querkessel *c* gebracht und darin vorgemischt, worauf man das Gemisch durch eine vermittelst des Hebels *d* bewegte Bodenklappe in den unteren Zwillingskessel fallen läßt, in dem zwei Rührwerke derartig gegeneinander arbeiten, daß das Mischmaterial fortwährend nach der Mitte gedrängt, gehoben und seitlich wieder nach unten befördert wird. Der Kessel besitzt eine Länge von 1,8 bis 2,5 m bei einer Breite von etwa 1,3 m. Ähnliche Apparate bauen in Deutschland die Firmen Polysius in Dessau, Haas in Lennep u. a. m.

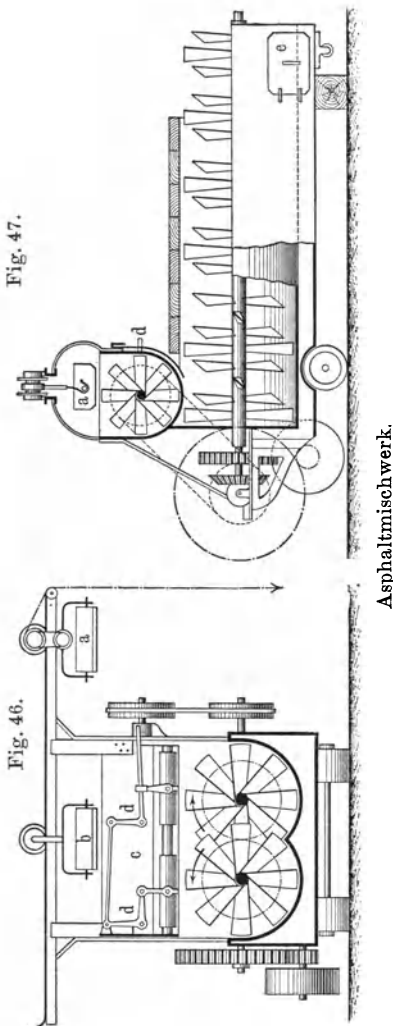
C. Jost¹⁾ verarbeitet auf die gleiche Weise Petroleumrückstände mit gemahlenem Graphit und Schiefer, denen die erforderliche Menge Asphaltmehl zugesetzt worden ist. Das an Säurebeständigkeit den gewöhnlichen Asphaltmastix wohl nicht unwesentlich übertreffende Material kann unter Zuschlag entsprechender Mengen von Füllmaterial weiter verarbeitet werden.

¹⁾ D. R.-P. Nr. 83 096.

Auch in Deutschland werden in neuerer Zeit für Mastix, der zur Herstellung von Hartgußasphalt dient, vielfach Petroleumrückstände im Gemisch mit Trinidadasphalt verwendet. Obgleich die Petroleumrückstände nicht so wertvolle Eigenschaften wie der Trinidadasphalt besitzen, verwendet man sie infolge der gedrückten Preise als Zusatzmittel oft so weitgehend, daß nur wenige Procente Trinidadasphalt in die Mischung gebracht werden.

Verschiedene solcher Petroleumrückstände, die von Graefe untersucht wurden, zeigten folgende Eigenschaften:

	Galizisch		Rumänisch	
Schmelzpunkt	66°	70°	65°	70°
Asche	0,56 Proz.	0,98 Proz.	3,88 Proz.	3,87 Proz.
Penetration	18	12	33	17



Auch hier wieder wird man die Rückstände, die wenig oder kein Paraffin enthalten, den paraffinreichen vorziehen. Die Prüfung auf Paraffin kann natürlich nur im Destillat geschehen. Eine sehr gute Prüfung auf die Güte des Materials in Hinsicht auf Verwendbarkeit zur Vermischung mit Naturasphalten, namentlich bei den weicheren Sorten, ist, wenn man eine blanke Nadel in das Material hineinsteckt und wieder herauszieht. Paraffinhaltige Produkte lassen die Nadel leicht eindringen und glatt wieder fahren, während bei asphaltreichen das Material an der Nadel haftet und das Herausziehen erschwert.

A. Wolskel¹⁾ hält es für wesentlich, das zu verwendende Füllmaterial, wie Sand, Kies u. dgl., vorher in einem Reverberierofen zur Zerstörung der anhängenden organischen Substanz auf 430° C zu erhitzen, dann erkalten zu lassen, zu mahlen und zu sieben, je nach Notwendigkeit, und erst dann mit Asphalt bei 177° C zu verarbeiten.

Einen „Hydrocarbon-Komposition“ genannten Asphaltmastix stellt B. B. Clawson²⁾ her aus 100 kg Asphalt, 300 kg bituminösem Gestein, 100 kg Uintahit oder Gilsonit, 50 kg Sand oder dgl.

¹⁾ Engl. Pat. Nr. 386, 1902. — ²⁾ Am. Pat. Nr. 692 627 vom 4. Febr. 1902.

und 5 kg Bleiglätte. Asphalt und bituminöses Gestein werden zusammengeschmolzen und in einem besonderen Kessel der Untahit mit 20 Proz. seines Gewichts an geschmolzenem Asphalt gemischt und nach einigem Abkühlen die Bleiglätte eingerührt. Der Inhalt der beiden Kessel wird dann gemischt, erhitzt und der Sand eingerührt. Das Produkt soll härter und dabei weniger brüchig sein als Material, bei dessen Herstellung wie üblich Öle verwendet werden.

W. S. Wilkinson¹⁾ will ein Material für Asphaltpflaster aus gemahlenem Felsgestein oder Sand und einem geeigneten Bitumen in passendem Verhältnis und Zusatz einer geringen Menge (nicht über 3 Proz.) Kupfer (?) herstellen. Ein Konglomeratgestein, welches $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Proz. natürliches Kupfer enthält und als „Kupfersand“ bekannt ist, ist geeignet, zu dieser Komposition verwendet zu werden.

Eine als Mörtel oder Material zur Kunststeinfabrikation geeignete Masse erzielt Meurer²⁾ durch Beimischen von Asphalt zu einer Kalksandmischung. Das Neue an dieser Zusammenstellung ist aus der Patentanmeldung nicht zu ersehen.

Unter der Bezeichnung „künstliche Lava“ erzeugt die Société G. C. Fratelli-Canciellieri³⁾ einen Gußasphalt für Trottoireinfassungen u. dgl., indem sie im Verhältnis von 10:100 Asphalt mit Schwefel mischt und erhitzt; der Mischung können mineralische Substanzen, wie Sand, Kies usw. in solcher Menge beigefügt werden, daß die Mischung in der Hitze eine noch formbare Masse bildet.

Ein Verfahren von O. Pötzsch⁴⁾ bezweckt in der Hauptsache, Gußasphalt für Straßen- oder Dachbelag, Ausgußmittel u. dgl., gebrauchsfähiger zu machen. Nach ihm können die ungünstigen Eigenschaften des Asphalts, Sprödigkeit bei niederer, Erweichen und Fließen bei höherer Temperatur durch einen Zusatz von entleimtem Knochenmehl beseitigt werden. Die Wirkung des Knochenmehls soll darin bestehen, daß dieses sich nicht lediglich als Füllmaterial in die Asphaltmasse einlagert, sondern mit dem Asphalt eine innige Verbindung eingeht, indem beim Kochen der flüssige Asphalt an Stelle der Knorpelsubstanz in das porige und zellige Gewebe der Knochenpartikel eintritt, so daß das fertige Produkt eine von zähem Knochengewebe durchsetzte Asphaltmasse darstellt. Je größer der Zusatz an Knochenmehl, desto größer soll die Härte und Zähigkeit des Materials sein. Ein Teil des Knochenmehls läßt sich auch durch Füllstoffe aller Art ersetzen.

Schliemann und Co.⁵⁾ wollen Gußasphalt durch Zusammenschmelzen von reinem Bitumen und Asphaltsteinpulver dergestalt auf der Verbrauchsstelle selbst herstellen, daß sie ein Asphaltsteinpulver verwenden, welches schon während des Mahlprozesses mit einem Zusatz von hartem Bitumen versehen worden ist.

E. Dörr⁶⁾ stellt eine Asphaltschwefeleisenlegierung dadurch her, daß er Schwefeleisen, bestehend aus 100 Tln. Eisen und 80 Tln. Schwefel, mit 7 Tln. Asphalt mischt und das Gemisch durch Schmelzen zu einer homogenen Masse verarbeitet. Es soll sich zum Verdichten von Gas- und Wasserleitungsröhren, sowie zur Herstellung von Ziergußgegenständen für architektonische Zwecke eignen.

¹⁾ Am. Pat. Nr. 705 803 vom 29. Juli 1902. — ²⁾ D. R.-P.-A. Nr. 19 543, 1902. — ³⁾ Franz. Pat. Nr. 210 371 vom Jahre 1890. — ⁴⁾ Nach Zirkular. — ⁵⁾ D. R.-P. Nr. 130 610, 1901. — ⁶⁾ D. R.-P. Nr. 33 101.

Derartige Vorschläge existieren noch eine große Anzahl; wir können sie nicht alle hier berücksichtigen.

Goudron, Mastix und Kitte, sowie eine Anzahl anderer hierhergehöriger Materialien werden auch aus künstlichem Asphalt hergestellt. Die stark asphaltischen, bergteerartigen Produkte, wie sie neuerdings besonders aus Trinidad, Bermudez und den Vereinigten Staaten von Nordamerika hier in erheblicher Menge eingeführt werden, gehören als Naturprodukte nicht hierher. Der Gewinnung von Asphalt und Goudron aus Erdölresiduen ist bereits an anderer Stelle (S. 124) gedacht worden. Ebenso sind auch der Braunkohlenteergoudron (S. 115) und die hierhergehörigen Produkte aus Steinkohlenteer (S. 104 u. f.), welche Nebenerzeugnisse anderer Industrien sind, schon beschrieben worden.

Mastix aus Kunstasphalt (Teerpech) wird nur in beschränkten Mengen hergestellt; als Belag für Bürgersteige, Veranden, Fußböden usw. vermag er den natürlichen Gußasphalt nicht zu ersetzen. Zuweilen findet er Anwendung als sogenannter „Parkettasphalt“ zum Verlegen von Stabfußböden. Infolge der Eigenschaft des Steinkohlenteerpechs, in Mineralölen sehr schwer löslich zu sein, im Gegensatz zu Naturasphalt, eignet er sich zur Ausführung von Fußbodenbelägen in Kellerräumen, Maschinsälen u. dgl., wo er einer gleichmäßigen, nicht zu hohen und nicht zu niedrigen Temperatur und dem Einfluß von Maschinenöl u. dgl. ausgesetzt ist. In großem Maßstabe wird Mastix aus Steinkohlenteerpech als „Pflaster- oder Tonrohrkitt“ zum Verdichten der Fugen des Reihensteinpflasters und der Muffen der Steinzeugröhren bei Kanalisationsarbeiten verwendet.

Gegen die Anwendung des Materials zu diesem Zweck läßt sich nichts einwenden, wenn es in sachgemäßer Weise hergestellt worden ist. Zum Verdichten der Muffen von Steinzeugröhren, welche keine großen Mengen von Material erfordern, wird man wohl mit größerem Vorteil sich des natürlichen Materials bedienen. Für Straßenpflaster hingegen stellt sich ein derartiges Material in der Regel zu teuer, und man wird hier zu dem billigeren und seinen Zweck ebensogut erfüllenden Pflasterkitt aus Steinkohlenteerpech greifen.

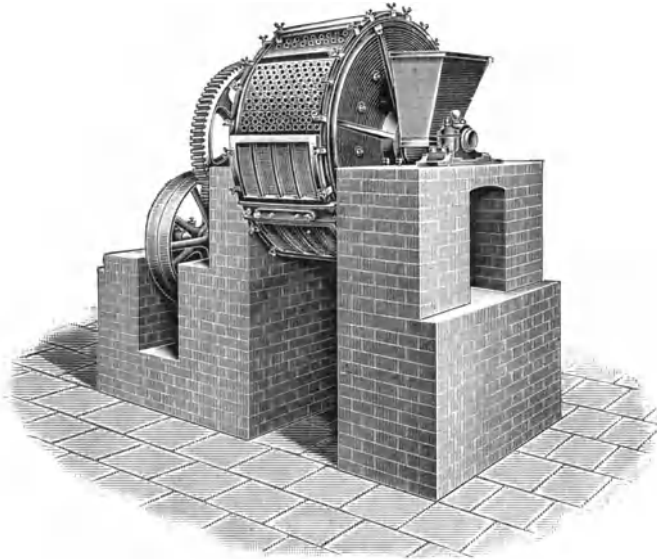
Den hohen Anforderungen entsprechend, denen ein solches Material in bezug auf Temperaturwechsel, Belastung und Druck zu genügen hat, muß die Wahl des Rohmaterials, sowie dessen Verarbeitung eine sehr sorgfältige sein. Es muß besonders das Pech, damit es auch bei starker Kälte noch eine gewisse Elastizität behält und nicht spröde und brüchig wird von sehr weicher Beschaffenheit sein; auch die Natur des Füllmaterials ist von der größten Bedeutung. Sand, gemahlener Ton und dergleichen spezifisch schwere Mineralstoffe würden sich schon während des Stehens des flüssigen Materials in den Versandfässern zu Boden setzen, wodurch eine ungleichmäßige Mischung herbeigeführt würde. Die Verhältnisse liegen hier anders als bei dem natürlichen Produkt, wo sowohl im Asphaltstein als auch im Flußmittel (Trinidadgoudron) die mineralischen Stoffe so innig von dem Bitumen durchdrungen bzw. mit demselben vereinigt sind, daß man beinahe von konstituierenden Bestandteilen desselben reden kann.

Von den hier zu verwendenden Füllstoffen muß verlangt werden, daß sie sich in dem verflüssigten Material dauernd in der Schwebe halten und sich nicht schon während der Fabrikation oder dem Stehen des flüssigen Materials in den Fugen zu Boden setzen, weil jede Entmischung desselben den Erfolg

der Arbeit in Frage stellt. Als passende Füllmaterialien kommen gemahlene und geschlämte Kreide, Schiefermehl, präzipitierter kohlensaurer Kalk, wie er bei manchen Fabrikprozessen als Abfallprodukt in großen Mengen auftritt, Infusorienerde u. dgl. in Betracht. Das beste und zugleich billigste Material zu diesem Zweck ist sandfreier Löß oder Mergel, wie er sich an manchen Lagerstätten findet. Er hat vor anderen Stoffen, wie gemahlener Kreide oder Ton, den großen Vorzug, daß er in der geschmolzenen Pechmasse in der Schwebe bleibt und ein absolut gleichmäßiges Produkt liefert.

Die Fabrikation des Asphalt- oder Pflasterkitts ist sehr einfacher Natur und erfolgt in der gleichen Apparatur, wie sie bei der Beschreibung des Mastix aus natürlichem Asphalt geschildert worden ist. Der auf einer Darre scharf getrocknete Löß gelangt mit Hilfe eines Becherwerkes in eine geeignete Mahlvorrichtung und aus dieser durch ein zweites Becherwerk auf eine

Fig. 48.



Kugelfallmühle.

rotierende Siebtrommel mit möglichst feinmaschiger Drahtgaze, die sich in einem geschlossenen Gehäuse befindet. Das Mahlen erfolgt mit größter Leichtigkeit, da das Material sich ohnehin schon im Zustande feinsten Verteilung befindet. Am besten eignet sich zum Zerkleinern des Löß oder anderer geeigneter Stoffe eine sogenannte Kugelfallmühle mit stetiger Ein- und Austragung, die, mit entsprechendem Sieb versehen, gleich das Sichten des Materials mit besorgt. Eine derartige Mühle, wie dieselben von der Firma „Grusonwerk“ in Buckau-Magdeburg gebaut werden, zeigt Fig. 48. Zum Einschmelzen der Materialien verwendet man entweder die gewöhnlichen, transportablen oder eingemauerten Asphaltkessel oder einen der Mastifikateure, wie sie bereits früher beschrieben worden sind.

Was das Mischungsverhältnis anbelangt, so richtet sich dasselbe natürlich ganz nach der Beschaffenheit des Rohmaterials und dem Zweck, dem der Kitt später dienen soll. Als Verdichtungsmittel zur Ausführung von Kanalisationen

macht man ihn vorteilhaft stabiler, als zum Ausgießen der Pflasterfugen. Die Lage der Kanalröhren im Boden ist meistens unterhalb der Gefriergrenze, so daß ein Zusprödewerden des Dichtungsmaterials nicht zu befürchten steht, zumal, da man auch Rücksicht darauf zu nehmen hat, daß der Kanalinhalt häufig höhere Temperatur zeigen wird, welche einen zu weichen Kitt leicht verflüssigen könnte. Wenn auch nicht zu befürchten ist, daß der Kitt unter diesen Umständen in das fest eingestampfte umgebende Erdreich ausfließen und die Muffe undicht werden könnte, so würde doch der Rohrstrang an Festigkeit bedeutend verlieren. Beim Pflasterkitt dagegen geht man in der Weichheit der Konsistenz bis zur Grenze der Möglichkeit und gibt nur so viel Füllmaterial zu, daß der Kitt bei großer Hitze nicht aus den Fugen getrieben wird.

Nachstehend geben wir einige Mischungsverhältnisse, die sich bewährt haben: Ein brauchbarer Tonrohrkitt wird erhalten, wenn man etwa 1000 kg mittelweiches Pech mit 1000 kg präpariertem Teer einschmilzt und der geschmolzenen Masse nach und nach unter gutem Umrühren das gleiche Gewicht der Mischung an feingesiebt, womöglich heißem Mergel hinzufügt. Das Produkt wird durch einen Siebtrichter in offene Fässer gefüllt und darin erstarren lassen. Im heißen Zustande muß es noch so flüssig sein, daß es sich leicht in die Muffen eingießen läßt.

Einen guten Pflasterkitt erhält man auf die gleiche Weise aus etwa 2000 kg mittelhartem Pech, 800 bis 1000 kg präpariertem Teer und 1000 bis 1200 kg gesiebt und getrocknetem Mergel. Der Fabrikationsverlust beträgt in beiden Fällen höchstens 2 bis 3 Proz. vom Gewicht des eingeschmolzenen Materials. Wenn der Inhalt der Fässer erstarrt ist, versieht man die Oberfläche des Kittes mit einem haftenden Anstrich von weißer Leimfarbe, um den Kitt vor dem Weichwerden in der Sonnenhitze zu schützen. Der Kitt kann auch als isolierender Anstrich auf Mauerwerk u. dgl. verwendet werden, in welchem Falle er dann unter dem Namen „Wandasphalt“ gehandelt wird.

Zur Herstellung von Asphaltmastix aus künstlichem Asphalt (Steinkohlenteerpech) dienen die gleichen Rohmaterialien und sie erfolgt in einer ähnlichen Apparatur wie die des Asphaltmastix. Als Füllmaterial zur Herstellung von Fußbodenbelägen verwendet man hier besser möglichst kalkfreien, staubförmig gemahlene Ton, der das Material zugleich säurefest macht. Wir geben hierüber einige erprobte Rezepte.

Parkettasphalt: 1750 kg mittelweiches Pech und 250 kg präparierter Teer werden zusammengeschmolzen und nach und nach 2,2 cbm feingesiebt Mergel, welcher in diesem Falle aber nicht sandfrei zu sein braucht, eingearbeitet. Man kann auch einen Teil des Mergels (Löß) durch feinen Sand ersetzen, welcher das Gewicht vergrößert und die Masse angeblich verarbeitungsfähiger machen soll. Im Handel wird der Parkettasphalt in einer derartigen Beschaffenheit verlangt, daß er sich ohne jeglichen Zusatz von Goudron verarbeiten läßt; man hat daher in jedem Falle das beste Mischungsverhältnis für die zu Gebote stehenden Rohmaterialien auszuprobieren.

Factice, Antielaiolith (öl- und säurefester Asphalt): 1000 kg mittelhartes Pech werden eingeschmolzen und so lange gesiebt, womöglich heißer Ton eingetragen, bis das Gemisch die richtige Konsistenz hat und nicht mehr an einem eingeführten hölzernen Spachtel festhaftet. Je nach dem verschiedenen spezifischen Gewicht des Tons ist die Gewichtsmenge desselben eine ver-

schiedene. Im allgemeinen kann man sagen, daß auf 1000 kg Pech 2200 bis 2500 kg Tonpulver (= etwa 2 cbm) erforderlich sind.

Sowohl der Parkettasphalt als auch der künstliche Asphaltmastix für Fußbodenbelag wird in Brote geformt, welche häufig den aus natürlichem Asphalt in Form und Größe völlig gleichen, sich aber durch ihre schwarzgraue Farbe und ihr größeres Gewicht leicht von diesen unterscheiden lassen, so daß eine absichtliche Täuschung für Kenner wohl ausgeschlossen ist.

Die weitere Verarbeitung dieser Produkte geschieht in der gleichen Weise, wie sie für natürlichen Asphaltmastix bereits eingehend beschrieben worden ist. Die Verlegung des Parkettasphalts erfolgt ohne jeglichen Zusatz von Sand oder Kies, während der Asphalt für Fußbodenbelag einen Zuschlag von möglichst scharfem Sand und Goudron erfordert. Als Goudron benutzt man in diesem Falle meistens gewöhnliches Weichpech; empfehlenswerter ist aber ein Goudron aus Braunkohlenteer oder Erdölrückständen und am besten guter Trinidadgoudron oder Trinidadépuré. Bei einer Ausführung, die sich vorzüglich bewährt hat, gebrauchte man auf 225 kg des künstlichen Mastix 10 kg Trinidadgoudron neben 5 kg Trinidadépuré und 40 Liter (= 70 kg) scharfen Sand. Natürlich richten sich diese Zusätze ganz nach der Beschaffenheit des Materials, und es können daher die obigen Zahlen lediglich als Beispiel dienen.

Wie nicht anders zu erwarten, sind auf die Herstellung von Mastix aus künstlichem Asphalt eine Reihe von Patenten genommen worden, deren wesentlichste wir hierunter zusammenstellen.

W. B. Beauchamp¹⁾ ließ sich Verfahren und Apparat zur Herstellung von künstlichem Asphalt schützen.

A. M. Gobin²⁾ schmilzt 15 Tle. Bitumen (weich) aus Schiefeln, 35 Tle. Teerpech, 10 Tle. Kokspulver, 130 Tle. Kalksteinpulver und 160 Tle. feinen Sand zusammen.

V. L. Daguzean³⁾ erhitzt Steinkohlen- oder Holzteer in einem Kessel bis zur Verdampfung des Wassers (unpraktisch!) und fügt feingepulverten Kalkstein oder Marmor, welcher vorher geröstet worden ist, und 5 Proz. Eisenoxyd, kieselsaures Kali, schwefelsauren Kalk u. dgl. unter innigem Mischen hinzu.

Nach A. Riebeck⁴⁾ stellt man sich zunächst einen guten Kalkmörtel aus 1 Tl. gelöschtem Kalk und 2 Tln. Sand her, den man der Ruhe überläßt, bis er abgebunden hat und erhärtet ist. Dieser wird dann zerkleinert, pulverisiert und mit auf 60° erwärmten Braunkohlengoudron innig vermengt. Das Produkt soll als Asphaltmörtel Verwendung finden; handelt es sich darum, den Mörtel nur gegen Wasser und Chemikalien widerstandsfähig zu machen, so nimmt man auf 1 Tl. Bitumen 2 Tle. Kalkmörtel. Hat das Mauerwerk aber höhere Temperatur auszuhalten, so sind auf 1 Tl. Bitumen 6 Tle. Kalkmörtel erforderlich.

Kingzett⁵⁾ schlägt vor, Sodarückstand der Leblanc-Fabriken an der Luft zu trocknen, zu mahlen und mit Steinkohlenteerasphalt in geschmolzenem Zustande zu mengen, um Asphaltpflaster u. dgl. herzustellen.

Aus dem bei der Paraffin- und Mineralölfabrikation gewonnenen Säureharz stellt H. Randhahn⁶⁾ ein dem Asphalt sehr ähnliches Gemisch her, welches

¹⁾ Engl. Pat. Nr. 4932 von 1878. — ²⁾ Engl. Pat. Nr. 1865 von 1879; Chem.-Ztg. 1879, S. 210. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 4999; Dingl. Polyt. Journ. 1879, S. 210. — ⁴⁾ D. R.-P. Nr. 11 498. — ⁵⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1882, S. 81. — ⁶⁾ D. R.-P. Nr. 12 050.

beim Erkalten zu einer gleichmäßigen, harten Masse erstarrt, die erst kurz vor dem Schmelzpunkt weich wird, indem er das Harz mit der $2\frac{1}{2}$ - bis $3\frac{1}{2}$ -fachen Menge Braunkohlenkoks, wie er die Schmelöfen verläßt, mischt. Vorteilhaft ist es, der Masse dann noch scharfkörnigen Sand zuzusetzen und dieselbe auf heißen Platten längere Zeit zu erhitzen.

Zur Herstellung von Asphaltmastix trocknet und pulverisiert C. Lortzing ¹⁾ die aus den Abwässern der Wollwäschereien erhaltenen Wollfetttschlammkuchen. Von diesem Pulver werden 85 Tle. zu 15 Tln. Wollfett, das ebenfalls aus den Wollwaschwässern vor der Abscheidung des Schlammes gewonnen und in einem Kessel geschmolzen wird, zugesetzt. Der Masse können noch 100 Tle. Kalk oder ein anderes Füllmaterial zugesetzt werden. Unter Umständen werden die Schlammkuchen auch in einem Kessel der Einwirkung von Dampf von 5 Atm. Spannung ausgesetzt, wobei sich das Wasser aus der zäh werdenden Masse abscheidet.

W. E. Constable ²⁾ läßt harten Kalkstein zerkleinern und zur Entfernung der Feuchtigkeit auf 50 bis 60°C erhitzen. Das trockene Pulver wird mit destilliertem Teer gemischt und die Mischung, welche die Basis der Komposition bildet, etwa drei Monate gelagert. Zur Herstellung des Asphalts vermischt man dann dieses Produkt mit etwa 8 Proz. Goudron, 10 Proz. Kalk, $2\frac{1}{2}$ Schwefelsäure und 50 bis 60 Liter destilliertem Teer auf eine Tonne Kalkstein. Die Masse wird kalt verlegt und mit gemahlenem Kalkspat bestreut.

G. P. Vith Nielsen ³⁾ hat einen neuen, künstlichen Asphalt erfunden, welcher angeblich mit der Billigkeit des früher bekannten, künstlichen Asphalts auch den Vorzug der guten Eigenschaften des natürlichen Asphalts verbindet ohne die Mängel des seither bekannten künstlichen Asphalts (Weichwerden bei höherer und Spröde- bzw. Brüchigwerden bei niedriger Temperatur) zu besitzen, so daß er sich zur Straßenasphaltierung eignet und hierzu den natürlichen Asphalt zu ersetzen vermag. Je nach dem Verhältnis, unter denen er verwendet werden soll, kann dieser künstliche Asphalt auf verschiedene Weise zusammengesetzt werden, besteht aber in der Hauptsache aus einer Mischung von Fichtenharz oder Kolophonium, Teer oder Goudron, feinzerteilter Kreide und Grus, wozu je nach den Umständen natürlicher Asphalt gefügt wird. Für Fahrstraßen wird beispielsweise eine Mischung von 13 Tln. Fichtenharz oder Kolophonium, 26 Tln. Kreide, 53 Tln. Grus und 8 Tln. Teer oder Goudron empfohlen. Dieses Mengenverhältnis läßt sich innerhalb weiter Grenzen variieren.

Einen Asphalt, welcher der Einwirkung von Säuren und Ölen widersteht, erhalten H. P. und E. G. Williams ⁴⁾ durch Mischen von Sand mit Pech, welchem alles Kreosotöl entzogen worden ist (= Weichpech). Der Asphalt soll sich besonders für Räume, in denen elektrische Batterien stehen, sowie zur Herstellung säurefester Behälter usw. eignen.

G. F. Sidney ⁵⁾ erhitzt Steinkohlenteer oder Pech während zwei bis vier Stunden auf 170°C., bis das spezifische Gewicht auf 1,261 gestiegen ist. Dann

¹⁾ D. R.-P. Nr. 24 712; Chem. Ind. 1883, S. 353. — ²⁾ Engl. Pat. Nr. 3832 von 1886; Chem.-Ztg. 1887, S. 963. — ³⁾ Österr.-ung. Priv. 40, 3338. — ⁴⁾ Engl. Pat. Nr. 13 595 vom 29. Aug. 1890; Chem.-Ztg. 1892, S. 320. — ⁵⁾ Engl. Pat. Nr. 15 316 vom 10. Juli 1896; Chem. Ind. 1897, S. 558.

wird die gleiche Gewichtsmenge Retortenschiefer, d. h. Rückstand von der Schieferölgewinnung, oder Schieferasche oder Kohlenasche in feiner Pulverform zugegeben. Das Gemisch soll gleichfalls für Straßenpflaster und ähnliche Zwecke geeignet sein.

Auf die Herstellung eines Kunstasphalts, der aber offenbar mehr zur Ausführung von Stampfasphaltarbeiten dienen soll, haben A. Hannemann und G. Boisly¹⁾ ein Patent entnommen, das in folgendem besteht:

500 kg Teerpech werden, je nachdem ein weicherer oder härterer Asphalt erzielt werden soll, mit 10 bis 40 kg Schwefel auf Schmelzwärme bis zum Aufhören der heftigen Reaktion erhitzt. Die zähe Masse wird dann mit 12 kg fein gesiebttem Chlorkalk durchmischt, nach dem Erkalten gemahlen und mit gepulvertem Kalkstein, gemahlener Schlacke, Sand, Eisenoxyd (Schwefelkiesabbrand) usw. gemischt und nochmals bis zur Verbindung des Asphalts mit dem Füllmaterial erhitzt oder gedarrt. Die so hergestellte Masse wurde früher auf einfachen Kniehebelpressen verdichtet.

Inzwischen ist das Verfahren verbessert worden. An Stelle von Pech wird Steinkohlenteer und als Zuschlagsmittel granuliert und gemahlene Hochofenschlacke benutzt, die in geeigneter Weise vorbereitet, gemischt und in hydraulischen Pressen bei 200 Atmosphären Druck verdichtet wird. Auf diese Weise werden Platten von 25 . 12,5 . 5 cm und 25 . 26,5 . 5 cm hergestellt.

J. W. Hayward²⁾ stellt einen künstlichen Asphalt aus Petroleumrückständen her; nach diesem Verfahren wird gemahlener Kalkstein oder ein gleichartiger Stoff in dem notwendigen Verhältnis von etwa 20 bis 60 Proz., je nach dem Zustande oder der Qualität des Petroleumrückstandes oder des zu erzielenden Produktes, zu dem Rückstand zugefügt und dann ein Oxydationsprozeß veranlaßt. Der Zusatz geschieht vor der Oxydierung, weil dann eine innigere Mischung stattfindet und die Luft eine vergrößerte Oberfläche findet und deshalb die Oxydation schneller bewirkt. Die die Mischung von Petroleumrückständen und Kalksteinen enthaltende Retorte wird auf die nötige Temperatur erhitzt und während der Erhitzung Druckluft eingeführt und in der Mischung wirksam verteilt, so daß diese schnell oxydiert wird und den notwendigen Grad von Konsistenz gewinnt.

Bei der Ausführung dieses Verfahrens wird die die Mischung enthaltende Retorte um eine feste, hohle Welle gedreht, welche zur Zuleitung der Luft dient und mit hohlen Armen versehen ist, durch welche Luft in die Mischung eindringt, und welche gleichzeitig als Rührflügel und Kratzer dienen, um die Masse zu zerteilen und aufzubrechen und so den Durchgang der Luft zu erleichtern.

Zu weiterer Erleichterung der Oxydation kann während der Erhitzung ozonisierte Luft verwendet werden.

Einen verbesserten Asphaltisoliermörtel will H. Christen³⁾ dadurch herstellen, daß er zu einem Gemisch aus Steinkohlenteer und Koksgrus oder Sand einen Zusatz von Asbest und Infusorienerde macht.

Einige weitere Vorschriften, die indessen nichts wesentlich Neues enthalten und auf die verwiesen werden muß, geben Nöthling⁴⁾ und Thenius⁵⁾.

¹⁾ D. R.-P. Nr. 83 550 vom 3. Juni 1894. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 104 198. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 125 891, 1900. — ⁴⁾ Der Asphalt, S. 27. — ⁵⁾ Verw. des Steinkohlenteers 1878, S. 117.

Die Ausführung von Gußasphaltarbeiten.

Die Anwendung des Asphaltmastix zu Gußasphaltarbeiten erstreckt sich in gleicher Weise über das Gebiet des Hoch- wie auch des Tiefbauwesens. Hauptsächlich sind es die Herstellung von Fußwegen und Fahrstraßen, Bahnsteigen, Kais, Terrassen, Dächern, Fußböden für Fabrik- und Kellerräume, Spitäler, Stallungen, Scheunen usw., ferner das Ausgießen von Pflasterfugen, das Verlegen von Parkettfußböden, die Verdichtung von Kanalisationsröhren, die Herstellung von wasserdichten Bassins in Fabriken und Gartenanlagen, sowie auch die Abdeckung von Fundamentmauern gegen aufsteigende Feuchtigkeit usw., welche jährlich enorme Mengen von Asphaltmastix und Goudron verschlingen.

In den nachfolgenden Zeilen wollen wir nur die wichtigsten dieser Anwendungsformen einer eingehenderen Betrachtung unterziehen; es ist leicht, den Gußasphalt überall da anzuwenden, wo von seinen ausgezeichneten, bereits früher besprochenen Eigenschaften Gebrauch gemacht werden kann.

1. Gußasphalt als Fußbodenbelag.

Die Ausführung dieser Arbeit kann auf jeder genügend festen und trockenen Unterlage mit ebener Oberfläche erfolgen, wie Holz- und Eisenkonstruktionen, Beton, Ziegeluntermauerung u. dgl. mehr. In der Regel verwendet man als Unterbettung eine gute Zementbetonunterlage, welche für Fußwege u. dgl. in einer Stärke von 8 bis 10, für Fahrstraßen dagegen von 15 bis 20 cm ausgeführt wird. Für die Herstellung derselben gelten die gleichen Gesichtspunkte, welche wir schon bei der Ausführung von Stampfasphaltarbeiten ausführlicher dargelegt haben. Wenn irgend zugänglich, vermeidet man die Verwendung von Kalkbeton, weil derselbe, um vollständig zu erhärten und auszutrocknen, viel länger Zeit in Anspruch nimmt als ein guter Zementbeton. Eine feuchte Unterlage ist aber für die Ausführung von Gußasphaltarbeiten viel verhängnisvoller als für Stampfasphaltarbeiten, weil der viel heißere Gußasphalt das Wasser als Wasserdampf aus der Unterlage austreibt, welcher, da er nicht entweichen kann, Blasen in der Schicht verursacht, die Unebenheiten und einen raschen Verschleiß zur unausbleiblichen Folge haben. Aus dem gleichen Grunde ist auch auf eine nach Möglichkeit ebene und gleichmäßige Oberfläche der Unterbettung der größte Wert zu legen. Die dünne, flüssige Asphaltdecke schmiegt sich der Oberfläche der Unterbettung so sehr an, daß an jenen Stellen, wo die letztere stärker in die Asphaltlage hineinreicht, bald Löcher entstehen. Man gibt aus diesem Grunde der Betonoberfläche in der Regel noch eine Ausgleichungsschicht von Zementmörtel, welche natürlich auch bei der Verwendung alter, bereits abgenutzter Fußbodenlagen als Unterbettung nicht fehlen darf.

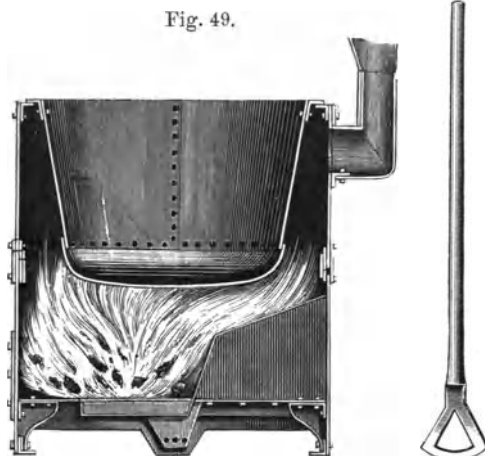
Das erste Erfordernis zur Herstellung guter und dauerhafter Gußasphaltdecken ist die Bereitung einer in jeder Hinsicht entsprechenden Gußasphaltmasse. Wir haben schon erwähnt, daß hierzu nicht ausschließlich Asphaltmastix verwendet wird, sondern daß derselbe noch einen Zuschlag von Goudron erhält, welcher einesteils dazu dient, den Mastix leichter einschmelzen zu können, und es andererseits ermöglicht, der geschmolzenen Masse noch einen beträchtlichen Prozentsatz an Kies zuzusetzen, welcher der Decke die nötige Lapidarität und Festigkeit erteilt, ohne ihre Elastizität wesentlich zu beeinträchtigen. Dieser Zusatz von Kies, von Laien vielfach als eine Verfälschung des Asphalts an-

gesehen, ist also im Gegenteil eine der wichtigsten Vervollkommnungen der Arbeit, indem er gleich der Beimengung des groben Sandes zu einem Kalk- oder Zementmörtel dazu beiträgt, größere Festigkeit, größeren Widerstand gegen das Zerbrechen und Zerreißen als Folge der Diskontinuität des Ganzen und der allseitigen Festigkeit der Steinbrocken zu gewähren¹⁾.

Wir haben zunächst der Apparate zu gedenken, in welchen die Gußasphaltmasse erzeugt wird. Vielfach, namentlich bei Arbeiten auf der Straße, geschieht das Einschmelzen der Masse an Ort und Stelle selbst in sogenannten Asphaltkesseln, runden oder ovalen, nach unten etwas konisch zulaufenden, aus Eisenblech genieteten Kesseln von 0,2 bis 0,4 cbm Inhalt, in einem gleichfalls aus Schmiedeeisen hergestellten, mit Feuerung versehenen Mantel sitzend, wie Fig. 49 im Durchschnitt zeigt. Wegen der starken Inanspruchnahme durch die Hitze haben diese Kessel einen Boden von 10 bis 13 mm Wandstärke. Ihr Inhalt genügt zum Legen von 12 bis 25 qm Asphaltfläche der normalen Stärke von 2 cm. Das Durchrühren der Masse geschieht mittelst eiserner Rührstangen, deren Form aus Fig. 50 ersichtlich ist. Um ein Überhitzen der Asphaltmasse an den heißen Kesselwänden, welches sich durch Entweichen bituminöser Dämpfe bemerkbar macht, zu verhüten, wird die Heizung nicht mit Steinkohle, sondern meistens mit Holz betrieben, welches gleichzeitig auch eine längere Flamme gibt, die den Kessel nach allen Richtungen gleichmäßig umspült.

Bei umfangreicheren Arbeiten verwendet man, namentlich in Amerika, transportable, maschinelle Einrichtungen, welche durch Lokomobile betrieben werden, und wovon der auf S. 180, Fig. 43 und 44 beschriebene Apparat von Gillmore ein Beispiel ist. Wo es aber angängig ist, z. B. bei größeren Asphaltierungen in großen Städten, wird die Asphaltmasse direkt in der Fabrik hergestellt, wozu der auf S. 177, Fig. 40 beschriebene Apparat dient, und man schafft die fertige Masse in geeigneten, heizbaren Transportvorrichtungen zum Arbeitsplatz. Auch bei Asphaltierungen innerhalb der Häuserkomplexe ist dieses wegen der Rauchbelästigung manchmal nötig.

Man hat für diesen Zweck besondere eiserne Wagen mit transportablem Hebewerk konstruiert, auf denen die aus den Asphalterschmelzkesseln gefüllten, gewöhnlichen Asphaltkessel mit geschmolzenem Asphalt transportiert werden. Eine derartige Einrichtung, wie sie von der Bleckendorfer Maschinenfabrik und Kesselschmiede gebaut wird, zeigt Fig. 51, welche ohne weiteres verständlich ist. Für denselben Zweck liefert die gleiche Firma auch einen auf Rädern ruhenden zylindrischen, heizbaren Transportkessel, der 0,5 bis

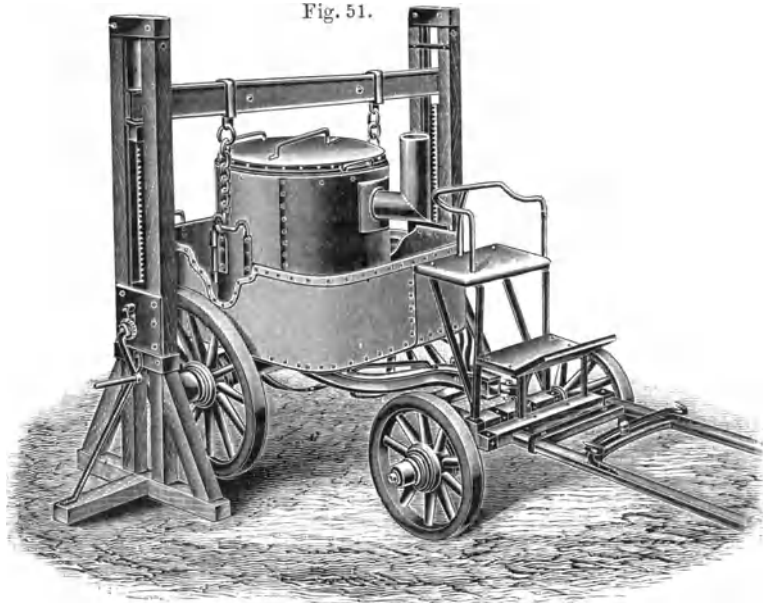


Asphaltkessel und Asphaltührer.

¹⁾ Meyn, Der Asphalt, S. 32.

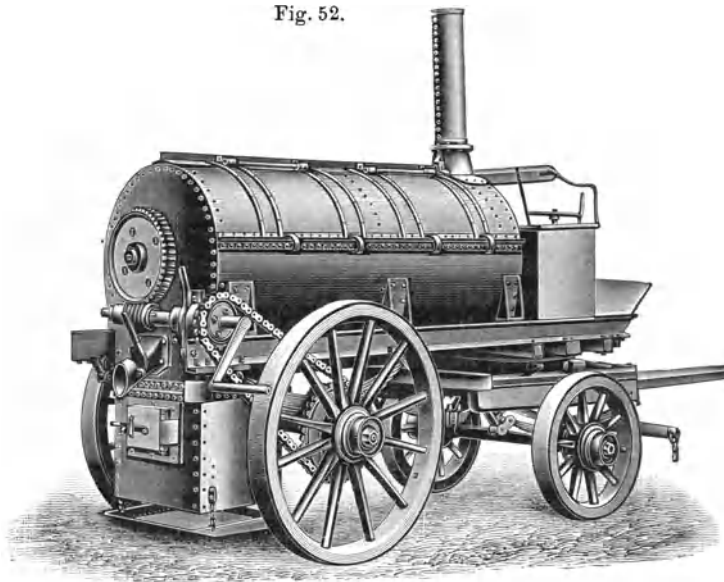
1,2 cbm Asphalt zu fassen vermag, durch Unterschieben unter den stationären Asphaltmelzkessel (s. Fig. 40, S. 177) gefüllt, und in welchem der Gußasphalt

Fig. 51.



Asphalttransportkessel.

Fig. 52.



Asphaltührwagen.

durch ein Rührwerk während des Fahrens selbsttätig durchgearbeitet wird. Fig. 52 stellt eine Ansicht dieses Asphalttransportkarrens dar; es ist einleuchtend, daß diese Vorrichtung für den Transport der Gußasphaltmasse weit

geeigneter ist als die vorher erwähnte, weil der Asphalt bei seiner Ankunft auf der Arbeitsstelle sofort verwendbar ist, während beim Transport in Kesseln ohne Rührwerk die Masse erst wieder angeheizt und tüchtig durchgearbeitet werden muß, bevor man zur Verlegung schreiten kann. Beim Stehen an Ort und Stelle kann das Rührwerk des Kessels durch eine Kurbel mit der Hand bedient werden. Am hinteren Ende des Kessels befindet sich ein weiter Stutzen mit Schieber, um die Asphaltmasse in die Austrageimer ablassen zu können.

Das Mischungsverhältnis der drei Bestandteile der Gußasphaltmasse: Mastix, Goudron und Kies ist von verschiedenen Umständen abhängig. Zunächst hat man sich natürlich nach dem Bitumengehalt des verwendeten Mastix zu richten; je größer dieser ist, desto weniger Goudron wird erforderlich sein. Andererseits spielt aber die mittlere Jahrestemperatur der Gegend, in welcher die Arbeit ausgeführt werden soll, dabei eine nicht unwichtige Rolle. In südlichen Klimaten, wo die Gefahr des Aufweichens in der Sonnenhitze größer ist, beschränkt man den Zusatz an Goudron gleichfalls und gibt einen vermehrten Zuschlag von Kies aus Gründen, die weiter oben schon entwickelt worden sind, während in kälteren Klimaten ein reichlicher Goudron- und beschränkterer Kieszusatz dem Spröde- und Brüchigwerden im Winter vorbeugen soll. Zuweilen ersetzt man auch einen Teil des Goudrons direkt durch reinen Asphalt (Trinidad épuré). Genaue Vorschriften hierüber lassen sich nicht geben; es mag aber angeführt werden, daß, während man in Deutschland den Kieszusatz auf etwa ein Drittel des Gesamtgewichts der Mischung beschränkt, man diesen im südlichen Frankreich schon bis auf 50 Proz. ansteigen läßt.

Die Compagnie Générale des Asphaltes de France gibt das Mischungsverhältnis für 1 qm Trottoirbelag von 15 mm Stärke wie folgt an:

23 bis 24 kg Mastix von Seyssel,
1,5 kg Goudron von Seyssel,
13 bis 15 kg gewaschenen, gesiebten, trockenen Sand.

Nach den in Charlottenburg geltenden Vorschriften muß der Hartgußasphalt bestehen aus 50 Tln. sizilianischem Asphaltmehl, 40 Tln. Kies und 10 Tln. Bitumenzusatz. Der Kies muß zur Hälfte feinere Körnung und zur anderen Hälfte Körnung von 3 bis 4 mm haben.

Aus seinen eigenen Erfahrungen kann der eine von uns (H. K.) mitteilen, daß ein gutes Mischungsverhältnis für Asphaltmastix von Vorwohle das folgende ist:

25 bis 27 kg Mastix (1 Brot)	} für 1 qm Fläche 20 mm stark
2 kg Trinidadgoudron	
0,5 „ Trinidad épuré	
12 Liter Kies	

Erwähnt sei noch, daß einzelne Fabriken, z. B. die „United Limmer- and Vorwohle Rock Asphalte Company Lim.“ (unter der Bezeichnung „Universal“) einen Mastix in den Handel bringen, der lediglich eines Kieszusatzes bei der Verlegung bedarf. Nach Dietrich¹⁾ sind auf je 1 cbm Gußasphaltmasse (= etwa 50 qm von 2 cm Stärke) je nach dem spezifischen Gewicht der Materialien zu rechnen:

1500 bis 1600 kg Mastix,
700 „ 800 „ Kies und
etwa 100 kg Goudron.

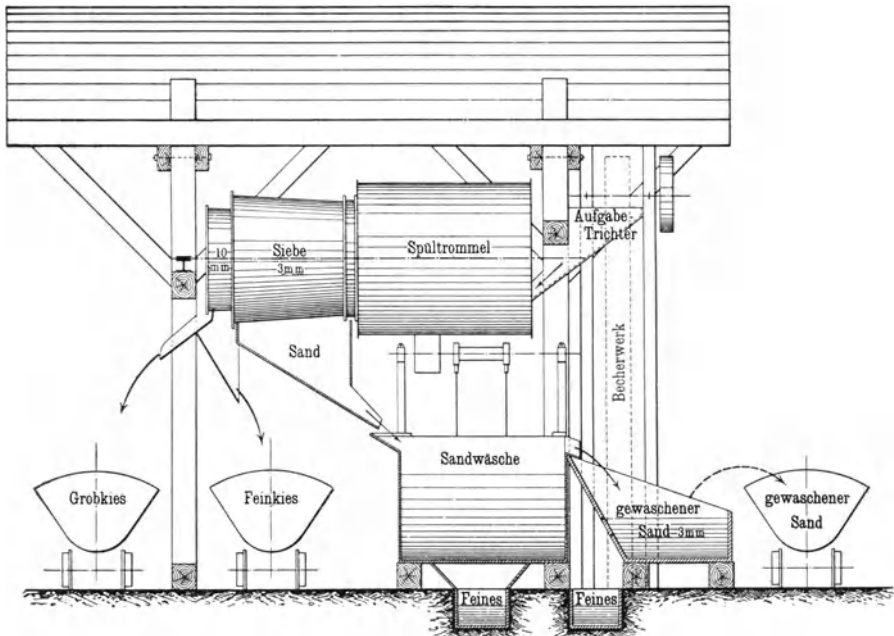
¹⁾ A. a. O., S. 95.

Nimmt man an, daß diese 100 kg Goudron beim Schmelzprozeß in der Masse verbleiben und sich nicht teilweise verflüchtigen, und setzt man einen mittleren Bitumengehalt des Mastix von 15 Proz. voraus, so sind in vorstehenden 1500 bis 1600 + 700 bis 800 + 100 kg Mischung nur 325 bis 340 kg Bitumen enthalten, und die drei Bestandteile, kohlsaurer Kalk, Bitumen und Kies, wie folgt gemischt:

Kohlensaurer Kalk	55,4 bis	54,4	Proz.
Kies	30,4	32,0	"
Bitumen	14,2	13,6	"
	100,0 bis 100,0 Proz.		

Über die Beschaffenheit des Kieses ist zu erwähnen, daß derselbe möglichst lehmfrei und von gleichmäßigem Korn (nicht über 3 bis 4 mm), absolut

Fig. 53.



Sandsichtmaschine.

trocken und möglichst auf etwa 160 bis 170° erwärmt sein soll. Die ersteren Bedingungen sind bei aus Flußbetten gebaggertem Kies oder Sand fast immer erfüllt. Kies, welcher aus Gruben gewonnen wird, ist dagegen stets mehr oder weniger mit Lehm verunreinigt, dessen trockener Staub beim Einschmelzen einerseits eine gute Vereinigung des Kieses mit dem geschmolzenen Asphalt verhindert, und andererseits Bitumen verschluckt und daher einen größeren Zusatz an solchem erfordert. Ein derartiges Produkt sollte daher nie ohne vorausgehenden Schlammprozeß verwendet werden. Man hat für diesen Zweck besonders Kieswäschen konstruiert, die gleichzeitig eine Separation nach Maßgabe der Größe des Kornes bewerkstelligen. Fig. 53 zeigt die Anordnung einer derartigen Anlage, von der Firma M. Neuerung in Cöln am Rhein

ausgeführt, bei welcher Kies- und Sandwäsche mit der Separation vereinigt sind. Diese Anlage liefert, wie man sieht, Produkte, welche sämtlich bei der Asphaltierung verwendbar sind. Grobkies für die Betonunterlage, Feinkies und Sand für die Asphaltdecke. Die hier nur in der Konstruktion angedeutete Maschine ist ohne weitere Erklärung verständlich.

Bei Ausführung von Gußasphaltarbeiten haben sich praktische Erfahrungen ergeben¹⁾, von denen wir nachstehend einige anführen wollen:

Beim Aufstellen der Kessel ist auf die Wind- und Zugverhältnisse Rücksicht zu nehmen, damit der etwa wehende Wind nach der Feuerungstür des Kessels geht. Der Asphalt ist möglichst schon in der Frühe, wenn es noch kühl ist, zu zerkleinern, da er dann leichter zerspringt. Beim Einsetzen der Asphaltstücke in den Kessel ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß diese möglichst mit ihrer flachen Seite an der Kesselwandung anliegen, da sie dann schneller schmelzen. Empfehlenswert ist es, zuvor etwas Goudron in den Kessel zu bringen, der zuerst schmilzt und in dem sich dann die Stücke leicht auflösen. Kies und Sand verwendet man im trockenen Zustande, wenn möglich, heiß. Man hat deshalb besondere Asphaltmelzwagen konstruiert, bei denen die Abhitze dazu verwendet wird, auf einer eingebauten Darre den Sand zu trocknen. Solche Darren baut unter anderem die Firma Heinrich Hirzel, G. m. b. H., in Leipzig-Plagwitz. Es sei noch bemerkt, daß das Trocknen des Kieses und Sandes wesentlich mehr Zeit und Wärme beansprucht, als das Erhitzen der Mischung. Angenommen, 1 kg Sand enthielte 10 Proz. Wasser, so erfordert das Verdampfen des Wassers allein etwa 60 WE, während bei einer spezifischen Wärme des Sandes von etwa 0,18 zur Erhitzung von 900 g Kies von 10 auf 100° nur etwa 15 WE nötig sind. Deshalb soll man, wenn möglich, trocken gelagerten Sand verwenden.

Der Prozeß des Einschmelzens der verschiedenen Materialien vollzieht sich in der Weise, daß man zunächst die Asphaltbrote in kleine Stücke (nicht über 8 cm Durchmesser) zerschlägt und etwa ein Drittel des für die ganze Kesselfüllung berechneten Teiles mit ungefähr der Hälfte des für einen Kessel erforderlichen Goudrons in den Asphaltkessel einträgt. Die zweite Hälfte des Goudrons behält man zurück und verfügt darüber wie folgt. Nachdem die in den Kessel eingetragene Portion Mastix und Goudron zerschmolzen ist, setzt man ein weiteres Drittel des Mastix, sowie wenig Goudron zu und läßt auch diese zum Schmelzen kommen, bevor man das letzte Drittel des Mastix und so viel Goudron einträgt, daß von letzterem etwa ein Viertel der Gesamtmenge disponibel bleibt. Dies letzte Viertel Goudron dient dazu, die Gußasphaltmasse anzufetten, wenn sie sich nach dem Zusatz des Kieses oder Sandes als zu trocken erweist.

Das Feuer muß sehr regelmäßig unterhalten werden, so daß die Temperatur stets über 150 und unter 170° beträgt.

Ist aller Mastix geschmolzen und tüchtig durcheinander gerührt, so bedeckt man die Masse mit der Hälfte des anzuwendenden Sandes oder Kieses und wartet, bevor man die Mischung bewerkstelligt, bis der Kies ein wenig erhitzt ist. Dies ist genügend der Fall, sobald er, durch sein Gewicht hinuntergezogen, in den Mastix eindringt und letzterer dadurch wieder an mehreren Punkten auf der Oberfläche sichtbar wird. Diese Vorsicht ist

¹⁾ Vgl. Asphalt- u. Teerind.-Ztg. 1912, S. 356.

unbedingt notwendig, um den Sand oder Kies völlig auszutrocknen und zu erhitzen, damit die Masse nicht plötzlich abgekühlt wird. Der zweite Teil des Sandes wird auf die nämliche Weise beigefügt.

Im Augenblick der Beifügung der zweiten Partie Sand oder Kies bemerkt man leicht, ob die Masse nicht fett genug und ob es nötig ist, den zurückbehaltenen Teil Goudron noch hinzuzufügen.

Ist die Mischung vollständig, und wurde die vorgeschriebene Temperatur gut eingehalten, was in der Praxis leicht daran erkenntlich ist, daß einige auf die Oberfläche gespritzte Wassertropfen mit einem leichten Knall schnell verdunsten, oder daß der in die Masse getauchte Spachtel sich leicht herausziehen läßt, ohne daß der Stoff daran hängen bleibt, so kann man zur Verlegung schreiten. Dringt der Spachtel zu schwierig ein, so muß man eine

Fig. 54.

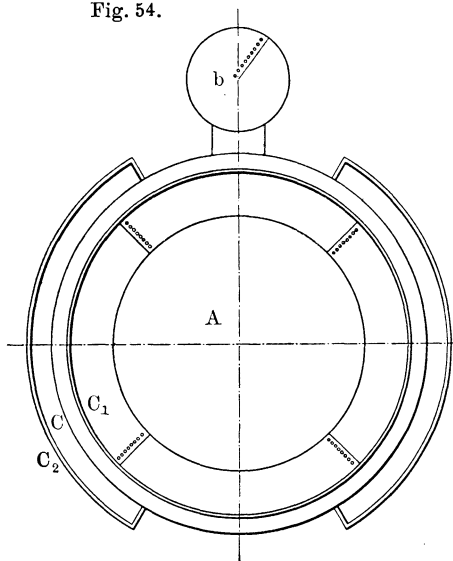
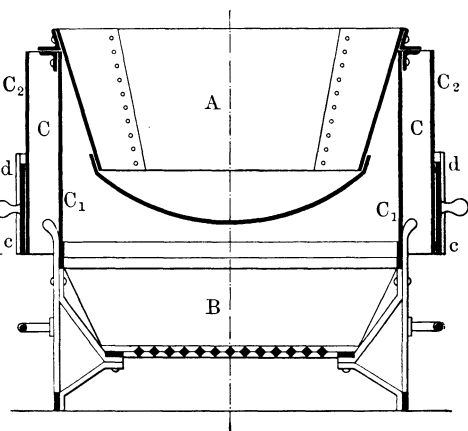


Fig. 55.



Asphaltkessel mit Sandtrockner.

kleine Quantität Asphalt unter Umrühren beigefügen; nach dem Umrühren muß stets einige Minuten gewartet werden, um der Masse Zeit zu lassen, ihre Normaltemperatur, welche durch die Zusätze und das Rühren stets sinkt, wieder anzunehmen.

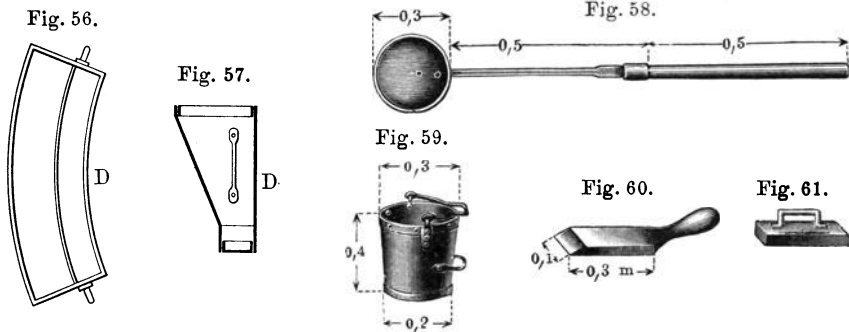
Um auch bei der Verwendung gewöhnlicher Asphaltkessel ein Vorwärmen des Kieses ohne die Aufstellung eines besonderen Apparates hier zu ermöglichen, hat Santha sich in den meisten Kulturstaaten einen solchen Kessel patentieren lassen, mit dem eine Darre kombiniert ist.

Wie aus Fig. 54 und 55 ersichtlich ist, wird die die Pfanne (A) einschließende Feuerbüchse (B) mit den Wandungen (C_1) und (C_2) umgeben, und der durch die Wandungen ($C_1 C_2$) gebildete Raum dient zum Vorwärmen des Kieses. Dieser Vorwärmer ist an der Vorder- und Rückseite der Feuerbüchse unterbrochen, um die Feuertüre und den Schornstein anbringen zu können. Hierdurch ist der Vorwärmer in zwei Teile geteilt und beide Teile sind oben offen, damit das Material mittelst des Trichters (D) Fig. 56 und 57, ein-

geschüttet werden kann. — An beiden Vorwärmteilen sind Schieber (c) angeordnet zum Entleeren des Vorwärmers.

In ganz ähnlicher Weise erfolgt auch das Einschmelzen der Materialien in den schon bei der Beschreibung der Mastixfabrikation erwähnten Apparaten mit mechanischen Rührwerken. Der dort auf entsprechenden Darren vorgeheizte Kies kann natürlich ohne weiteres in die geschmolzene Masse nach und nach eingetragen und untergerührt werden, weil eine Abkühlung derselben dabei nicht zu befürchten steht. Es ist leicht verständlich, daß durch die maschinelle Arbeit ein viel gleichmäßigerer Asphaltbrei geliefert werden kann, als man einen solchen in den gewöhnlichen Asphaltkesseln herzustellen imstande ist. Ein Anbrennen der Masse kommt, trotzdem man hier ausschließlich mit Steinkohle heizt, gar nicht vor, und der mit der Bedienung betraute Arbeiter kann seine ganze Aufmerksamkeit dem Einhalten der richtigen Schmelztemperatur zuwenden. Von nicht zu unterschätzendem Vorteil ist es natürlich, wenn man in der Lage ist, die Gußasphaltmasse direkt aus Asphaltpulver, Goudron und dem nötigen Kies herzustellen, ohne den Umweg über den bereits einmal dem Schmelzprozeß unterworfenen Mastix nehmen zu müssen.

Die Herstellung der Asphaltdecke geschieht nun, ähnlich wie beim Stampfasphalt, in einzelnen Streifen von etwa 1 bis 1,5 m Breite. Um eine gleich-



Asphaltierwerkzeug.

mäßige Stärke der einzelnen Streifen zu erzielen, benutzt man ein Flacheisen von der Stärke der zu verlegenden Asphaltdecke (1,5 bis 2 cm) und einer Länge, welche der Breite des Streifens entspricht. Man beginnt mit dem Auftragen des Asphalts an einer Anschlußstelle, bei Trottoirs z. B. an der schon bestehenden Asphaltplatte, indem man von den Umfassungsmauern der Häuserreihen nach dem Rinnstein zu arbeitet und das Flacheisen dabei in gleicher Richtung so weit von der Anschlußstelle entfernt auflegt, als man den einzelnen Streifen Breite geben will. Mit Hilfe eines Richtscheits, welches einerseits auf der bestehenden Asphaltplatte und andererseits auf dem erwähnten Flacheisen aufgesetzt wird, kann man die Regelmäßigkeit der Arbeit fortwährend prüfen.

Das Aufgießen der Gußasphaltmasse auf die Unterlage erfolgt bei kleineren Arbeiten vermittelst sogenannter Austraglöffel (s. Fig. 58), oder bei umfangreicheren Asphaltierungen mit Austrageimern, deren Konstruktion aus Fig. 59 ersichtlich ist. Von der größten Wichtigkeit ist es, die flüssige Asphaltmasse

zuerst auf diejenigen Stellen zu gießen, mit denen sich der Asphalt verbinden soll, also die nächste Anschlußlage, und dadurch dieselbe so weit anzuwärmen, daß der Asphalt erweicht und sich mit der folgenden Lage innig und fugenlos verbindet. Die vor der Arbeit von diesen Stellen wieder abzunehmende, teilweise oder ganz erstarrte Masse kann später im Asphaltkessel wieder eingeschmolzen werden.

Bis zu einem gewissen Grade läuft die Gußasphaltmasse beim Ausgießen von selber breit und schmiegt sich dabei allen Unebenheiten der Unterlage gut an. Es ist aber für den Bestand einer Gußasphaltdecke von größter Bedeutung, daß das Ausbreiten der Masse mit einem gewissen Druck geschieht, um poröse Stellen zu vermeiden und Gas- oder Luftblasen aus derselben zu entfernen. Der zu diesem Zweck dienende Spachtel (Fig. 60), der vor dem Gebrauch zweckmäßig angewärmt oder mit Paraffinöl abgerieben worden ist, wird deshalb von dem Arbeiter nur mit der rechten Hand am Stiel gefaßt, während er mit der linken Hand denselben auf der breiten Fläche auf die Masse niederdrückt. Die teigförmige Asphaltmasse läßt sich auf diese Weise leicht seitlich verschieben und unter Zuhilfenahme des Richtscheits ganz gleichmäßig ausbreiten.

Natürlich haben die schwereren Mineralbestandteile, wie Sand und Kies, das Bestreben, in dem verflüssigten Bitumen unterzusinken, so daß dieses an die Oberfläche tritt, weshalb die ausgebreitete Schicht eine glänzend schwarze Oberfläche zeigt. Wir haben bereits an anderer Stelle erwähnt, daß eine derartige Oberfläche, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, begierig Wärme absorbiert und erweicht, eine Möglichkeit, die bei jeder Asphaltlage streng zu vermeiden ist. Auch ist es nicht gut möglich, mit dem einfachen Spachtel eine Fläche von genügend glatter Oberfläche zu streichen. Man bestreut daher die Oberfläche unmittelbar nach dem Verstrich, solange sie also noch genügend bearbeitungsfähig ist, mit ganz trockenem und gleichmäßig feinem Sand, den man mit Hilfe eines Reibebrettes (Fig. 61) in die weiche Masse unter leichtem Druck einreibt, und dieser dabei gleichzeitig, ähnlich wie beim Verputz des Mauerwerks mit Mörtel, eine ganz ebene Fläche verleiht.

Das Besanden ist im allgemeinen, und zwar mit Unrecht, nur auf ein Sandstreuen auf die Oberfläche des Aufgusses beschränkt. Diese Operation hat aber nicht allein, wie dies allseitig geglaubt wird, den Zweck, die Asphaltfläche rau und uneben zu machen, sondern auch der Mastixschicht den Mischsand wieder beizufügen, welcher infolge seiner Schwere auf den Grund gesunken ist, während der Mastix auf die Oberfläche stieg. Das Besanden soll also dazu dienen, den Mastix zu sättigen, da anderenfalls der obere Teil der Schicht an der Sonne erweichen und sich schneller abnutzen würde. Um diese Sättigung zu fördern, muß der Arbeiter deshalb eine genügende Menge Sand streuen und für eine gewisse Zeit tüchtig reiben, immer dafür Sorge tragend, dieses Reiben in recht gleichförmiger Weise zu bewerkstelligen, um Unebenheiten zu vermeiden.

Die anfänglich glatte und mehr oder weniger glänzend schwarze Oberfläche der Asphaltlage wird durch diese Behandlung rau und nimmt eine mattgraue Farbe an. Hat man in dieser Weise einen Streifen gelegt, so schiebt man das Flacheisen entsprechend weit zurück, um in gleicher Weise mit dem nächsten Streifen zu verfahren, und so fort, bis die ganze Fläche belegt ist. Fig. 62 zeigt die Arbeit der Verlegung des Gußasphalts nach

einem Holzschnitt aus dem Katalog der Compagnie Générale des Asphaltes de France, dem auch vorstehende Angaben zum Teil entnommen sind.

Eine wesentliche Verbesserung des Gußasphalts, der ihn auch für Fahrstraßen geeignet machen soll, will die Asphalt-Gesellschaft San Valentino, Reh & Co. in Berlin mit Einführung ihres sogenannten „Granulinasphalts“ gemacht haben. Dieser Gußasphalt wird hergestellt aus einer Mischung verschiedener Asphaltgesteine unter entsprechendem Zusatz von Sand. Straßen mit Granulinasphalt sollen vor gewöhnlichen Gußasphaltstraßen den Vorzug größerer Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturschwankungen aufweisen. Granulinasphalt soll rauher als Stampfasphalt sein und deshalb auch für größere Steigungen verwendet werden. Der Betonuntergrund für Granulinasphalt kann schwächer sein als bei Stampfasphalt, da hier keine

Fig. 62.



Asphaltierer bei der Arbeit.

Zertrümmerungen beim Einstampfen zu befürchten sind. Granulinasphalt wird in der Stärke 3,5 bis 4 cm verlegt. Er komprimiert nicht nach wie Stampfasphalt. Im Jahre 1902 sollen bereits über 150 000 qm Straßenfahrbahn in diesem Material ausgeführt worden sein.

Eine Verbesserung des Gußasphaltpflasters für Fahrdämme, namentlich in bezug auf Haltbarkeit und Rauheit der Oberfläche, suchte Davison¹⁾ durch Einbettung von eisernen Rahmen in die Asphaltdecke zu erzielen. Dieses „Davisons Patent Iron and Asphalte Pavement“ wurde hergestellt, indem auf die Unterbettung zunächst eine 1,3 cm starke Lage von Gußasphalt verstrichen wurde, und solange dieselbe noch heiß und flüssig war, durchbrochene eiserne Rahmen eingedrückt, deren Zwischenräume dann mit Mastix ausgegossen wurden. Diese gitterartigen Rahmen hatten eine Dimension von 0,50 bei 0,25 m und eine Höhe von 5 cm. Nach Dietrich teilte die Konstruktion indessen mit dem gewöhnlichen Kopfsteinstraßenpflaster den Fehler, daß die Reinigung desselben erschwert war und das Wasser zwischen den einzelnen Rippen stehen blieb. Dieser Mißstand in Verbindung mit einem

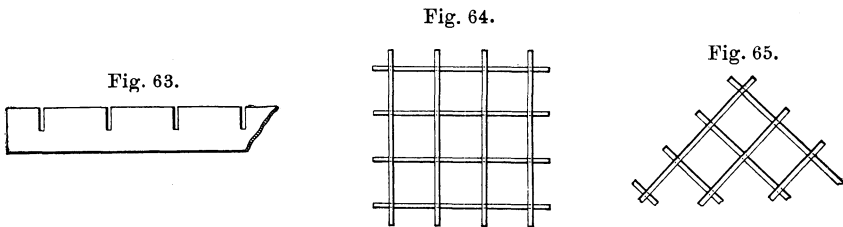
¹⁾ Dietrich, a. a. O., S. 139.

lästigen, klappernden Geräusch der Fuhrwerke auf den vorspringenden Eisenrippen war so erheblich größer als der Vorteil, daß die Pferde unter Umständen etwas sicherer darauf liefen, daß die Konstruktion sich nicht einzuführen vermochte.

Ähnlich scheint es auch mit Ch. Claussens (D. R.-P. Nr. 58 087) Asphaltpflaster mit schmiedeeisernen Rippenkörpern sich zu verhalten, das im wesentlichen nichts anderes ist als eine Verbesserung der Davison'schen Konstruktion.

Der Rippenkörper wird aus schmiedeeisernen Lamellen (Fig. 63) hergestellt, die im allgemeinen eine Stärke von 40×4 mm besitzen. An besonders stark in Anspruch genommenen Stellen der Fahrbahn erhalten diese Lamellen eine Dicke bis 16 mm. Die Herstellung der Rippenkörper geschieht in der Weise, daß die Flacheisenstäbe in einer gleichmäßigen Entfernung von 6 cm von der Breite gleich der Dicke des Eisens und bis zur Mitte desselben, also 20 mm tief eingeschnitten werden.

Die Entfernung der Einschnitte beträgt somit 6 cm. Vom jeweiligen Ende der Lamellen ist der Einschnitt indessen nur 3 cm entfernt. Jede Lamelle enthält sechs Einschnitte und ist 35 cm lang. Je sechs und sechs Lamellen werden nun so übereinander gelegt, daß sie sich überschneiden, wodurch sie



Claussens Asphaltpflaster.

derartig zusammenhalten, daß sie nicht weiter miteinander befestigt zu werden brauchen und einen Rippenkörper bilden (Fig. 64). Außer diesen ganzen werden noch halbe und dreieckige Rippenkörper gebildet, wie sie zu Biegungen und an den Kanten erforderlich sind (Fig. 65).

Die Herstellung des Asphaltpflasters geschieht in der Weise, daß auf die Betonschicht eine Schicht von Gußasphalt von 20 mm Stärke aufgebracht wird. Ehe dieselbe erhärtet ist, werden die heiß gemachten Rippenkörper so hineingedrückt, daß die Lamellen diagonal zur Straßenrichtung liegen. Hierdurch wird es erforderlich, daß an allen in der Längs- oder Querrichtung durchschneidenden Linien, wie Kantstein, Straßenbahnschienen usw. zunächst die vorerwähnten halben Rippenkörper eingelegt werden, und zwar werden auch hier Rippenkörper mit stärkeren Lamellen, besonders neben den Straßenbahnschienen, verwendet.

Nachdem die heißen Rippenkörper richtig hingelegt worden sind, werden sie mit heißen eisernen Klötzen bis auf die Betonunterlage eingedrückt. Sowie dieses geschehen, werden sofort von oben die Maschen mit Asphalt gänzlich vollgefüllt und dann mit heißen Walzen die Oberfläche derart geebnet, daß Asphalt und Eisen miteinander bündig sind.

Die einzelnen Rippenkörper bilden an allen vier Außenseiten natürlich nur halbe, offene Maschen, die beim Zusammentreffen von zwei Rippenkörpern

erst eine ganze Masche darstellen. Zwischen je zwei Rippenkörper wird nun beim Einlegen ein Pappenstreifen von 3 cm Breite gelegt, wodurch der Vorteil erwächst, daß ein jeder Rippenkörper leicht, ohne den Asphalt zu zerstören, herausgenommen werden kann.

Fig. 66 stellt den vollständigen Grundriß eines solchen Pflasters dar.

Oft wird Gußasphalt an Stelle von Holzbohlen zur Belegung von Kegelbahnen verwendet. Hierbei bietet jedoch die Sandschicht, die man in den noch warmen Belag einreibt, einen gewissen Widerstand für die Kugel. Nach dem Verfahren von Manthe wird dieser Übelstand vermieden, wenn man die warme Gußasphaltoberfläche mit Portlandzement abreibt und noch heiß, bei etwa 100 bis 120° mit einem leichten Wachsüberzug versieht und dann mit einem Buchenholzklotz abbügelt. Ist der Belag völlig erkaltet, so wird die Oberfläche mit feinem Stahldrahtgewebe abgeschliffen und so etwa vorhandene Unebenheiten noch beseitigt, worauf man nochmals mit einem Holzklotz glättet und mit einem Filzlappen poliert.

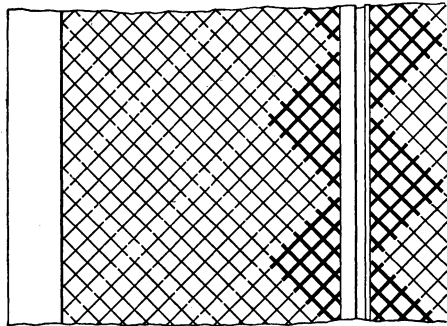
Von Wichtigkeit, namentlich bei der Abdeckung von Dächern, Veranden, Brücken usw., ist ein guter Anschluß der Asphaltlage an das Mauerwerk. Der Gußasphalt besitzt zwar die vorzügliche Eigenschaft, beim Erkalten sein Volumen nicht zu verringern, nicht zu schwinden, wie der technische Ausdruck lautet, aber es ist unter

allen Umständen zu empfehlen, für die genannten Zwecke ihm einen guten Verband mit dem umgebenden Mauerwerk zu sichern. Man erreicht dies auf einfache und leichte Weise dadurch, daß man den Verputz des Mauerwerks so viel als nötig entfernt, die Fugen in Höhe der Asphaltlage auf 1 bis 2 cm öffnet und die Gußasphaltmasse in dieselben hineinarbeitet. Nach Fertigstellung der Asphaltarbeit wird dann der abgenommene Verputz wieder ergänzt und dadurch eine vollkommene Abdichtung erzielt.

In gleicher Weise, wie hier besprochen, geschieht die Pflasterung von Innenräumen aller Art; die Fig. 67 und 68 geben Beispiele nach den Ausführungen der Compagnie Générale des Asphaltes de France.

Bei horizontal liegenden Straßen mit leichterem Fuhrverkehr wendet man zuweilen den Gußasphalt auch zum Pflastern der Fahrdämme an. Während man aber den Asphaltbelag bei Fußwegen usw. in der Regel nur 1,5 bis 2 cm stark ausführt, muß man den Fahrdämmen schon 4 bis 6 cm Stärke geben. Infolge der dickbreiigen Beschaffenheit der Masse bietet es aber technische Schwierigkeiten, Lagen von größerer Stärke als höchstens 3 cm auf einmal zu legen. Für Fahrstraßen wird daher die Pflasterung in zwei Lagen ausgeführt, von denen natürlich nur die obere feiner bearbeitet wird, während die untere bisweilen nur eine Art Asphaltbeton (Mischung von Mastix mit grobem Kies) vorstellt. Die Deckschicht muß härter eingekocht werden, als bei der Asphaltierung von Fußwegen, damit sie in der heißen Jahreszeit den Eindrücken Räder der von schwerem Fuhrwerk besser zu widerstehen vermag.

Fig. 66.



Clausens Pflaster, Ansicht.

In ähnlicher Weise wie aus Stampfasphalt stellt man auch aus Gußasphalt fertige Platten her, deren Anwendung sich besonders da empfiehlt, wo ein Kochen der Gußasphaltmasse an Ort und Stelle nicht leicht möglich ist. Schon seit langer Zeit fabriziert die Compagnie Générale des Asphaltes de France derartige Platten aus gegossenem Asphalt (im Format $0,3 \times 0,6$ m und in einer Stärke von 1,5 bis 5 cm) mit glatter oder auch geriffelter Oberfläche durch einfaches Eingießen und Einpressen der Gußasphaltmasse in entsprechende eiserne Formen; sie war auch die erste, die derartige Platten auf den Markt brachte.

Fig. 67.

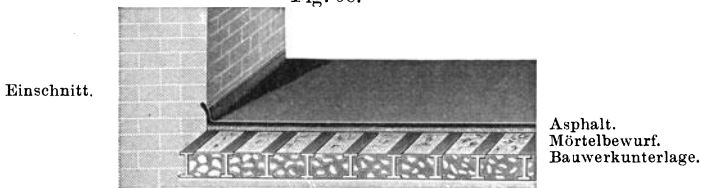


Muster eines Trottoirs.

Dieselben werden derartig eine neben die andere gelegt, daß sich ihre untersten Kanten berühren, damit dieselben vollständig wagerecht und ohne jede Lücke auf dem Boden aufliegen.

Um diese wagerechte Lage vollkommen zu sichern, genügt es, die Platten leicht zu erwärmen, indem man sie bei schönem Wetter einfach der Sonne aussetzt, oder einige Minuten lang in ein hinreichend großes mit Wasser gefülltes, auf einem Herde stehendes Becken legt; die auf diese Weise erweichte Platte nimmt genau die Gestalt des Bodens an, auf welchen sie gelegt wird.

Fig. 68.



Muster einer mit Asphalt bedeckten Terrasse.

Das Auflegen beginnt beim Eingang des zu belegenden Lokals, und man kontrolliert bei Fortsetzung der Arbeit das Niveau der bereits gelegten Platten öfters vermittelt eines geraden Lineals.

Ist der zu belegende Raum von unregelmäßiger Form oder hat derselbe, obschon viereckig, nicht die erforderliche Dimension, eine geschlossene Anzahl Platten aufzunehmen, so ist man genötigt, zur Teilung derselben zu schreiten, was folgendermaßen geschieht:

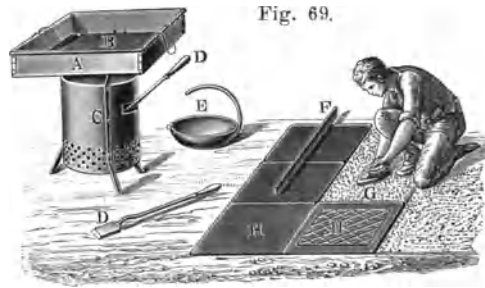
Man zieht auf die Platte, bevor man sie erwärmt, mit einem Lineal und einem Stift die Linie, nach welcher sie zerschnitten werden soll, wartet alsdann, bis die Erweichung der Masse stattgefunden hat und durchschneidet dieselbe mit einer einfachen Maurerkelle oder irgend einem anderen scharfen Werkzeuge. War der ausgeübte Druck nicht hinreichend, um die Platte in

ihrer ganzen Dicke zu durchschneiden, so legt man dieselbe längs des gemachten Striches über ein Lineal, und vermittelst eines Druckes auf den nicht aufliegenden Teil bricht die Platte ganz regelmäßig, wie eine mit dem Diamant geritzte Glasscheibe.

Befinden sich sämtliche Platten an ihrem Platz, so versichert man sich, ob die Ränder derselben sich gegenseitig nicht übersteigen und schreitet alsdann zur Zusammenlötung vermittelst des Mastix, welcher jeder Sendung beigefügt ist und aus einer Mischung von Asphaltmastix in Broten und etwas Bitumen besteht. Dieser Mastix wird in dem Gießlöffel in kleine Stücke zerstoßen und zum Schmelzen aufs Feuer gestellt, gerade wie die Bleigießer ihr Lötblei zerschmelzen lassen.

Sobald die Materie teigartig geworden, nimmt man eine kleine Quantität derselben auf einen hölzernen Spachtel und bringt sie in die Fuge, welche vor dem Eingießen sorgfältig gereinigt werden muß, da sogar der etwa vom Schuhwerk hinterlassene Staub hinreichend wäre, die Lötung zu verhindern.

Beim Plattenlegen in Wohnhäusern bringt man eine dem Auge sehr wohlgefällige Wirkung dadurch hervor, daß man die Asphaltplatten mit einer Schicht schnell trocknender Ölfarbe bestreicht, die auf dieser Materie einen bedeutend schöneren Glanz annimmt als auf gebrannter Erde.



Gußasphaltplatten verlegen

A Becken. B Auf ein hölzernes Brett gelegte Asphaltplatte, um dieselbe im warmen Wasser zu erweichen. C Ofen. D Fugeisen. E Schnabelförmiger Löffel, zum Schmelzen und Aufgießen des Fugenmastix. F Hölzernes Lineal. G Bodenbereitung und Beton. H Ebene oder kannelierte Platten.

Fig. 69 zeigt, wie diese Platten auf die Unterbettung, welche natürlich entsprechend der schon früher entwickelten Grundsätze hergestellt sein muß, zu verlegen sind.

Zadig und Neuberg¹⁾ stellen Platten aus Gußasphalt her, indem sie erwärmte Ziegelsteine, Quarz oder Schotter in gußeiserne Formen einpacken und die Zwischenräume mit flüssigem Trinidadasphalt ausgießen. Sie geben den Steinen eine Decklage von feinem Kies mit Mastix, erzeugen also im wesentlichen eine Vereinigung der Gußasphaltdecke mit Asphaltbeton. Die Verlegung der Platten erfolgt in ähnlicher Weise wie die der aus reinem Gußasphalt angefertigten, indem die Fugen nach dem Verlegen mit einem Asphaltkitt ausgegossen werden.

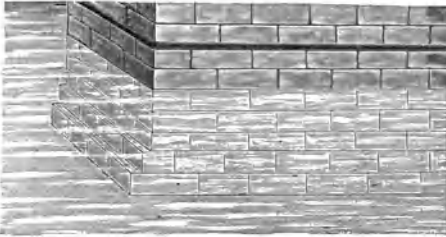
In ähnlicher Weise wie die Asphaltierung von Fußbodenbelägen aller Art geschieht auch die Abdeckung von Fundamentmauern gegen aufsteigende Feuchtigkeit. Die Oberschicht wird hier in der Regel nur etwa 1 cm stark ausgeführt und, da an dieselben hohe Anforderungen in bezug auf Elastizität und Nachgiebigkeit bei vorkommenden Senkungen des Mauerwerks gestellt werden, verwendet man zur Herstellung dieser Schicht lediglich Asphaltmastix und Goudron und unterläßt jeglichen Zusatz von Sand oder Kies. Die Asphaltisolierschicht wird in der Regel wenige Steinschichten über dem Erd-

¹⁾ D. R.-P. Nr. 5678

boden gelegt, und es ist nötig, daß das Mauerwerk bereits abgebunden hat, oder oberflächlich gut ausgetrocknet ist. Die Schicht wird lediglich mit dem Spachtel glatt gestrichen; ein Glätten durch Abreiben mit Sand kann eher schädlich als nützlich sein. Hin und wieder findet ein Bestreuen derselben mit Kies statt, den man einwalzt, um dem Mauerwerk besseren Verband zu geben, doch ist diese Vorsicht durchaus nicht nötig.

Seit Einführung der sogenannten „Asphaltisolierplatten“ (eine Kombination von Asphalt mit Filz oder Dachpappe) in die Bauindustrie, welche für jede

Fig. 70.



Mauerbreite zugeschnitten geliefert werden, geht die Verwendung des Gußasphalts für diesen Zweck mehr und mehr zurück.

Besondere Erwähnung verdient hier noch die Ausführung der Isolierung an senkrechten Flächen; diese müssen natürlich im Augenblick der Ausführung der Arbeit vollkommen trocken, frei von Staub und sogenanntem Mauersalpeter und mit einem rauhen Bewurf von Zementmörtel versehen sein. Der Überzug, zu dem man gleichfalls nur eine Mischung von Asphaltmastix mit Goudron (auf 100 kg Mastix etwa 12 bis 18 kg Goudron), die bei 170° bis 200° geschmolzen worden ist, anwendet, kann in zwei Schichten erfolgen, indem man der Masse für den ersten Anstrich noch so viel Goudron zusetzt, daß sie sich mit dem Pinsel verstreichen läßt, und die zweite Schicht in obiger Mischung

Fig. 71.

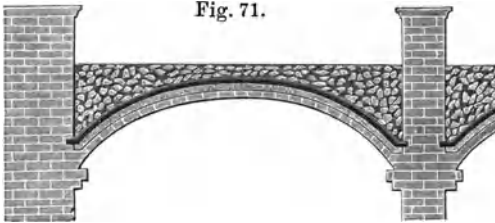
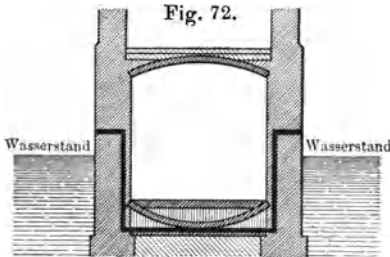


Fig. 72.



Fundamentmauerisolierung.

mit dem Spachtel aufstreicht und eventuell mit Sand durch das Reibebrett abreibt. Häufig geschieht dies auch in nur einer Schicht, allerdings nur durch sehr geübte Arbeiter, auf die folgende Weise:

Der Arbeiter trägt die Masse von unten nach oben vermittelt eines leichten Spachtels auf. Der Gehilfe bringt dieselbe auf den Spachtel und der Arbeiter trägt sie auf, indem er langsam von unten aufwärts geht und Sorge trägt, auf diejenigen Stellen zurückzukommen, die den Anstrich nicht sogleich festhielten, und zu reiben und zu glätten fortfährt, bis der Asphalt durch Erkalten fest ist. Die aufeinander folgend hergestellten Teile müssen sich in warmem Zustande vollständig miteinander verbinden und dürfen keine Spur von Fuge oder Spalte aufweisen.

Auf die gleiche Weise werden auch wasserdichte Bassins und Zisternen für Springbrunnen und zu technischem Gebrauch mit einem Verputz aus Asphaltmörtel hergestellt, Gewölbebogen von Brücken, Kasematten, Kellereien usw. abgedeckt oder durch Druckwasser benachteiligte unterirdische Räume, wie Keller, Silos u. dgl. trocken gelegt. Beispiele für derartige Arbeiten geben die Fig. 70 bis 72.

Weitere Anwendung findet der Gußasphalt, und zwar sowohl natürlicher als auch künstlicher bei der Verlegung von sogenannten Stabfußböden (Parkett), und zwar auch hier ohne Beimischung von Kies, besonders wenn es sich darum handelt, die mit Nut und Feder versehenen Stäbchen direkt in die geschmolzene Asphaltmasse einzubetten. Dieses Verfahren, welches einen außerordentlich elastischen, zugleich geräuschlosen und für Schall undurchlässigen Fußboden liefert, wird besonders in der letzten Zeit häufig ausgeführt und ist sicher auch dem gleichzeitig gebräuchlichen Verfahren vorzuziehen, bei welchem die Verlegung der Stäbchen auf mit Gußasphalt (welcher natürlich Kies enthalten kann) befestigten hölzernen Unterlagen geschieht. Fig. 73 zeigt eine Ausführungsform nach dem Prospekt der Compagnie Générale des Asphaltes de France.

Die genannten Materialien eignen sich ferner zum Verdichten von Fugen aller Art, um dieselben für Flüssigkeiten undurchlässig zu machen, sowie die zu verkittenden Stellen gleich einem Zement zu festigen. Die weitgehendste Anwendung finden sie bei der Ausführung von Holz- und Steinpflaster sowie Kanalisationen, um die Fugen zwischen den einzelnen Pflasterklötzen auszugießen oder die Muffen der Tonrohrkanäle zu verdichten. Vor dem Zement haben sie den großen Vorzug der Elastizität und der Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß der Feuchtigkeit sowie ätzender Flüssigkeiten und Gase. Verwendet wird der natürliche Gußasphalt für diese Zwecke in solcher Konsistenz, daß er sich in geschmolzenem Zustand leicht in die Fugen oder Muffen eingießen läßt und dabei auch noch die kleinen Hohlräume gleichmäßig ausfüllt. Für Straßenpflaster dürfte eine Mischung von gleichen Teilen Asphaltmastix und Goudron, für Tonröhren eine solche von einem Teil Mastix auf zwei Teile Goudron genügen. Aus künstlichem Asphalt (Steinkohlenteerpech) werden diese Materialien, wie wir gesehen haben, in fertigen Mischungen als Pflasterkitt und Tonrohrkitt geliefert.

Das Einschmelzen erfolgt in den bekannten Asphaltkesseln (s. Fig. 49, S. 191) unter den erwähnten Vorsichtsmaßregeln, wobei aber durch noch häufigeres Umrühren der geschmolzenen Masse dafür zu sorgen ist, daß die mineralischen Bestandteile des Asphaltmastix in dem dünnflüssigen Guß nicht zu Boden sinken. Zum Umrühren verwendet man zweckmäßig ein gelochtes, eisernes Rührscheid von spatentartiger Form, wie Fig. 75; aus dem Kessel wird die flüssige Masse mit eisernen Schöpfern (Fig. 74) in die Gießeimer und Gießkannen (Fig. 76 bis 78) gebracht und aus diesen in die Fugen eingegossen. Die mit langer Zotte versehenen Gießkannen und Gießeimer besitzen an ihrer

Fig. 73.



Parkettfußboden.

hinteren Seite, nahe dem Boden, noch einen zweiten Handgriff, um die erstere bequem über die zu vergießende Fuge neigen zu können.

Was zunächst die Ausführung des Vergießens der Fugen von Straßenpflaster anlangt, so ist dies eine sehr einfache Arbeit, die sich aber nur ausführen läßt, wo man es mit allseitig regelmäßig begrenzten Fugen zu tun hat, wie dies für Holz- und Klinkerpflaster ohne weiteres, bei Steinpflaster dagegen nur für Reihenpflastersteine aus gutem Hartgestein zutrifft. Die beiden ersteren werden ausnahmslos, letzterer dagegen nur in selteneren Fällen (bei stark beanspruchten Straßen) auf eine Betonunterlage, in der Regel aber direkt auf den Bettungskies verlegt.

Bei Verlegung des Steinpflasters auf eine Betonunterlage ist es nötig, die Steine auf eine schwache Sandschicht zu betten, um sie nach Erfordernis unterstopfen zu können. Die offen bleibenden Fugen werden alsdann bis zwei Drittel der Höhe der Pflastersteine mit gesiebt, scharfkantigem Perlkies sorgfältig ausgefüllt und dann bis zur Pflasteroberkante mit Kitt ausgegossen. Der geschmolzene Kitt wird in die Fugen eingegossen, und da er rasch erhärtet, ist es ein leichtes, sämtliche Fugen durch entsprechendes Nachgießen gänzlich auszufüllen. Der Verbrauch an Pflasterkitt stellt sich bei dieser Art der Ausführung und einer Fugenstärke von etwa 12 bis 15 mm auf

Fig. 74.



Fig. 75.



Fig. 76.



Fig. 77.



Fig. 78.



Werkzeug für Pflasterausguß.

etwa 12 kg pro Quadratmeter. Fig. 79 zeigt den Querschnitt einer Steinpflasterstraße mit Betonunterlage, an der sich die Art der Ausführung deutlich erkennen läßt.

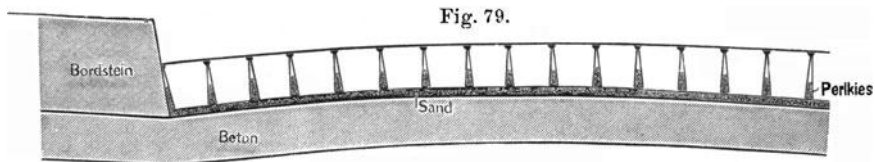
Bei Holzpflasterung werden die Holzklötzchen auf der profilierten Betonunterlage ohne Sandschicht direkt nebeneinander gesetzt und dazwischen Fugen von 1 cm gelassen. Das Vergießen der Fugen erfolgt in der Regel so, daß man nach dem Festwerden der unteren Schichten wiederholt Pflasterkitt ein gießt, bis die Fugen ganz mit Kitt gefüllt sind.

Werden die Pflastersteine direkt auf den Bettungskies verlegt, so verfährt man in der Weise, daß man die Fugen nur etwa bis zur Hälfte der Pflasterhöhe mit Sand ausfüllt, während die zweite Hälfte mit Pflasterkitt ausgegossen wird. Sollten sich hier und da noch Fugen zeigen, welche ganz mit Sand ausgefüllt sind, so muß dieser Überschuß an Sand beseitigt werden, bevor man mit Ausgießen beginnt. Wo man Wasserleitung zur Verfügung hat, vereinfacht sich das Verfahren dadurch, daß man die Pflasterung in gewohnter Weise

ausführt, die Fugen vollständig mit Sand ausfüllt und diesen nach dem Festrammen der Steine in die Fugen mit Hilfe der Hydranten einschlämmt bzw. auf die erforderliche Tiefe von 7 und 8 cm ausspritzt. Ist das Pflaster abgetrocknet, so kann man mit dem Ausgießen der Fugen beginnen. Je nach der Größe der letzteren und der größeren oder geringeren Regelmäßigkeit der Pflastersteine werden für den Quadratmeter Fläche in diesem Falle 15 bis 18 kg Pflasterkitt gebraucht.

Vor der Übergabe an den Verkehr wird die Straße mit einer gleichmäßigen Schicht von möglichst trockenem, scharfem Sand beschüttet, wie dies auch bei der gewöhnlichen Arbeitsweise mit Sandfugen üblich ist. Nach kurzer Benutzung der Straße preßt sich ein Teil des aufgestreuten Sandes tief in die weiche Masse des Pflasterkittes ein und der Rest kann entfernt werden.

An ein gutes Material zum Ausgießen der Fugen des Holz- oder Steinpflasters werden sehr hohe Anforderungen gestellt; der Kitt muß so konsistent sein, daß er bei heißer Jahreszeit unter dem Druck schwerer Lastfahrwerke nicht aus den Fugen quillt und auch wieder so weich, daß er bei großer Winterkälte nicht spröde und durch die Hufe der Pferde aus den Fugen geschlagen wird; er muß also gegen den Einfluß von Hitze und Kälte gleich widerstandsfähig sein. Daneben wird aber ein solcher Grad von Dün-



Pflasterausguß.

flüssigkeit verlangt, daß seine Vergießung keine Schwierigkeiten bereitet und daß er auch selbst in die kleinsten Fugen gleichmäßig eindringt. Diese Eigenschaften besitzt eine gute Mischung von Asphaltmastix und Goudron in erwünschtem Maße; sie werden von keinem anderen Material auch nur annähernd erreicht, aber das Material ist zu teuer, wo es sich um das Ausgießen großer Flächen handelt. Man hat daher, in vielen Fällen mit sehr gutem Erfolg, versucht, statt des teuren, natürlichen Asphaltmaterials das billige Steinkohlenteerpech in geeigneter Form für diesen Zweck zu verwenden.

Die Verdichtung der Muffen von Steinzeugröhren mit Asphaltkitt beschreiben ausführlich W. H. Lindley¹⁾, A. Unna²⁾ und H. Köhler³⁾.

Die Art der seither üblichen Verdichtung der Steinzeugröhren darf als bekannt vorausgesetzt werden. Immerhin soll sie hier kurz erwähnt werden, um die Vorzüge der Asphaltichtung besser würdigen zu können. Im allgemeinen geschieht die Verdichtung der Steinzeugröhren in der Weise, daß ein geteilter Strick von etwa 1 cm Stärke um das in die Muffe einzuschubende Rohr runde geschlungen wird, so zwar, daß nach dem Verstemmen derselben die Muffe zu etwa einem Drittel ausgefüllt ist. Ursprünglich hat man dann den in der Muffe noch freibleibenden Raum vermittelst Fugeisens mit plastischem Ton, sogenanntem Letten, ausgefüllt und auch noch um die Muffe einen Wulst

¹⁾ Tonind.-Ztg. 1892, Nr. 16. — ²⁾ Deutsche Bau-Ztg. 1897, Nr. 44. — ³⁾ Zeitschr. f. angew. Chemie 1898, S. 6 u. 30.

dieses Materials gelegt. Man erzielte dadurch eine anscheinend gute Verdichtung, welche noch den großen Vorzug besaß, genügend elastisch zu sein, um bei Senkungen des Bodens ein Nachbiegen des Rohrstranges zu ermöglichen. Ein großer Nachteil war jedoch die wegen des Gefrierens des Lettens unmögliche Ausführung der Arbeit im Winter, sowie das allmähliche Aufweichen des Tons, wenn die Röhren dem Grundwasser ausgesetzt waren, wodurch derselbe mit der Zeit gänzlich aus den Muffen ausgewaschen wurde. Auch kam es in trockener Sand- oder Kieslage häufiger vor, daß die trockene Umgebung dem plastischen Ton nach und nach die Feuchtigkeit entzog, wodurch dieser zunächst rissig wurde und schließlich als feines Pulver aus der Muffe herausfiel. Man ging deshalb zur Zementdichtung über und erzielte dadurch allerdings eine große Sicherheit gegen inneren und äußeren Druck, allein durch das sogenannte „Treiben“ des Zements beim Abbinden wurden viele Muffen gesprengt und außerdem bindet derselbe nicht an der glasierten Steinzeugfläche, wodurch Fugen entstehen, welche eine Art Diffusion zwischen dem Kanalinhalt und dem Grundwasser ermöglichen. Die Unmöglichkeit der Ausführung im Winter teilt dies Verfahren mit der Lettendichtung. Zudem ist die Zementdichtung bei Ausführung von Kanalisationen zu verwerfen, weil bei Straßen mit Baumbestand die feinen Haarwurzeln durch die entstehenden Risse ins Innere der Kanäle eindringen, sich darin perückenartig ausbreiten und die Rohre nach kurzer Zeit unter Mitwirkung anderer, in die Kanäle eindringender Verunreinigungen vollständig verstopfen. Man hat dann versucht, die beiden Methoden zu vereinigen, so daß man entweder die Muffenfuge mit Zementmörtel ausfüllte und um die Muffe einen Wulst von Letten legte, oder umgekehrt. Diese beiden letzteren Dichtungsarten sind wohl bislang noch allgemein im Gebrauch gewesen, allein sie haben außer der großen Kostspieligkeit noch den Nachteil, daß der ganze Rohrstrang dadurch zu einem starren Ganzen vereinigt wird, welches bei Senkungen des Untergrundes nicht nachgeben kann, wodurch Rohrbrüche und die damit verbundenen Unzuträglichkeiten nicht zu vermeiden sind.

Von einem guten, zur Ausführung von Kanalisationen geeigneten Verdichtungsmaterial für die Muffen der Steinzeugröhren muß man in erster Linie verlangen, daß es ebenso widerstandsfähig gegen den Einfluß der Chemikalien ist, wie das Steinzeug selbst, daß es genügend Elastizität besitzt, um im Falle von Senkungen des Bodens nachzugeben, ohne daß Rohrbrüche eintreten, daß es sich zu jeder Jahreszeit verwenden läßt, und daß endlich die Art seiner Anwendung nicht umständlicher oder zeitraubender ist, wie die seither übliche Methode der Dichtung mit Zement oder plastischem Ton. Alle diesen Anforderungen entsprechenden Eigenschaften gewährleistet der Asphalt, und es ist das Verdienst von Lindley, zuerst die öffentliche Aufmerksamkeit auf diese Verdichtungsart gelenkt zu haben.

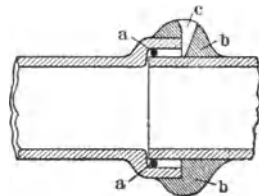
Was zunächst die Beschaffenheit des zum Ausgießen der Muffen von Steinzeugröhren benutzten Füllmaterials anbelangt, so empfiehlt Lindley (a. a. O.) eine Mischung von 2 Tln. Trinidadgoudron mit 1 Tl. Hannoverschem Asphaltmastix, während Unna (a. a. O.) eine Mischung aus gleichen Teilen dieser Materialien für geeigneter und auch in ökonomischer Beziehung vorteilhafter hält. Wir möchten hierzu bemerken, daß die Eigenschaften einer derartig zusammengeschmolzenen Füllmasse viel zu sehr von den Eigenschaften der dazu verwendeten Rohmaterialien, welche je nach Herkunft usw. beträcht-

lich schwanken, abhängt, als daß es möglich wäre, durch Zahlen ein festes Verhältnis zu geben. Auch die Art und Weise der Verarbeitung spielt hierbei eine große Rolle, so daß selbst bei Verwendung guter Rohmaterialien unter Umständen ein schlechtes Produkt erzielt werden kann. Ein gut präparierter künstlicher Asphaltkitt kann hier dieselben Dienste leisten wie das natürliche Material, weil es hier darauf ankommt, ein Material zu erzielen, welches neben möglichster Dünflüssigkeit in geschmolzenem Zustande (damit es selbst in die engsten Fugen gleichmäßig eindringt) eine möglichst große Zähigkeit, Elastizität und Zähflüssigkeit nach dem Erkalten bewahrt.

Die Ausführung des Verfahrens selbst ist in ihrem ersten Teil genau die gleiche, wie die seither übliche. Der Rohrstrang wird wie gewöhnlich verlegt, nur ist darauf zu achten, daß der Teerstrick innerhalb der Muffe mit besonderer Sorgfalt eingestemmt wird, damit keine Undichtigkeiten bleiben, welche dem flüssigen Asphaltkitt den Eintritt ins Innere des Rohrstranges gestatten. Für größere Arbeiten wird der Asphaltkitt in einem gewöhnlichen transportablen Kessel, wie solche die Asphaltteure bei ihren Arbeiten benutzen, bis zur Dünflüssigkeit geschmolzen; für kleinere Arbeiten bedient man sich hierzu der bekannten Bleischmelzöfen, welchen Unna für diesen Zweck in ihrem oberen Teil eine elliptische Form gegeben hat, um zwei kleine Gießkessel mit Ausguß und Handgriff einsetzen zu können. Abgesehen von dem pekuniären Vorteil ist es dabei wesentlich, unter dem Kessel nur ein ganz kleines Feuer zu unterhalten, wenn der Kitt einmal geschmolzen ist, und die flüssige Masse häufiger mit Hilfe eines durchlochten eisernen Rührscheits gut durchzumischen, um ein Absetzen der mineralischen Bestandteile, sowie die Bildung von Kesselbrand zu verhindern. Verfäht man in dieser Hinsicht gewissenhaft, so läßt sich jeder Ansatz bis zum letzten Tropfen ausnutzen. Das Vergießen der Muffe selbst geschieht je nach Bedarf mit größeren oder kleineren Gießlöffeln oder Kannen (s. Fig. 76 bis 78 auf S. 206).

Da man es bei Kanalisationen fast durchweg mit horizontal liegenden Rohrsträngen zu tun hat, so muß der äußere Rand der Muffen gut abgedichtet werden. Dies kann man einfach dadurch erreichen, daß man um die ganze Muffe herum einen Wulst von plastischem Ton legt, den man an der oberen Seite des Rohrstranges nestartig erweitert, um auf diese Weise eine Art Trichter herzustellen, durch welchen man den flüssigen Kitt bequem eingießen kann (Fig. 80). Nach dem Erkalten des Kittes kann dieser Wulst abgenommen und wieder anderweitig verwendet werden. Diese Art der Ausführung ist indessen umständlich und nur für Röhren geringer Dimensionen anwendbar, weil bei größeren Rohrweiten durch den Druck des flüssigen Kittes der Wulst von der Muffe sich, namentlich im unteren Teile der Rohrwandung, leicht abschiebt. Deshalb hat Heichlinger ¹⁾ einen sogenannten Gießring konstruiert, welcher seit längerer Zeit mit bestem Erfolg im Gebrauch ist. Dieser Gießring (Fig. 81) besteht aus einem Gummiband von quadratischem Querschnitt (sogenannter Tuckschnur) von bis zu 3 cm Stärke, dessen Länge so bemessen

Fig. 80.

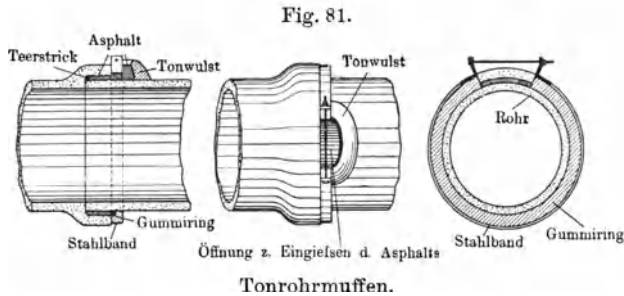


Tonrohrmuffe.

a Teerstrick. b Wulst von Letten. c Gießöffnung.

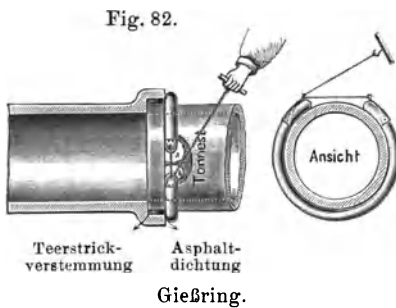
¹⁾ Tonind.-Ztg. 1896, S. 16.

ist, daß an der Eingußstelle eine etwa 6 cm weite Öffnung bleibt. Vor dem Gebrauch wird der Ring mit dünnflüssigem Ton überzogen, damit der flüssige Asphalt nicht an demselben festhaftet. Durch ein Stahlband mit Schraubenschluß wird derselbe fest an das Rohr gepreßt, nachdem er in wagerechter Richtung dicht an die Muffe angeschoben und eine etwa verbleibende Fuge mit plastischem Ton verstrichen worden ist. Um die Gießöffnung wird ein Nest von Ton gelegt, damit man die Muffe vollständig ausgießen kann.



Szalla¹⁾ benutzt für den gleichen Zweck ein wickelartig zusammengedrehtes Stück Sackleinwand, das mit plastischem Ton überzogen und an den Enden mit einer Strippe versehen ist.

Unna bedient sich in sinnreicher Weise der elastischen Eigenschaften des billigeren Korkes statt des teuren Gummis in der Weise, daß er den Gießring aus einem mit groben Korkstückchen straff ausgefüllten Juteschlauch mit Juteschnurseele herstellt, welcher ein biegsames, elastisches, anpassungsfähiges und der Feuchtigkeit widerstehendes Material bildet. Der Schlauch



wird etwa 5 cm kürzer genommen, als der äußere Umfang des zu vergießenden Rohrstranges beträgt, und besitzt an jedem Ende einen gut befestigten Messingbeschlag mit Ring. Der Verschuß geschieht durch einen an dem einen Ring angebrachten Kupferdraht, welcher durch den anderen Ring geführt, fest angezogen und dann umgebogen wird (Fig. 82).

Hierdurch, und namentlich auch durch das Abstreichen des Ringes mit plastischem Ton, welches gleichzeitig den Zweck hat, das Festkleben des Asphalt zu verhindern, wird ein vollkommen dichter Anschluß des Gießringes an die Außenwand und die Muffe der Rohre erzielt. Bei Rohrwandungen von größerem Durchmesser, bei denen es schon eines größeren Kraftaufwandes bedarf, geschieht das Anziehen des Schließdrahtes mittelst eines Holzkebels mit Haken. Hierauf wird um die von Korkschnur freigebiebene Öffnung an der oberen Seite des Rohres ein Tonnest gelegt, wie weiter oben schon beschrieben. Unna hat auch hieran eine sehr praktische Neuerung angebracht, indem er in demselben eine kleine Querwand so hergestellt hat, daß zwei

¹⁾ Privatmitteilung.

Öffnungen entstehen, von welchen die größere *a* als Einfülltrichter, die kleinere *b* als Luftaustrittsöffnung dient, und erreicht dadurch ein rascheres Vollaufen der Muffe, sowie gleichmäßigere Füllung und Verhinderung von Blasenbildung in der Füllmasse. Um einen flotten Arbeitsbetrieb zu ermöglichen, ist es nötig, für jede Arbeiterkolonne einen Satz von je sechs Stück solcher Gießringe für die betreffende Rohrweite zu besitzen; dieselben werden für alle Rohrabmessungen von je 10 bis 60 cm Durchmesser hergestellt. Bei Vergießungen im Winter empfiehlt es sich, die Steinzeugröhren vor dem Verlegen in der Nähe des Asphaltofens aufzustellen, um sie etwas anzuwärmen; auch ist besonders darauf zu achten, daß die Muffen vollständig ausgefüllt sind, und es muß daher in kurzen Zwischenräumen Asphaltkitt nachgegossen werden, bis dessen Oberfläche im Nest konstant bleibt. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß beim Vergießen stehender Rohrleitungen die Anwendung eines Gießringes überflüssig ist.

Bezüglich des Verbrauchs an Material und der Kosten der Dichtung liegen günstige Resultate kompetenter Fachmänner vor. Nach W. H. Lindley (a. a. O.) betragen dieselben für Rohrdurchmesser von:

	15	20	25	30	35	40 cm
Verbrauch an Asphalt für eine Muffe	0,9	1,15	1,50	1,95	2,55	3,55 kg
Verbrauch an Teerstrick	0,12	0,14	0,17	0,20	0,26	0,30 "
Material und Materialbereitungskosten						
einschl. Heizmaterial	22	27	36	44	48	74 ₤

Die Verdichtung mit Asphalt stellt sich demnach nicht teurer, als die seither übliche mit Zementmörtel, besitzt aber vor dieser nach Unna folgende Vorzüge:

1. Die Asphaltdichtung ist nicht porös, daher auch vollkommen undurchlässig für Flüssigkeiten.
2. Der Asphalt verbindet sich fest mit den glasierten Steinzeug- und Tonrohrwandungen, wodurch eine absolute Dichtigkeit erzielt wird.
3. Der Asphalt ist so elastisch, daß Veränderungen des Rohrstranges, welche durch Bodensenkungen herbeigeführt werden, kein Brechen der Röhre bewirken, indem die Asphaltdichtung in der Muffe nachgibt.
4. Die Asphaltdichtung kann bei jeder Witterung ausgeführt werden, während die Zement- und Tondichtung bei starkem Frost unmöglich wird.
5. Der Asphalt erweicht bei Temperaturen bis 50° nicht. Es liegen daher keine Bedenken vor, diese Dichtung für Kondensationswasserableitungen zu verwenden.
6. Der Asphalt ist säurebeständig und wird auch durch alkalische Abwässer nicht angegriffen. Derselbe eignet sich daher auch als Dichtungsmaterial für Rohrleitungen in gewerblichen Anlagen, welche solche Abwässer abführen.
7. Die Asphaltdichtung erfordert bei ihrer Verwendung nicht mehr Zeit als die Zementdichtung. Wenn die Rohrleger eingübt sind, erfordert dieselbe sogar weniger Zeit.
8. Der Rohrstrang kann sofort nach Fertigstellung der Asphaltdichtung der Druckprobe unterzogen werden, worauf unmittelbar mit der Verfüllung des Grabens begonnen werden kann.

9. Die Asphaltichtung erleichtert und verbilligt die Rohrverlegung im Grundwasser, da die Pumparbeit sofort nach Herstellung der Dichtung eingestellt werden kann.

10. Reparaturen von Hausleitungen können während des Gebrauchs ausgeführt werden, da ein Fortspülen der Dichtung, wie bei der Zementdichtung, ausgeschlossen ist.

11. Mit Asphalt gedichtete Rohre können durch Erwärmen der Muffen ohne Beschädigung der Rohre getrennt werden.

Kanäle mit sehr geringem Gefälle, z. B. 1 : 150 oder 1 : 200 können nicht mit den gewöhnlichen Steinzeigröhren von kreisrundem Querschnitt ausgeführt werden; man verwendet in diesen Fällen Röhren von eiförmigem oder Ellipsenprofil, die aber in Steinzeug nicht in der erwünschten gleichmäßigen Form geliefert werden können. Durch Einführung von Steinzeugsohlstücken als Segment des Ovals oder der Ellipse, auf welchen dann die Peripherie in Mauerwerk aus hart gebrannten Steinen ausgeführt wurde, war die erste Schwierigkeit überwunden, namentlich auch, als man kennen lernte, durch Ausgießen der Fugen des Mauerwerks bis auf die mutmaßliche Höhe des Flüssigkeitsstandes mit Asphalt dasselbe säurebeständig zu machen (Fig. 83).

Fig. 83.



Kanalauskleidung.

Erst später gelang es Knauff, auch eiförmige Kanäle aus Zementbeton herzustellen, welche im Inneren eine Auskleidung mit Platten aus säurefestem Steinzeug besitzen, die bis über die Höhe der durch saure Abwässer gefährdeten Betonmasse reicht.

Solche Platten kommen nur bei großen, begehbaren Kanälen zur Verwendung und können sowohl in noch zu verlegenden Röhren als auch fertigen Rohrsträngen angebracht werden. Im ersteren Falle sind, wie Fig. 84 veranschaulicht, unterhalb der Einmündung der Nebenleitung *c* entsprechende Aussparungen *d* im unteren Kanalteil vorzusehen, in welche die Platten unter Anwendung von Zementmörtel eingelegt werden, oder es findet in Ermangelung dieser Aussparung die Befestigung in der Weise statt, daß die Platten einfach flach aufgelegt und mit Zementmörtel mit der Rohrwandung verbunden werden, wie dies Fig. 85 zeigt. Letztere Anordnung findet hauptsächlich bei bereits bestehenden Zementkanälen Verwendung. Die abgeschrägten Kanten dieser Platten und Sohlshalen bilden genaue Fugen, welche sich mit einem säurefesten Kitt ausfugen lassen. Sie sind auf ihrer Rückseite mit aufgerauhten Längsrillen versehen, um ein sicheres Haften zu erzielen. Die für die Mündungsstellen der Nebenleitungen bestimmten Platten sind halbkreisförmig ausgespart und mit konzentrischen Rillen versehen, welche das Abhauen bei Einführung größerer Rohrdimensionen erleichtern sollen. Es ist mit dieser Erfindung, deren Ausführungsrecht von der Firma „Deutsche Steinzeugwarenfabrik für Kanalisation und chemische Industrie“ in Friedrichsfeld zu erwerben ist, ein großer Fortschritt geschaffen, namentlich auch deshalb, weil man nunmehr in der Lage ist, bereits bestehende und durch Säure gefährdete Betonkanäle vor weiterer Zerstörung zu schützen.

Nach einem Verfahren von G. A. Wayß¹⁾ fertigt man säurefeste Betonröhren für Kanalisationszwecke nach dem bekannten Verfahren von Monier²⁾ in der Art, daß man im Inneren der Drahteinlage die Wand der Röhren aus

Fig. 84.



Fig. 85.

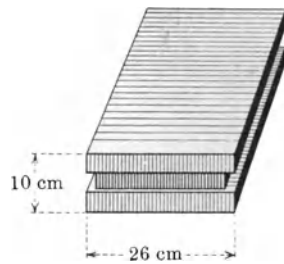


Zementbetonrohre.

Gußasphalt bildet, auf welche man außerhalb der Drahteinlage eine Zementmörtelmischung aufträgt.

Wie O. Marckfeldt³⁾ angibt, kann man Tonplatten zur Auskleidung von säurefesten Reservoirs für chemische Fabriken usw. verwenden in einer Form, wie sie durch Fig. 86 gezeigt wird. Die Platten werden mit Zementmörtel auf der Unterlage befestigt und mit der schmalen Seite aneinander geschoben, so daß sich rings um jeden Stein ein 3 cm breiter und 4 cm tiefer Kanal bildet, der späterhin mit Asphaltkitt ausgegossen wird. Wird zur Herstellung dieses Kittes ein nur bei hoher Temperatur dünnflüssiges und vergießbares natürliches Material, wie Trinidad epuré mit Trinidadgoudron und säurefestem, feinst gemahlenem Füllmittel (z. B. China clay) verwendet, und auch die Schichthöhe vor dem Ausgießen der Fugen nicht zu hoch bemessen, so daß alle Fugen sich auch wirklich gleichmäßig ausfüllen, so dürfte ein solches Reservoir von keiner anderen Konstruktion übertroffen werden.

Fig. 86.



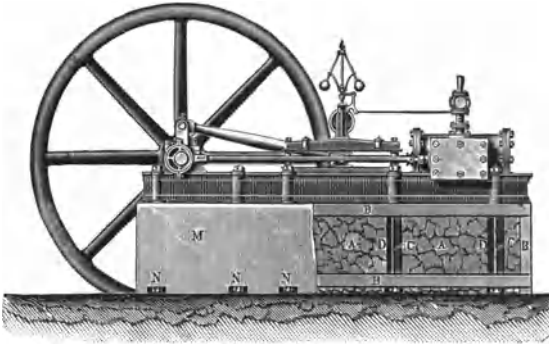
Säurefeste Platten.

In derartig ausgeführten Bassins lassen sich Mineralsäuren und dergleichen wohl für kürzere oder längere Zeit vorübergehend aufbewahren, aber darin hantieren mit festen Gegenständen, wie dies z. B. in Verzinkereien zum Ätzen der zu verzinkenden Gegenstände verlangt wird, kann man nicht, weil der durch Gießen eingebrachte dünnflüssige Asphalt infolge der Wärmeentwicklung bald erweichen und die Platten dadurch die genügende Wider-

¹⁾ Tonind.-Ztg. 1895, S. 609. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 14 673. — ³⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1901, S. 801.

standsfähigkeit gegen Stoß verlieren würden. Man kann Reservoirs für diesen Zweck aber sehr wohl herstellen, wenn man die Außenwände derselben aus Zementbeton oder Zementmauerwerk ausführt, dieses durch Einstellen von

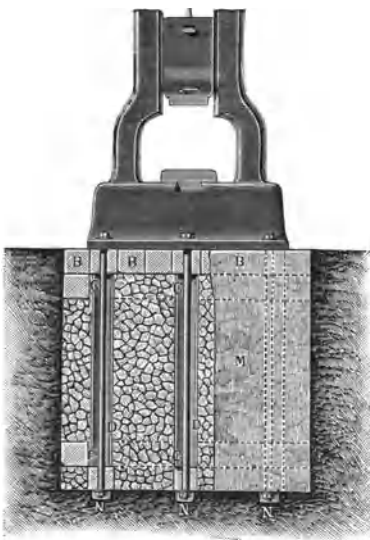
Fig. 87.



Maschinenfundament.

A Asphaltbeton. B Hölzerner Rahmen. C Grundsteinbolzen.
D Zinkröhren zum Verwahren d. Grundsteinbolzen. M Asphalt-
mastix. N Schraubenmutternischen.

Fig. 88.



Hammerfundament.

A Asphaltbeton. B Hölzerner Rahmen.
C Grundsteinbolzen. D Zinkröhren zur
Aufbewahrung der Grundsteinbolzen.
M Asphaltmastix. N Bolzennischen.

Kokskörben nach erfolgtem Abbinden des Zements vollkommen austrocknet und das Reservoir dann mit einer Schicht säurebeständiger Steine, die in Asphaltmörtel verlegt werden, auskleidet. Diese Steine haben die gewöhnliche Form der Backsteine und brauchen keinerlei Rillen oder Kanäle zu besitzen.

Der säurefest hergestellte Mörtel aus bestem natürlichen Asphalt und Goudron (s. oben) wird möglichst dickflüssig eingeschmolzen und die Steine werden vor dem Verlegen auf Koksfeuer so weit angeheizt, daß man sie eben noch anfassen kann; die Fugen werden etwa $\frac{1}{2}$ cm breit angelegt und nach Fertigstellung mit einem heißen Fugeisen glattgestrichen. Ein auf diese Weise konstruiertes Bassin genügt allen berechtigten Anforderungen in bezug auf Haltbarkeit gegenüber dem Einfluß von Chemikalien als auch größerer Wärme, und dabei ist die Ausführung desselben wesentlich einfacher als die von Marckfeldt beschriebene Konstruktion.

Die große Reihe der Anwendungsformen des Gußasphalts ist hiermit keineswegs erschöpft; es kann nicht im Plane dieses Werkes liegen, sie alle einzeln aufzuführen, da die Manipulationen ja auch, im großen und ganzen genommen, stets die gleichen sind. Wir erwähnen ferner nur noch die folgenden:

Die Compagnie Générale des

Asphaltes de France empfiehlt Asphaltmastix und Goudron zur Herstellung von Asphaltbeton für Fundamente von Maschinen zur Verhütung der durch dieselben verursachten Erschütterungen. Fig. 87 stellt die Grundsteinlage einer in Pyrimont von Léon Malo auf-

gestellten Dampfmaschine von 70 Pferdekräften bei 7 m Länge, 1,2 m Breite und 4 m Höhe dar, die sich vorzüglich bewährt hat. Fig. 88 zeigt die in gleicher Weise ausgeführte Fundamentierung eines Dampfhammers geringerer Dimensionen.

Graf Dundonald nahm bereits 1851 ein englisches Patent auf die Herstellung von Pfeilern, Säulen und Röhren aus Trinidadasphalt. Nur die Fabrikation der letzteren, und zwar aus künstlichem Asphalt, hat sich bis in die neueste Zeit erhalten und wird, wie wir später sehen werden, in ziemlich bedeutendem Maßstabe ausgeführt.

Auch die Erzeugung von Krippen und Futtertrögen aus Gußasphalt soll hier nur erwähnt werden.

Achtes Kapitel.

Der Walzasphalt und die Ausführung von Walzasphaltarbeiten.

Der Walzasphalt muß als eine Zwischenstufe der beiden vorbesprochenen Straßenbefestigungsarten mit Asphalt angesprochen werden. Mit dem Gußasphalt teilt er bis zu einem gewissen Grad die Art der Zubereitung des Materials durch Mischen von schmelzbarem Bitumen mit dem Gestein, mit dem Stampfasphalt die Art der Befestigung durch Druck, die, wie schon der Name besagt, durch Walzen erfolgt.

Die Erfindung des Walzasphalts verdankt man dem Belgier E. J. de Smedt und sie datiert aus dem Jahre 1870. De Smedt ging mit dem Gedanken um, den in Europa zum Straßenbau schon längst verwendeten natürlichen Asphaltkalkstein, der nach Amerika importiert werden mußte und daher zu hoch im Preise stand, durch eine künstliche Mischung von Naturasphalt und mineralischen Stoffen zu ersetzen. Zu seinen ersten Versuchen verwendete er eine Mischung von Trinidadasphalt, Sand und gemahlenem Kalkstein. Der Trinidadasphalt mußte zwar gleichfalls erst importiert werden, doch lag der Vorteil darin, daß er etwa 55 bis 60 Proz. Bitumen enthält, das Asphaltgestein dagegen nur etwa 8 bis 12 Proz., und anorganische Bestandteile waren ja in Amerika in jedem Quantum und in jeder Beschaffenheit zur Hand. Man sparte also infolgedessen außerordentlich an Fracht. Der Trinidadasphalt erwies sich als an sich noch zu hart und mußte erst durch Zusammenschmelzen mit Petrolrückständen auf die richtige Konsistenz gebracht werden, die sich am vorteilhaftesten mit einer Penetration von etwa 50¹⁾ erwies, wengleich auch je nach dem Klima des betreffenden Ortes noch Veränderungen vorgenommen werden mußten. Das Gemisch von Petrolrückständen mit Trinidadasphalt wurde mit dem Namen „Asphaltzement“ bezeichnet, und dieser Name ist wesentlich passender als der nichtssagende „Goudron“, der für alle möglichen Stoffe verwendet wird, während der Ausdruck „Zement“ klar und deutlich sagt, daß das Bitumen die mineralischen Bestandteile aneinanderbinden (zementieren) soll.

Die ersten Versuche wurden vor dem Stadthaus in Newark in noch ziemlich roher Weise vorgenommen. Weitere Ausführungen erfolgten in den Jahren 1871, 1872 und 1873 in New York, und diese Arbeiten bildeten den Anfang der jetzt so großen amerikanischen Asphaltierungsindustrie. Sie zogen die Aufmerksamkeit der Stadt- und Staatsbehörden auf sich und gaben Veranlassung, in den Jahren 1875 und 1876 einen größeren Versuch im Ausmaß von etwa 50 000 qm in Washington beim Bau der Vermont Avenue zu machen. Der Erfolg war ausnehmend gut, so daß von nun an sich diese

¹⁾ Vgl. den Abschnitt Penetration im analytischen Teil.

neue Straßenbefestigungsmethode außerordentlich schnell in Amerika verbreitete. Die meisten der anfänglich ausgeführten Straßen wurden rein empirisch verlegt, und erst nach und nach wurden die leitenden Grundsätze, die bei dieser Art der Asphaltierung zu befolgen waren, herausgefunden, die Menge des anzuwendenden Bitumens, die Art und Menge der anorganischen Bestandteile, wie Steine, Sand und Steinstaub, definiert. Ein großer Teil dieser Arbeit wurde von Clifford Richardson geleistet, der als einer der Pioniere des Walzasphalts anzusehen ist.

1. Die Rohmaterialien für Walzasphalt.

Es sind nach Richardson vor allem vier Punkte, die besondere Aufmerksamkeit erfordern, von denen sich die beiden ersten auf die Größe und das gegenseitige Verhältnis der Stein- und Sandteile beziehen, der dritte auf den Füller oder Steinstaub und der vierte auf den Charakter und die Menge des angewendeten Bitumens. Da besonders für sehr schweren Verkehr eine Konstruktion des Walzasphalts angewendet werden muß, bei der auf eine Unterbettung aus Asphaltmakadam eine Decke gelegt wird, die im wesentlichen aus Sand, Steinstaub und Bitumen besteht, so hat man für die Bezeichnung „Walzasphalt“ auch den Namen „Sandasphalt“ eingeführt, doch ist diese Bezeichnung nicht maßgebend, da ja z. B. im Asphaltmakadam, der mehr und mehr an Verbreitung gewinnt, der Sand gar keine wichtige Rolle spielt. Der Sand hat den Zweck, die Höhlungen zwischen den gröbereren Steinpartikelchen derart auszufüllen, und der Steinstaub soll sich so zwischen die einzelnen Sandkörner einlagern, daß schon das Gemisch von Stein, Sand und Steinstaub allein eine möglichst dichte und lückenlose Masse gibt, bei der dem Bitumen nur die Aufgabe zusteht, sie zusammenzukitten. Es ist daher eine der wichtigsten Aufgaben des Walzasphalt-Straßenbaues, die Mengen festzustellen, die vom Material verschiedener Korngröße nötig sind, damit das Feinere immer die Lücken des Gröbereren ausfüllt. Zu dieser Feststellung bedient man sich einer Anzahl Siebe von verschiedener Maschengröße.

In den Vereinigten Staaten benützt man in der Regel einen Satz solcher Siebe, deren Maschenzahl von 200 bis 10 auf den laufenden Zoll fällt. Wir geben nachstehend die Umrechnung auf metrisches Maß:

Pro Zoll	Pro Zentimeter	Pro Zoll	Pro Zentimeter
200	77	40	16
100	39	30	12
80	31	20	8
50	20	10	4

Als bestes Mengenverhältnis für die verschiedenen Sandsorten hat sich das folgende ergeben: Es sollen passieren durch ein Sieb mit

100 Maschen auf den Zoll	. . . . .	17 Proz.
80	" " " "	17 "
50	" " " "	30 "
40	" " " "	13 "
30	" " " "	10 "
20	" " " "	8 "
10	" " " "	5 "
Zusammen		100 Proz.

Bei der Wahl eines geeigneten Sandes ist nach Richardson vor allem zu beachten, daß nach obiger Tabelle wenigstens 34 Proz. feines Material, möglichst gleichmäßig verteilt, vorhanden ist, das durch ein 100- und 80-Maschensieb geht und daß es auch an genügenden Mengen grober Körner von 10 bis 40 Maschenweite nicht fehlt. Diesen Körnern fällt die Aufgabe zu, bei reiner Sandasphaltschicht den Verkehr zu tragen. Um einer gegenseitigen Verschiebung der Sandkörner möglichst vorzubeugen, ist noch ein Füller nötig, der die Lücken zwischen den Sandkörnern ausfüllt, und hierzu dient ein feines Pulver, dessen einzelne Partikel nicht größer als 0,05 mm sein dürfen. Die Menge dieses Materials soll bei schwerem Verkehr nicht weniger als 13 Proz. betragen. Enthält der Sand selbst viel feinen Staub, oder der zu verwendende Asphalt, wie z. B. Trinidadasphalt, viel feine anorganische Bestandteile, so kann man dementsprechend am Zusatz von Steinpulver sparen. Diese von Richardson 1896 aufgestellten leitenden Gesichtspunkte haben sich nach einer mehr als 15 jährigen Probezeit als richtig erwiesen.

Bei Mischungen mit gröberen Zusätzen kann an Stelle der Siebe zur Bestimmung des Mischungsverhältnisses von Schotter zu Feinschlag, Grus und Sand das differenzierende Wassermessverfahren von Scheuermann¹⁾ treten. Das Verfahren wird so ausgeführt, daß ein bestimmtes, in einen Eimer eingefülltes Quantum Steinschotter mit so viel Wasser übergossen wird, daß Wasser- und Schotteroberfläche gleich sind. Die gebrauchte Wassermenge wird festgestellt und durch ein gleiches Quantum Grus ersetzt. Alsdann erfolgt erneute Wasserzufuhr zur Quantitätsbestimmung unter entsprechender Zufügung von Feinschlag. Die in dem nunmehr aus Schotter, Grus und Feinschlag bestehenden Gemische durch das Messverfahren noch weiter bestimmten Hohlräume müssen durch Sand ausgefüllt werden, während die dann noch vorhandenen Hohlräume zum Teil durch den bituminösen Binder und durch ein feineres Füllmittel (Steinstaub usw.) zu füllen sind. Die erforderlichen Mengen dieser Materialien können ebenfalls gemessen oder auch nach Erfahrungssätzen prozentual dem Gewicht der Mischung bestimmt werden. Sämtliche bei dem Verfahren verwendeten Steinmaterialien sind vor Ausführung der Messung einzuwässern.

Zur schnellen und genauen Bestimmung des Luftvolumens in Mineralgemischen hat Graefe ein Volumenometer konstruiert, das gestattet, den Prozentsatz der Hohlräume sofort zu ermitteln, und welches an andern Orten beschrieben werden soll.

Die nach den Ergebnissen des differenzierenden Wassermessverfahrens zusammengestellten Mischungen weisen natürlich das technisch mögliche Minimum an Hohlräumen bereits vor dem Walzen auf; es ist aber noch mit einer Volumenverminderung durch Kompression beim Walzen von etwa 15 Proz. zu rechnen, und die in Anwendung des Verfahrens ausgeführten Versuche haben ergeben, daß es vorteilhaft ist, nur einen gewissen Prozentsatz der durch das Messverfahren festgestellten Kornzusätze zu nehmen, da auch infolge der unregelmäßigen Gestalt der mineralischen Zusätze sich keine derart vollkommene Ausfüllung der Hohlräume durch Ineinanderlagerung erzielen läßt, wie sie durch die Messung konstatiert wird, und daher im Verhältnis zum groben Material ein Überschuß an feinerem Korn eintreten würde.

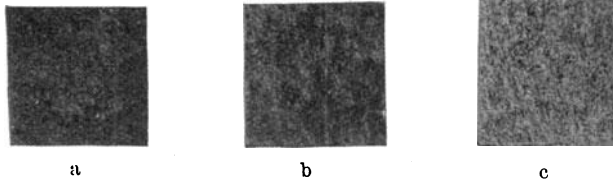
¹⁾ Zeitschr. f. Transportwesen und Straßenbau 1912, Nr. 20.

Der vierte und mit wichtigste Punkt betrifft das zu verwendende Bitumen, das den Zweck hat, die Mineralbestandteile zu binden. Dem Bitumen kommt nicht, wie oft behauptet wird, die Aufgabe zu, selbst zu tragen; ebensowenig wie der Leim, der z. B. Holz zusammenhält, dies zu erfüllen hat, braucht auch das Bitumen selbst mechanischen Beanspruchungen gewachsen zu sein. Seine Aufgabe ist einzig und allein die, den Kitt für Steine, Sand und Staub zu bilden. Verschiedene Sandmaterialien beanspruchen auch verschiedene Bitumenmengen, die zwischen $8\frac{1}{2}$ bis $11\frac{1}{2}$ Proz. schwanken können. Die angeführten Bitumenmengen sind auf reines Bitumen berechnet. Von einem Bitumenmaterial, das selbst etwa 75 Proz. anorganische Bestandteile enthält, braucht man entsprechend größere Mengen, als von einem nahezu reinen.

Eine einfache Methode, um herauszufinden, ob ein Gemenge genügend Bitumen enthält, besteht darin, etwas von dem fertigen heißen Material zwischen Papier zu bringen und darauf zu schlagen. Aus der Intensität des Fleckes bestimmt man empirisch, ob zu viel, genügend oder zu wenig Bitumen vorhanden ist (vgl. Fig. 89 a, b, c).

Von den für die Zwecke des Walzasphalts geeigneten bituminösen Materialien stehen besonders in Amerika reichliche Mengen zu Gebote, was mit dazu

Fig. 89.



Asphaltflecke.

beigetragen hat, daß sich dort diese Art des Straßenbaues schnell Eingang verschafft hat. Amerika ist ein Land mit außerordentlichem Mineralölreichtum; man verfügt dort über große Mengen von Ölasphalten, wie sie als Rückstand bei der Destillation von asphaltischen Erdölen gewonnen werden. Ferner sind die Naturasphalte der südamerikanischen Asphaltseen, wie von Trinidad und Bermudez, verhältnismäßig leicht erreichbar, und außerdem besitzt man in den halbflüssigen Rückständen der asphaltischen Erdöle Flußmittel, wie sie nötig sind, um die härteren Naturasphalte auf den nötigen Grad der Weichheit und Geschmeidigkeit zu bringen. Es hat sich gezeigt, daß nicht alle Mineralölrückstände gleich brauchbar sind; vor allem ist erfahrungsgemäß der Gehalt an Paraffin darin schädlich, insofern als das paraffinhaltige Bitumen zum Weichwerden und zum Ausschwitzen neigt. Gute Flußmittel und gute Rückstände liefern die Öle von Kalifornien und Texas, während sich die paraffinreicheren pennsylvanischen Rückstände weniger für diesen Zweck eignen.

Von besonderer Wichtigkeit ist auch das Arbeitsverfahren bei der Herstellung der Flußmittel aus asphaltischen harten Petrolrückständen. Wird die Destillation ohne Vorsicht und unter teilweiser Zersetzung ausgeführt, so wird auch die Qualität des Rückstandes oft bis zur Unbrauchbarkeit geschädigt. Durch zu hohe Temperatur entstehen Carbene, die an sich keine Bindekraft haben und deren Anwesenheit in größeren Mengen sich

	Destillationsrückstand				„D“ Grad	
	Pittsburg Flux	Byerlyte (z. Pflaster- zwecken)	Byerlyte (zu Dach- pappen)	Hydroline „B“		
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.		
Malthene:						
Bitumen, löslich in 88° Naphtha bei Lufttemperatur	61,1	62,0	66,8	69,3	65,0	77,0
Das ist prozentual des gesamten Bitumens	67,3	62,2	67,1	69,4	68,6	77,5
Prozente von löslichem Bitumen durch H ₂ SO ₄ entfernt	14,8	25,5	17,4	12,7	50,0	47,8
Prozente des gesamten Bitumens als gesättigte Kohlenwasserstoffe	57,3	46,3	55,5	60,6	33,1	40,5
Bitumen, löslich in 62° Naphtha .	71,5	67,2	72,0	—	—	—
Das ist prozentual des gesamten Bitumens	71,7	67,4	72,3	—	—	—
Carbene:						
Bitumen, unlöslich in Tetrachlor- kohlenstoff bei Lufttemperatur .	0,3	0,4	0,3	0,5	7,0	0,5
Das Bitumen ergibt bei der Ver- aschung:						
Festen Kohlenstoff	14,7	18,0	14,3	12,2	19,0	15,0
Schwefel	—	—	—	—	—	—
Paraffingehalt	10,3	4,6	5,7	1,0	—	—

durch Extraktion mit Tetrachlorkohlenstoff, in dem sie unlöslich sind, verrät. Die Gefahr der Carbenbildung ist aber gerade bei den wertvollen asphaltischen Ölen höher als bei den Ölen mit Paraffinbasis. Gut verwendbar als Zemente sind auch die geblasenen, d. h. mit Luft behandelten Materialien, die bei der Destillation von asphaltischen Ölen entstehen.

Wir geben vorstehend die Eigenschaften von Mineralölrückständen, wie sie teils als Flußmittel, teils auch als Asphalt direkt zum Straßenbau verwendet werden, nach den Untersuchungen von Clifford Richardson¹⁾ (s. Tabellen S. 220, 221, 222 und 223).

In der Tabelle S. 224 und 225 geben wir nach der gleichen Quelle²⁾ die Konstanten einiger Asphalte, welche vielfach in Amerika zu Straßenbauzwecken dienen.

2. Die Ausführung von Walzasphaltarbeiten.

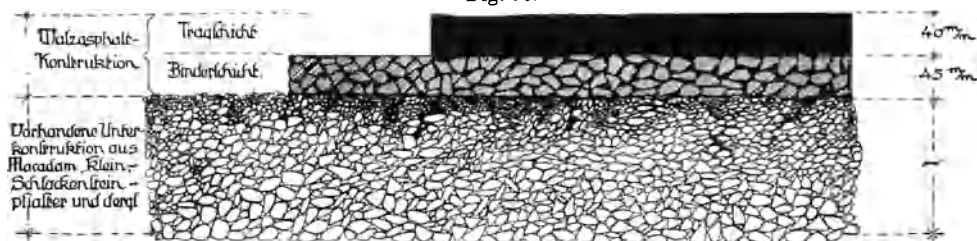
Walzasphaltarbeiten werden auf dreierlei Weise ausgeführt: entweder als Asphaltmakadam als solcher, oder als Asphaltmakadamunterlage (Binderschicht) mit einer Deckschicht aus Sandasphalt, oder als Sandasphalt für sich allein auf entsprechend widerstandsfähiger Unterbettung von Zementbeton, wie bei Stampfasphalt, oder aus genügend festgefahretem, wenn auch abgenutztem Makadam, altem Kopfsteinpflaster oder sonstiger, gebrauchter Oberflächenbefestigung bestehend. Bei stark abgenutztem Steinpflaster jeder Art müssen

¹⁾ Mod. Asph. Pavem., S. 249, 250, 259, 262 u. 265. — ²⁾ Ebenda, S. 168, 178, 182, 185, 189, 193 u. 197.

Californiaasphalt				Destillations- rückstand v. Beaumont- Texas- Petroleum	Bakupech	La Patera- California- asphalt	Raffinierter Destillationsrückstand	
Proz.							v. Standard- asphalt California	von kaliforn. Petroleum
Proz.				Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
66,6	70,5	68,5	70,0	65,4	54,6	21,6	53,4	77,6
67,0	70,8	68,8	72,2	66,1	59,6	43,8	59,5	77,8
56,9	62,7	57,7	57,3	32,1	44,1	81,4	51,9	—
28,9	26,4	29,2	42,8	44,8	33,3	8,1	28,6	—
—	—	—	—	71,5	61,3	26,7	60,0	—
—	—	—	—	72,2	66,9	54,1	66,8	—
7,3	2,8	2,2	6,0	5,1	10,4	1,7	0,3	0,5
18,0	16,7	18,0	18,8	24,0	26,8	14,9	8,0	10,5
—	—	—	—	—	—	6,2	—	—
—	—	—	—	1,2	1,7	—	—	—

die Unebenheiten vorher am besten mit Zementbeton ausgeglichen werden, um ein stärkeres Komprimieren unter der Last des Verkehrs an den vertieften Stellen und damit spätere Unebenheiten in der Deckschicht zu verhüten. Fig. 90 zeigt die Ausführung einer Walzasphaltfahrbahn auf vorhandener Unterbettung. Für

Fig. 90.



Walzasphalt auf vorhandener Unterbettung.

städtische Straßen mit sehr schwerem Verkehr empfiehlt sich im allgemeinen immer eine gute Betonunterlage; dabei ist unter schwerem Verkehr nicht die Beanspruchung durch Automobile und Automobillastwagen zu verstehen, da trotz der schweren Belastung die Auflagefläche der Bereifung viel größer ist als bei Gefährten mit starren Rädern, so daß dabei auf das Quadratzentimeter immerhin eine geringere Inanspruchnahme herauskommt, als bei der letzteren.

Die Betonunterlage wird in der üblichen Weise hergestellt und aufgebracht. Sie soll 10 bis 15 cm stark sein und besteht aus einem Gemisch von 135 kg

	Asphalt vom Bejucaldistrikt Kuba	Maracaibo- asphalt	Raffinierter Bermudezasphalt	Raffinierter Trinidadasphalt
Physikalische Eigenschaften.				
Spezifisches Gewicht der trockenen Originalsubstanz bei 25° C	1,305	1,0784	1,0823	1,40 1,4196
Farbe des Pulvers oder des Striches	rotbraun	schwarz	schwarz	braunschwarz
Glanz	stumpf	glänzend	glänzend	stumpf
Struktur	kompakt	gleich, homogen	gleichförmig	homogen
Bruch	halbmuschlig	halbmuschlig	muschlig	halbmuschlig
Härte der Originalsubstanz	2	1	weich	—
Geruch	asphaltisch	streng	asphaltisch	asphaltisch
Wird weich bei	110° C	138° C	72° C	87° C
Fließt bei	116° C	149° C	77° C	92° C
Penetration bei 25° C	0	8	26	0
Charakteristische chemische Eigenschaften.				
Originalsubstanz:				
Verlust bei 100° C in 1 Stunde	—	Spur	—	—
Verlust bei 163° C in 7 Stunden	0,88 Proz.	—	—	—
Charakter des Rückstandes	zersprungen	—	—	—
Verlust bei 205° C während 7 Stunden (frisches Muster)	1,50 Proz.	—	—	—
Charakter des Rückstandes	verschrumpft	—	—	—
Bitumen, löslich in CS ₂ bei Lufttemperatur	75,1 Proz.	—	—	—
Unlösliche organische Beimengung	3,5 "	—	—	—
Anorganische oder mineralische Beimengung	21,4 "	—	—	—
	100,0 Proz.	—	—	—

Trockene Substanz:

Verlust bei 163° C während 7 Stunden	5,3 Proz.	3,0 Proz. glatt	4,4 Proz. glatt	1,1 Proz. glatt	1,0 Proz. blasig
Charakter des Rückstandes	—	—	—	—	—
Verlust bei 205° C während 7 Stunden (frisches Muster)	—	8,2 Proz. runzlig	9,5 Proz. verschrumpft	4,0 Proz. blasig	3,0 Proz. blasig
Charakter des Rückstandes	—	95,0 Proz.	96,0 Proz.	56,4 Proz.	54,1 Proz.
Bitumen, löslich in CS ₂ bei Lufttemperatur	92,2 Proz.	2,5 "	2,0 "	6,7 "	7,9 "
Unlösliche organische Beimengung ¹⁾	6,3 "	2,5 "	2,0 "	36,9 "	38,0 "
Anorganische oder mineralische Beimengung	1,5 "	—	—	—	—
—	100,0 Proz.	100,0 Proz.	100,0 Proz.	100,0 Proz.	100,0 Proz.

Malthene:

Bitumen, löslich in 88° Naphtha bei Lufttemperatur	32,4 Proz.	62,2 Proz.	69,1 Proz.	35,6 Proz.	33,5 Proz.
Dies ist prozentual des gesamten Bitumens	43,1 "	65,4 "	71,9 "	63,1 "	61,9 "
Prozente von löslichem Bitumen durch H ₂ SO ₄ entfernt	60,5 "	62,4 "	67,4 "	61,3 "	64,8 "
Prozente des gesamten Bitumens als gesättigte Kohlenwasserstoffe	17,0 "	24,4 "	23,4 "	24,4 "	21,8 "
Bitumen, löslich in 62° Naphtha	39,6 "	69,2 "	75,9 "	41,7 "	38,2 "
Dies ist prozentual des gesamten Bitumens	52,7 "	72,8 "	79,0 "	73,9 "	70,6 "

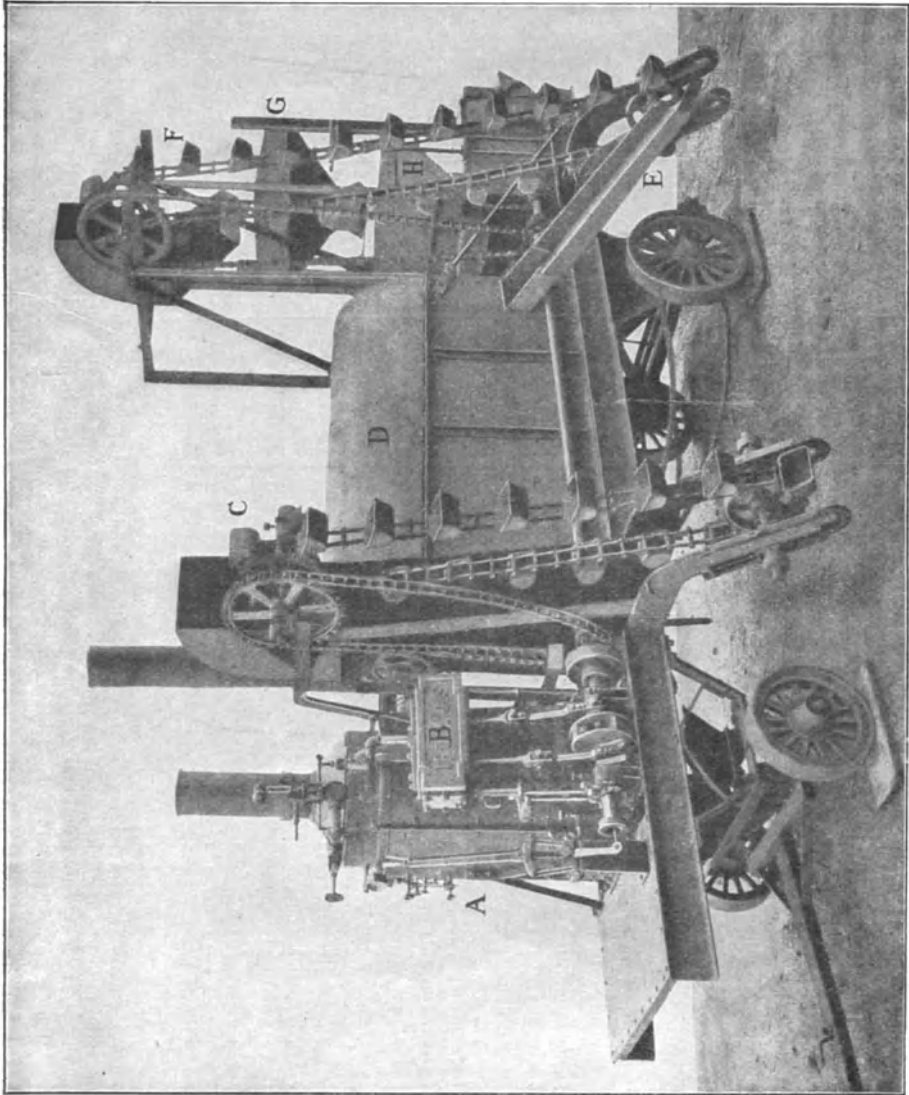
Carbene:

Bitumen, unlöslich in Tetrachlorkohlenstoff bei Lufttemperatur	1,6 "	0,1 "	1,1 "	1,3 "	0,0 "
Das Bitumen ergibt bei Veraschung:	—	—	—	—	—
Festen Kohlenstoff	25,0 "	13,4 "	14,0 "	10,8 "	12,9 "
Schwefel	8,3 "	4,0 "	—	6,2 "	5,0 "
Vegetabilische organische Beimischung	—	—	—	—	—

¹⁾ Nach neueren Untersuchungen von Richardson enthält der Trinidadasphalt keine unlöslichen organischen Beimengungen. Die Annahme von organischen Beimengungen ist dadurch zu erklären, daß man aus der Aschebestimmung das chemisch gebundene Wasser der Mineralbestandteile nicht mit berücksichtigte wodurch eine Differenz zwischen Asche und Unlöslichem bei der Extraktion entstand, die man irrthümlicherweise als organische Beimengungen verrechnet.

Zement auf je $\frac{1}{4}$ cbm Steinschlag und Sand. Diese Betonunterlage soll nach der Herstellung einige Tage liegen, und wenn sie genügend abgebunden hat wird eine Schicht von Asphaltmakadam aufgebracht, auf die dann eventuell noch eine Schicht von Sandasphalt zu liegen kommt. Der Asphaltmakadam

Fig. 91.



Transportable Anlage zur Herstellung von Walzasphalt.

A Dampfessel. B Maschine. C Becherwerk für Stein und Sand. D Trockner. E Ablauf für Trockengut. F Becherwerk für Trockengut. G Meißgefäß für Stein und Sand. H Mischer.

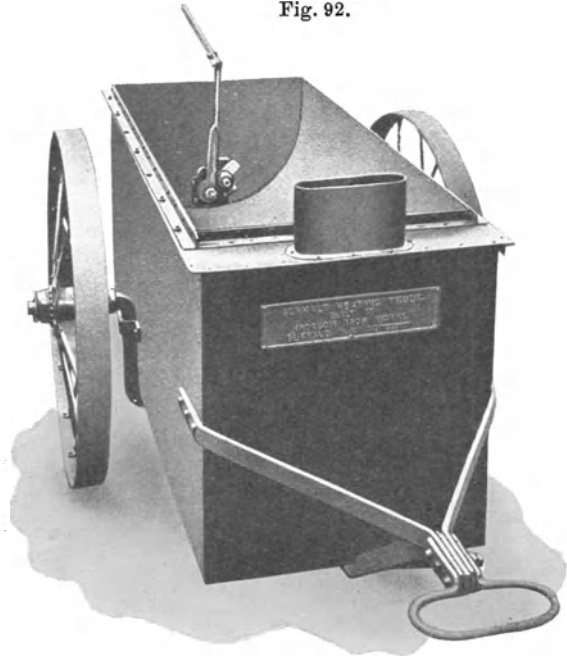
besteht aus Steinen, Sand, Steinstaub nebst Bitumen, der Sandasphalt nur aus Sand, Steinstaub und Bitumen.

Die Herstellung der Mischung geschieht in folgender Weise: Die Materialien müssen gut getrocknet und erhitzt sein, da jede Feuchtigkeit in der Mischung schadet, weil sie das Anhaften des Asphalts am Gestein erschwert und durch Frieren im Winter die Straße beschädigen kann. Das

Trocknen und Erhitzen geschieht in großen Trockentrommeln, die stationär oder transportabel sein können. Die größeren amerikanischen Städte besitzen fast alle eine oder mehrere ständig beschäftigte stationäre Anlagen. Eine transportable Anlage besteht aus folgenden aus Fig. 91 ersichtlichen Teilen: 1. aus Dampfkessel *A* und Maschine *B*; 2. einem Elevator *C* zum Heben von ungetrockneten Steinen und Sand; 3. der Trockentrommel *D* zum Erhitzen und Trocknen derselben; 4. dem Elevator *F* für trockene, heiße Steine; 5. dem Meßgefäß *G* für Steine und Sand und 6. dem Mischer *H* zum Vermischen des Bitumens mit dem Stein- und Sandmaterial.

Während die stationären Anlagen in der Regel gesonderte Trockentrommeln für Sand und Steine besitzen, die dann im gewünschten Verhältnis zusammengebracht werden, haben die transportablen Trockentrommeln häufig nur einen Zylinder zum Trocknen des schon fertig gemischten Stein- und Sandmaterials; der Stein- und Sandmaterial, in der Regel Kalkstaub oder sonstiges feingemahltes Steinmaterial, wird dann erst nach dem Trocknen des Materials, oft auch erst nach dem Zusatz des Bitumens eingearbeitet, da beim Trocknen durch die Wasserdämpfe oder den in der Regel mit verwendeten künstlichen Zug viel von dem leichten Staub mit abgesaugt würde. Das Material soll, wenn es aus der Trockentrommel kommt, nicht nur trocken sein, sondern es muß eine Temperatur von 150 bis 180° besitzen, damit das zugesetzte flüssige Bitumen auch flüssig genug bleibt, um alle Bestandteile umhüllen zu können. Das Aufschmelzen des Bitumens, das gleich fertig geliefert oder auch an Ort und Stelle aus Asphalt und den Flußmitteln zusammengesetzt wird, geschieht bei den stationären Anlagen in der Regel in mit gespanntem Dampf geheizten Kesseln, bei transportablen Anlagen in Kesseln, die direkt mit Feuer geheizt werden, wie ein solcher durch Fig. 92 gezeigt wird. Die Temperatur beim Aufschmelzen des Bitumens soll möglichst nicht über 180° betragen, um einer beginnenden Zersetzung des bituminösen Materials vorzubeugen. Damit man richtige Mengen des Steinmaterials und Bitumens zusammenbringt, eicht man vorher die Gefäße durch Auswiegen derselben mit den Materialien und mißt dann im Betriebe die Mengen einfach ab. Der Transport zu den Meßgefäßen geschieht bei den transportablen

Fig. 92.



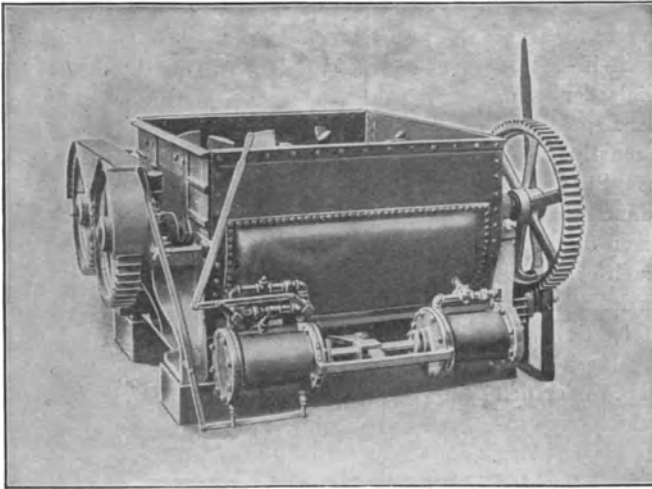
Schmelzkessel für Asphalt.

nur trocken sein, sondern es muß eine Temperatur von 150 bis 180° besitzen, damit das zugesetzte flüssige Bitumen auch flüssig genug bleibt, um alle Bestandteile umhüllen zu können. Das Aufschmelzen des Bitumens, das gleich fertig geliefert oder auch an Ort und Stelle aus Asphalt und den Flußmitteln zusammengesetzt wird, geschieht bei den stationären Anlagen in der Regel in mit gespanntem Dampf geheizten Kesseln, bei transportablen Anlagen in Kesseln, die direkt mit Feuer geheizt werden, wie ein solcher durch Fig. 92 gezeigt wird. Die Temperatur beim Aufschmelzen des Bitumens soll möglichst nicht über 180° betragen, um einer beginnenden Zersetzung des bituminösen Materials vorzubeugen. Damit man richtige Mengen des Steinmaterials und Bitumens zusammenbringt, eicht man vorher die Gefäße durch Auswiegen derselben mit den Materialien und mißt dann im Betriebe die Mengen einfach ab. Der Transport zu den Meßgefäßen geschieht bei den transportablen

wie bei den stationären Maschinen durch Becherwerke, wie sie auf Fig. 91 zu ersehen sind, die sich in den Mischer entleeren. Als Mischer empfehlen sich vor allem Flügelmischer, die eine schnelle und innige Durcharbeitung des Gemenges ermöglichen, wenngleich sie auch ziemlich viel Kraft verbrauchen.

Fig. 93 zeigt einen solchen Mischer in der üblichen Konstruktion. Zur Mischung von je $\frac{1}{4}$ cbm der Masse in einem Flügelmischer sind schätzungsweise 4 bis 6 PS nötig. Rotierende Mischer verbrauchen weniger Kraft, erfordern aber längere Zeit für ein gleich gutes Durchmischen. Die Mischer sind vorteilhaft entweder zum Kippen eingerichtet oder noch besser mit Untenentleerung versehen, damit das Material sofort aus dem Mischer in den Karren fallen kann, der es zur Baustelle transportiert. Das Material muß mindestens noch 120° warm auf der Baustelle anlangen, da es sonst zusammenbäckt und sich nicht gut verarbeiten läßt. Die Baustelle kann jedoch

Fig. 93.



Flügelmischer für Walzasphaltherstellung.

ziemlich weit von der Mischanlage entfernt sein, besonders wenn größere Posten in Frage kommen, die auf einmal zu transportieren sind und wenn der Transportwagen gut gegen Ausstrahlung isoliert ist. So werden in Amerika die fertigen Mischungen von stationären Anlagen aus bis zu 10 und noch mehr Kilometern, in England sogar 20 engl. Meilen, gleich 35 km, weit transportiert. Hier ist natürlich eine gute Isolation der Wagen gegen Wärmeausstrahlung besonders erforderlich. Wesentlich wird man den Verteilungsradius noch erweitern können, wenn man zum Automobilbetrieb greift, wie dies an manchen Stellen bereits geschehen ist. Es ist nur eine Frage der Kalkulation zu entscheiden, wo es aufhört wirtschaftlich zu sein, das Material von einer Zentrale aus durch Wagen zu verteilen und wo die Wirtschaftlichkeit der Errichtung einer stationären Anlage beginnt.

Auch die Transportwagen sind kippbar bzw. mit Untenentleerung versehen, so daß der Inhalt von 1 bis 2 cbm auf einmal entleert werden kann. Sie werden an Ort und Stelle ausgestürzt, dürfen aber nicht auf dem Arbeits-

platz selbst, wo das Material gebraucht wird, entleert werden, sondern einige Meter davon auf einer guten Unterlage aus dünnem Blech, grober Leinwand u. dgl., von der sich das Material leicht abheben läßt. Würde das Material am Ort der Verwendung selbst auf einen Haufen entleert und dann ausbreitet werden, so erlitt der untere Teil desselben eine stärkere Kompression als der obere und es würde selbst bei anscheinend gleichmäßiger Ausbreitung dann immer Stellen geben, die sich beim Walzen weniger komprimieren lassen und als Buckel an der Oberfläche zutage treten.

Das Ausbreiten des Materials auf der Unterlage erfolgt durch Abtragen vom Haufen mit Schaufel und Rechen, vgl. Fig. 94. Ein Abziehen, wie beim Stampfasphalt, ist nicht erforderlich; die Schütthöhe richtet sich nach der Dicke der herzustellenden Schicht. Je feiner das Material ist, mit um so größerer Kompression muß man rechnen. Eine Schicht von 7 bis 8 cm ergibt beim Komprimieren nur eine solche von 4 bis 6 cm, je nach der Feinheit des Materials. Feines Material, wie Sandmischung, komprimiert sich stärker als Makadam Mischung.

Unmittelbar auf das vorschriftsmäßige Ausbreiten des Materials erfolgt dann das Einwalzen desselben, wozu in Amerika ganz allgemein sogenannte Tandemwalzen von 5 bis 8 t Gewicht verwendet werden, wie eine solche durch Fig. 95 dargestellt wird. In Europa dagegen sind vielfach mit gutem Erfolg Dreiradwalzen in Benutzung, die dann natürlich etwas schwerer sein können. Immerhin empfiehlt es sich nicht, wesentlich über 10 t Walzengewicht hinauszugehen, wenn nicht durch besonders breite Räder Gewähr geboten ist, daß die Belastung pro Quadratcentimeter nicht zu hoch wird. In der Regel sind zwei Walzen tätig, von denen die leichtere das Vorwalzen und die schwerere das Nachwalzen besorgt. Auf Makadam bringt man in den meisten Fällen eine dünne Verschußdecke (seal coat, flush coat, squeegee coat), nach den Gummischwappern (squeegee) genannt, mit denen auch bei uns z. B. der Stampfasphalt gereinigt wird und die zum Aufbringen der Verschußdecke dienen. Dieser Überzug hat den Zweck, alle Poren, die noch in der Makadamdecke sein sollten, zu schließen und so das Eindringen von Wasser zu verhindern. Er ist gewissermaßen mit einem Ölfarbenanstrich auf Holz oder Stein zu vergleichen. Zur Herstellung dieser Verschußdecke benutzt man dasselbe Material, wie es zur Makadamherstellung verwendet wird, also den gewöhnlichen Asphaltzement.

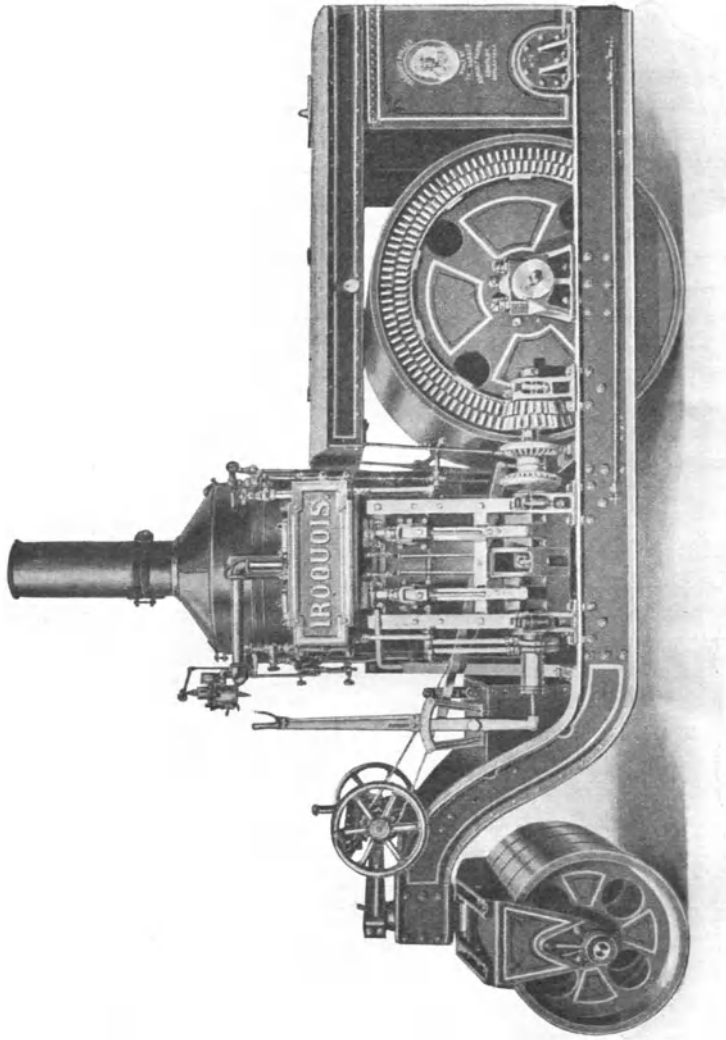
Die Verschußdecke wird am besten aufgebracht, solange die Makadam-schicht noch warm ist. Die Aufbringung erfolgt in der Weise, daß das heiße, auf etwa 150 bis 180° erhitzte Material mit Gießkannen auf die Oberfläche aufgegossen und mit den Gummischwappern oder Besen verteilt wird. Auf jeden Quadratmeter sind etwa 1 bis 2 kg des Materials erforderlich. Darauf streut man eine dünne Schicht von Steinsplitt, walzt ihn ein und entfernt den

Fig. 94.



Asphaltrechen.

Überschuß durch Abkehren. Der Vorteil dieser Verschußdecke liegt in der außerordentlichen Erhöhung der Haltbarkeit und ihre Ausführung sollte wegen der geringen Kosten nie unterlassen werden. Bringt man auf die Makadamschicht eine Sandasphaltschicht, so ist natürlich die Herstellung einer Ver-



Straßenwalze für Walzasphalt.

schlußdecke nicht nötig, da die Sandasphaltschicht als solche genügend dicht und undurchlässig ist.

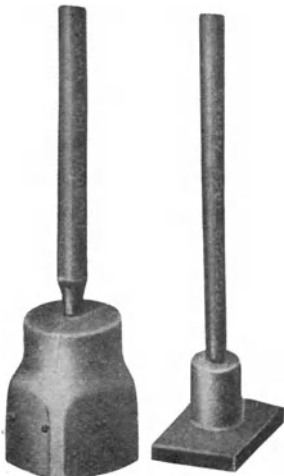
Die Sandasphaltschicht wird genau in derselben Weise aufgebracht wie die Makadamschicht und auch wie diese gewalzt. Alle Anschlüsse an Schleusenköpfe, bestehendes Pflaster und dergleichen werden, da sie im Verkehr etwas mehr Kompression erhalten, etwas dicker aufgeschüttet und durch Stampfer (Fig. 96) mit der Hand vorbearbeitet, ebenso werden alle Anschlüsse an Ecken und Winkel, an die man mit der Walze nicht heran kann, mit der Hand ge-

stampft. Arbeiter, welche noch lockere Schüttung betreten müssen, tragen an den Füßen große, eigenartig geformte Ledersandalen (vgl. Fig. 97), die ein Einsinken in die noch weiche Masse verhindern. Schließlich wird über die ganze Fläche noch ein feiner Überzug von gepulvertem Zement gegeben, der den Zweck hat, der Straße ein besseres und gefälligeres Aussehen zu geben und Anschlüsse, die in der Zeit, bevor sie der Verkehr ausgewalzt hat, manchmal noch etwas sichtbar sind, zu verdecken. Er kann ohne irgend welchen Nachteil auch weggelassen werden.

Fig. 98 zeigt den Querschnitt durch eine Walzasphaltstraße, in der man die Binderschicht deutlich von der Sandasphaltschicht unterscheiden kann. Die Aufnahme ist direkt einem Stück der verkehrsfertigen Straße entnommen, gibt also die Verhältnisse ganz naturgetreu wieder. Läßt man die Deckschicht aus Sandasphalt fort, so erhält man den gewöhnlichen Asphaltmakadam, dessen Querschnitt durch Fig. 99 schematisch wiedergegeben ist; man erkennt in der Figur die diese Konstruktion abschließende, dünne Verschußdecke aus Asphalt und Sand.

Für den Bau von Walzasphaltstraßen sind je nach der Art des verwendeten Materials und den Anforderungen, die an die Herstellung und an die Straße im Verkehr gestellt werden, verschiedene Systeme im Gebrauch. So wurde

Fig. 96.



Stampfer für Walzasphalt.

Fig. 97.



Sandalen für Arbeiter bei Walzasphaltarbeiten.

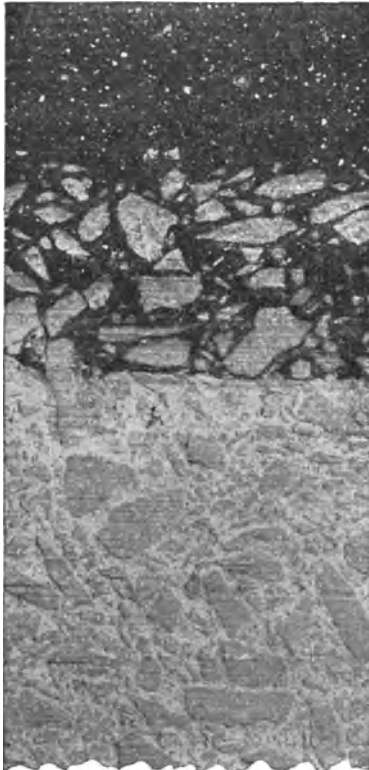
namentlich in früheren Jahren eine Art Makadam bevorzugt, der sogenannte offene Binder, bei dem die Steine nur mit Asphalt überzogen und ohne jedes Ausfüllungsmaterial, wie Sand oder Staub, eingewalzt wurden. Diese Konstruktion hatte den Nachteil, daß im Inneren der Straße Hohlräume blieben, in denen sich Wasser ansammeln und die Straße durch Frost zerstören konnte und die den Steinen Spielraum gaben, sich zu bewegen und aneinander zu reiben, wodurch die Straße gleichfalls leichter zerstörbar wurde. Die Konstruktion ist, da sie weniger Material an Bitumen, Sand und Gestein erfordert, etwas billiger, aber seit dem Aufkommen des sogenannten geschlossenen Binders, wie er oben beschrieben worden ist, bei dem die einzelnen Zwischenräume mit Sand und Staub ausgefüllt werden, mehr und mehr verlassen worden.

Eine weitere Ausführungsform, die namentlich in der Neuzeit weger ihrer leichten Anwendbarkeit viel Anklang gefunden hat, ist das sogenannte Tränk- oder Penetrationsverfahren. Es hat den außerordentlichen Vorteil, daß es fast ohne jede Maschine und ohne das umständliche Trocknen

ausgeführt werden kann. Sein Nachteil besteht darin, daß es nur offenen Binder liefert, daß also die Steine ohne jedes Füllmaterial aneinander liegen; dennoch erfreut es sich namentlich für Landstraßen, bei denen der Verkehr nicht so schwer ist, einer steigenden Beliebtheit, wie sich aus nachstehender

Aufstellung über die Straßenbauten in den acht Weststaaten der Union ergibt:

Fig. 98.



Sandasphaltschicht oder Abnutzungsschicht.

Binderschicht.

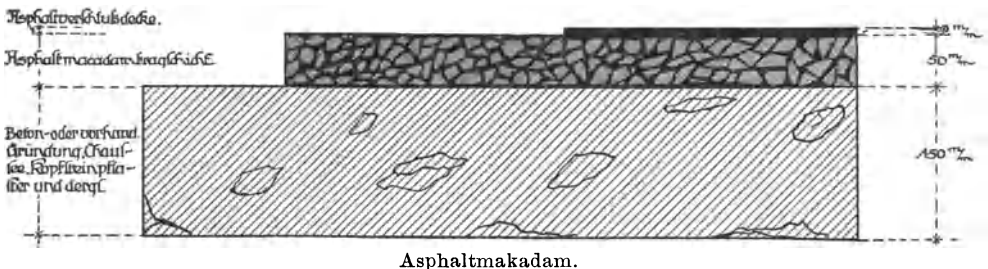
Betongründung oder alter Straßenunterbau.

Schnitt durch eine Walzasphaltstraße.

Es wurden verlegt im Jahre	Bituminöser Makadam nach dem	
	Tränkverfahren	Mischverfahren
1908 . . .	52 667	47 234
1909 . . .	1 878 963	297 198
1910 . . .	4 330 061	493 743
Im ganzen	6 261 691	838 175

Die Ausführung der Arbeit nach dem Tränkverfahren geschieht wie folgt: Nachdem das Unterbett der Straße hergestellt ist, bringt man darauf eine Schicht Steine von 2 bis 4 cm Durchmesser, breitet sie gut aus und walzt sie einmal leicht ein, so daß sie ihre endgültige Lage behalten und sich nicht mehr verschieben. Auf dieses Steinbett gießt man dann den Asphaltzement. Die Arbeit kann natürlich nur bei warmem und trockenem Wetter

Fig. 99.



geschehen und sie ist deshalb mehr von der Witterung abhängig, als die nach oben beschriebener Methode, nach der der Sand und die Steine vorher getrocknet und mit Asphalt gemischt werden. Sind die Steine feucht, so haftet der Asphaltzement nicht an denselben und sie schieben sich unter Verkehr wieder los. Um ein möglichst vollständiges Umhüllen der Steine zu erreichen, muß

das Material sehr flüssig sein, was man dadurch erzielt, daß man den Asphaltzement weicher macht, als er zur Mischungsmethode nötig ist. Während der Asphalt für die Mischungsmethode eine Penetration von etwa 50 besitzt, hat der Asphalt, wie er zur Penetrationsmethode gebraucht wird, eine solche von etwa 100 bis 150. Das Ausgießen des Materials, das eine Temperatur von 150 bis 180° hat, geschieht durch besonders ge-

formte Kannen (Fig. 100 und 101) mit weitem Ausguß; für den Quadratmeter verwendet man je nach der Dicke der aufgetragenen Steinschicht etwa 6 bis 10 kg. Für diesen Zweck eignen sich Asphaltzemente besser, die wenig Unlösliches enthalten, da sie dünnflüssiger sind und leichter

in das Steinbett eindringen. Kannen zur Aufbringung des heißflüssigen Asphalts. Nach dem Aufbringen des Asphalts erhält die Straße eine Schicht von Feinschlag von 1 bis 2 mm Dicke. Darauf wird die Straße endgültig gewalzt, bis keine gegenseitige Schiebung der Steine mehr erfolgt und eine möglichst innige Berührung und

Fig. 100.



Fig. 101.



Fig. 102.



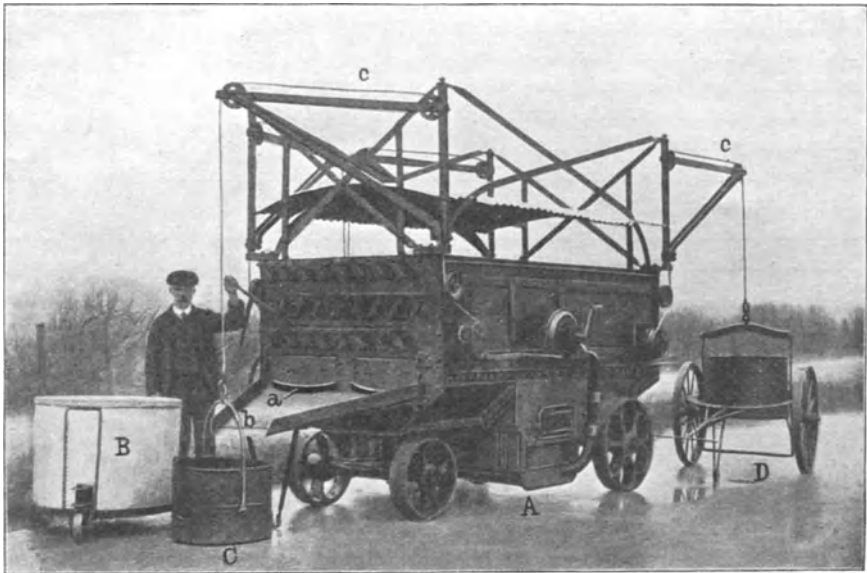
Herstellen der Binderschicht nach der Durchtränkungsmethode.

Verteilung des eingegossenen Asphalts in dem Steinmaterial erreicht ist. Der aufgetragene Feinschlag soll sich dabei in die Lücken der Steine eindringen und so als Füllmittel dienen, um zugleich eine möglichst glatte Oberfläche zu ergeben. Der Überschuß des Steinmaterials wird abgekehrt und die Oberfläche mit einer Verschußdecke, wie sie oben geschildert wurde, versehen (vgl. Fig. 102). Die Verschußdecke besteht aus demselben Asphaltzement, aus dem die Straße hergestellt wurde und es sind pro Quadratmeter

1 bis 2 kg Material erforderlich. Sie wird mit dem abgekehrten Feinschlag bedeckt und gleichfalls gewalzt, genau wie bei der Herstellung von Asphaltmakadam nach der Mischungsmethode, worauf die Straße für den Verkehr fertig ist.

Zum Überziehen des Steines mit dem Bindemittel gibt es verschiedene Spezialverfahren. Es sei hier die Tauchmethode erwähnt, nach der die Steine vorher getrocknet und in heißem Zustande in eisernen Körben in das erhitze Asphaltmaterial eingetaucht werden, wobei sie sich damit überziehen (vgl. Fig. 103). Der Korb wird herausgezogen, so gut wie möglich abtropfen lassen, an Wagen gehängt und an die Verbrauchsstelle transportiert. Das Material wird ausgekippt, die Masse ausgebreitet, gewalzt und sonst behandelt

Fig. 103.



Ausführung der Tauchmethode.

A Fahrbare Steintrockner mit beweglichen Trockenrosten. a Entleerungsöffnungen. b Einfüllrinne. c Krane. B Kessel für den heißflüssigen Asphalt. C Tauchkorb zur Aufnahme des zu tränkenden Steinschlages. D Karren zum Transport der Körbe nach der Arbeitsstelle.

wie die gewöhnliche Makadam Mischung. Dieses Verfahren ist natürlich gleichfalls nur für offenen Binder bzw. offenen Makadam brauchbar.

Die Herstellung von Walzasphaltstraßenflächen hat für die Städte in Amerika eine so außerordentlich hohe wirtschaftliche Bedeutung erlangt, daß viele Städte, sowie die größeren Unternehmer selbst, besondere Bedingungen erlassen haben, in denen genaue Vorschriften über die Materialien und ihre Verarbeitung gegeben sind.

Umständlich ist bei den Mischmethoden das Heizen des Stein- und Sandmaterials, und es hat nicht an Versuchen gefehlt, die auch teilweise erfolgreich waren, das Mischen zu umgehen. Die oben geschilderte Penetrationsmethode stellt einen solchen Versuch dar. Weitere Versuche gingen darauf aus, den Stein nicht zu heizen, sondern nur die Oberfläche zu trocknen und anzuwärmen und ihn dann mit dem Asphaltmaterial zu mischen. In diesem Falle muß man natürlich ein etwas weiches Asphaltmaterial, wie es etwa

zur Durchtränkungsmethode gebraucht wird, verwenden, um ein vorzeitiges Erstarren zu verhindern. Man hat auch versucht kaltes und ungetrocknetes Steinmaterial zu verwenden, und trotzdem ein Anhaften des Asphaltmaterials an der Oberfläche des Steinmaterials, das im feuchten Zustande des Steines nicht erfolgen würde, zu ermöglichen. Hierher gehören Versuche, die Oberfläche erst mit leicht siedendem Mineralöl zu benetzen, um dem Asphalt einen Halt an dem Stein zu geben. Ein solches Ausführungsverfahren ist als „Amiesitverfahren“ in Amerika bekannt. Diese Arbeitsweise ist natürlich nur da möglich, wo Mineralöle billig zu haben sind. Weitere Versuche in dieser Richtung sind dahin gegangen, wässrige Emulsionen von Asphaltmaterialien zu verwenden, die man durch Mischen einer Lösung von Asphalt in Mineralölen mit Seifenlösungen herstellte und mit der man direkt die nassen Steine überzogen hat. Durch Säuren wurde die Emulsion zerstört und der Asphalt abgeschieden. Er setzt sich auf den Steinen fest, das Material wird auf die Straße gebracht, etwas abtrocknen lassen und gewalzt. Hierher gehören die Verfahren, die von den Gebr. van Westrum ausgeführt werden, sowie das Verfahren von Zimmer (D. R.-P. Nr. 256 573), das im Besitz der Aktiengesellschaft für Asphaltierung und Dachbedeckung, vorm. Joh. Jeserich, ist. Auch das Verfahren der Asphalturit-Gesellschaft ist hier mit anzuführen.

Auch hier gehen, wie bei der Ausführung von Stampfasphalt- und Gußasphaltarbeiten, andere Verfahren darauf aus, die Straßendecke gewissermaßen schon in der Fabrik fertig zu machen und stückweise aufzutragen. Das sind die Verfahren, die mit Blocksteinen oder Platten arbeiten. Hier fällt natürlich das Walzen weg und an seine Stelle tritt eine Kompression durch Pressen. Das Verfahren hat den Vorteil, daß man es für geschlossenen Binder anwenden kann, kommt aber verhältnismäßig ziemlich teuer, da man einmal die Frachten für Sand- und Steinmaterial, das sonst meist an Ort und Stelle zu finden ist, mit tragen muß, und es ferner eine sehr sorgfältige Fundierung, in der Regel Beton und verhältnismäßig viel Handarbeit erfordert. Die Verlegung geschieht in folgender Weise:

Die Platten oder Blöcke werden in ähnlicher Weise wie Stampf- oder Gußasphaltplatten auf einer Zementbetonunterlage in Zement verlegt und die Fugen mit feinem Sand ausgefüllt; man überläßt es dem Verkehr, die Vereinigung derselben zu vollenden. Derartige Formstücke haben den Nachteil, daß sie nur mit verhältnismäßig hartem Bitumen von etwa 15 bis 30 Penetration hergestellt werden können, damit sie den Transport von der Fabrik bis an die Verbrauchsstelle vertragen; sie sind infolgedessen nicht so geschmeidig wie Asphaltmakadam, bei dem man das Bitumen beliebig weich machen kann, so daß Beschädigungen durch Pferdehufe und Rädereindrücke durch den Verkehr rasch wieder ausgeglichen werden. Sie eignen sich nur für Villenstraßen mit leichtem Verkehr, Bürgersteige, Hausflure, Fabrikräume und dergleichen, wo die Aufstellung einer größeren transportablen Misch- und Trockenanlage sich nicht lohnen würde.

Das Material zur Herstellung dieser Asphaltblocksteine setzt sich zusammen aus 6 bis 8 Proz. Bitumen und dem Rest von über 90 Proz. an gebrochenem Steinmaterial, am besten Basalt, der in solcher Form angeliefert wird, daß die größten Teile nicht über 10 mm Durchmesser haben; der Rest des Füllmaterials besteht aus überaus feinem Staub, aus Kalksteinmehl,

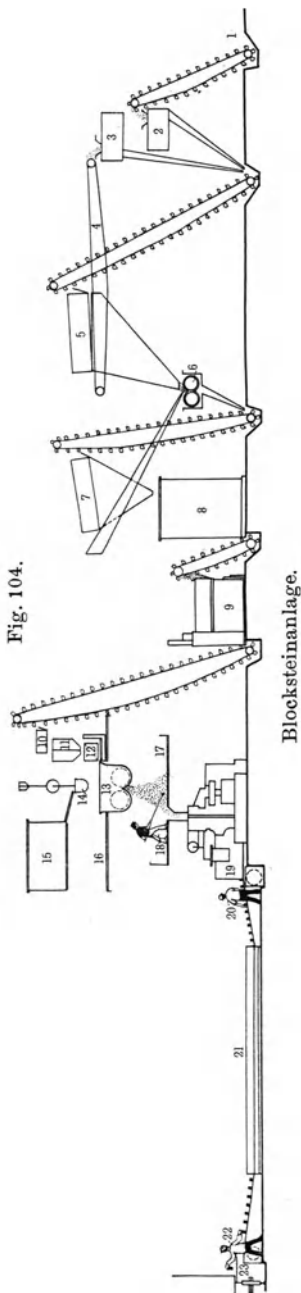
Zement oder einer Mischung beider. Die Zubereitung des Asphaltzements aus Asphalt und Öl muß mit großer Vorsicht geschehen. Der Asphalt wird abgewogen, geschmolzen und auf eine Temperatur von etwa 180°C gebracht. Das Öl, das ebenfalls vorher erhitzt worden ist, läßt man langsam nach und nach in das Schmelzbassin für den Asphalt ein. Die beiden Materialien werden dann mit Luft oder Dampf bis zur vollkommenen Vermischung durchgerührt, was ungefähr 3 bis 4 Stunden in Anspruch nimmt.

Fig. 104 zeigt eine vollständige Anlage zur Herstellung der Asphaltblocksteine, einschließlich der Hartzerkleinerungseinrichtung in schematischer Darstellung. Es bezeichnet: 1. die Schotterzuführung, 2. den Grobbrecher, 3. den Feinbrecher, 4. das Quertransportband für das Rohmaterial, 5. das Sieb Nr. 1, 6. die Brechwalzen, 7. das Sieb Nr. 2, 8. das Vorratsgefäß, 9. die Trocken- und Heiztrommel, 10. das Sieb Nr. 3, 11. das Meßgefäß, 12. die Wage, 13. den Mischer, 14. das Asphaltwiegegefäß, 15. den Asphalttank, 16. die Mischerbühne, 17. die Füllbühne, 18. den Arbeiter für Zuführung und Kontrolle der Mischung, 19. die Presse, 20. die Kontrolle der fertigen Blöcke, 21. den Kühltrog, 22. die Verladung der fertigen Blocks und 23. das Quertransportband für die fertigen Steine.

Das Basaltgestein gelangt nach dem Verlassen der Hartzerkleinerungsanlage gesichtet in Grob- und Feinmaterial nach den entsprechenden Vorratsbehältern, aus denen es durch sein eigenes Gewicht den auf der Wage montierten Meßgefäßen zugeführt wird. Das Feinmaterial enthält selten Teilchen von mehr als 2 mm Durchmesser. Das heiße Steinmaterial wird darauf in geeigneter Mischung entsprechender Mengen grober und feiner Körnung und Staubes dem Mischer zugeführt.

Der Mischer besteht aus einem viereckigen stählernen Gefäß mit halbkreisförmigem Boden, durch dessen Mitte zwei horizontale vierkantige Wellen mit Schaufeln oder Zähnen gehen. Die Zähne stehen abwechselnd halbrechts oder halblinks gedreht und sind so auf den Wellen angebracht, daß sie beim Drehen der letzteren das Material horizontal nach der Mitte zu durcharbeiten

und es gleichzeitig auch vertikal durcheinander schleudern. Nachdem feines und grobes Material sich zusammen mit dem Staub in dem Mischer befinden, läßt man den Asphaltzement zufließen oder gießt ihn direkt in die warme trockene Mischung.



Nachdem die Mischung 2 bis 3 Minuten gut durchgearbeitet ist, stellt sie eine vollkommen homogene Masse dar, die aus dem Bodenschieber abgelassen, fertig zum Pressen ist. Die Blockpressen werden durch elektrische Kraft oder Dampfmaschinen betrieben und die heiße Mischung, wie sie in das Formgefäß fällt, wird darin einem Druck von 120 t unterworfen. Dieser Druck wird der Ober- und Unterfläche und den beiden Seiten des Blocks durch vier Federn, also allseitig gleichmäßig übermittelt.

Die heiße Mischung wird im Kippwagen auf eine Plattform über der Presse gebracht und von hier in einen Fülltrichter geschaufelt, der sie nach den Formen führt, wenn die Presse in Betrieb gesetzt wird. Nach dem Aufhören der Federwirkung wird der fertige Block vorwärts bewegt und fällt auf eine geneigte Eisenplatte, wo er durch einen Arbeiter aufgefangen, gemessen und geprüft wird. Wenn er keine gute Form oder sich verzogen hat, wird er verworfen. Sobald er jedoch den Maßen entspricht, wird er auf ein Transportband gelegt und zur Kühlung durch ein Wasserbassin geführt. Nach dem Verlassen des Wasserbades, in dem die Blocks 15 bis 20 Minuten verbleiben, werden sie wiederholt gemessen, mittels Quertransportbändern auf Wagen gebracht und verfrachtet. Ein Ansatz von 675 kg der Mischung ergibt 70 bis 80 Blocks und eine Anlage von fünf Pressen besitzt eine Leistungsfähigkeit von 20 000 bis 30 000 Asphaltblöcken bei zehnstündiger Arbeitszeit.

Die Asphaltpreßlinge können natürlich in jeder beliebigen Form hergestellt werden und es ist leicht möglich, sie auch in Form von großen Platten anzufertigen, die an Stelle der Stampfasphaltplatten treten. Solche Platten haben etwa ein Ausmaß von 25×25 cm bei einer Dicke von 3 bis 5 cm, je nach den Ansprüchen. Die Platten eignen sich besonders zur Herstellung von Fußwegen, Hausfluren, Korridoren usw., da es sich hier bei dem verhältnismäßig leichten Verkehr nicht lohnen würde, die starken Asphaltblöcke zu verlegen. Infolge ihrer wesentlich größeren Abmessungen kann ein Mann in kurzer Zeit auch eine größere Fläche bedecken, als mit den Blocksteinen. Einen Nachteil haben sie insofern gegenüber den Blocksteinen, als sie beim Versand infolge ihrer großen Dünne nicht so widerstandsfähig sind wie die Blocksteine; auch muß beim Aufstapeln im Sommer darauf geachtet werden, daß durch eine Sandschicht zwischen den einzelnen Lagen ein Zusammenbacken verhindert wird und die Stöße an den Seiten durch eine Wand begrenzt sind, um ein Deformieren der Platten zu verhüten.

Nachdem wir nun in vorstehenden Ausführungen die verschiedenen Verfahren kennen gelernt haben, nach denen der Bau von Walzasphaltstraßen erfolgen kann, bleibt die berechtigte Frage zu beantworten, welche dieser Konstruktionen sich bei den verschiedenartigen Ansprüchen, die der Verkehr an eine gute Oberflächenbefestigung stellt, in den einzelnen Fällen jeweils zur Anwendung empfiehlt. Es würde zwecklos sein, die teuerste Konstruktion aus Betonfundament, Binder- und Oberflächenschicht bestehend, für Land- oder Vorortsstraßen anzuwenden und andererseits würde eine Straße nach der Penetrationsmethode ausgeführt, dem Verkehr in einer Stadt unter sehr schwerer Beanspruchung nicht lange standhalten. Es wird im allgemeinen etwa folgende Auswahl zu empfehlen sein:

Für städtische Straßen mit sehr schwerem Verkehr Walzasphaltstraßen, bestehend aus Binderschicht und Tragschicht, entweder auf gutem alten Makadam, gut ausgeglichenem alten Steinpflaster oder auf Betonfundament. Solche

Konstruktionen liegen z. B. in Newyork auf der 5. Avenue und in London auf dem Themse Embankment, die einen stündlichen Verkehr von 1200 bis 1500 Geschirren haben, also eine Beanspruchung, die selten vorkommt. Für städtische Straßen mit geringem Verkehr und Vorortsstraßen wird man mit Asphaltmakadam auskommen, und für Landstraßen wird die Penetrationsmethode angebracht sein; schließlich genügt auch für Landstraßen und Vorortsstraßen, die schon mit Makadam versehen sind, eine Oberflächenasphaltierung mit flüssigem Asphalt, wie sie später geschildert werden soll. Jene Fälle, bei denen sich eine Oberflächenbefestigung durch den Einbau von Blockasphalt oder Asphaltplatten empfiehlt, sind schon bei der Besprechung der Herstellung dieser Materialien erwähnt worden.

Der große Vorzug des Walzasphalts besteht vor allem in seiner einfachen Herstellung und in seiner Billigkeit gegenüber anderen Asphaltkonstruktionen. Er braucht kein Betonfundament wie Stampf- oder Gußasphalt, wenn auch ein solches, namentlich bei schwerem Verkehr in städtischen Straßen, wünschenswert ist. Er gewährleistet eine glatte, fugenlose Oberfläche, ohne glatt zu sein wie Stampfasphalt. Infolge der glatten Oberfläche läßt er sich sehr gut reinigen, was einmal durch Ersparnis von Arbeitskräften, zum anderen aber hygienisch von großer Bedeutung ist. Nach sorgfältigen Ermittlungen, die von der Stadt Newyork angestellt wurden, betragen die Reinigungskosten der verschiedenen Pflasterungsarten, ausgenommen Stampfasphalt, der dort, wie überhaupt in Amerika infolge Mangels an geeignetem Rohmaterial fehlt, in Prozenten:

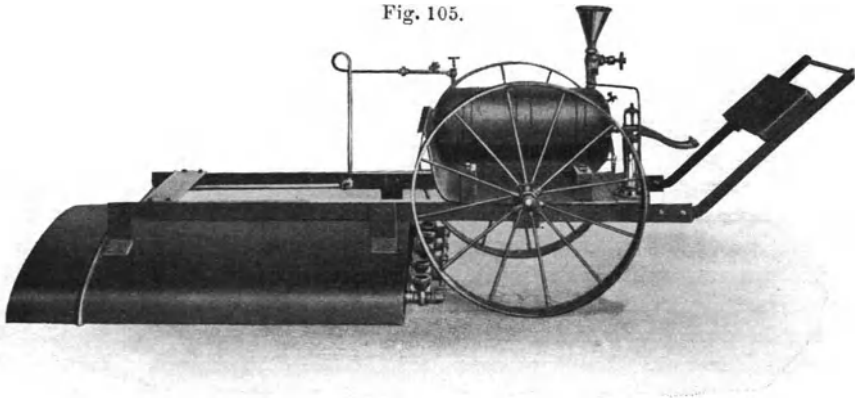
	Verhältnis
Walzasphaltpflaster	100
Holzblockpflaster, neu	105
Asphaltblockpflaster	115
Ziegelpflaster	120
Holzblockpflaster, alt	125
Medinablockpflaster	130
Granitblockpflaster	140
Belgisches Blockpflaster	150
Gewöhnliches Steinpflaster	300
pro Einheit vergleichsweise.	

Für Zugtiere hat sich der Walzasphalt als sehr sicher erwiesen. Er zeigt nicht die Glätte des Stampfasphalts, namentlich bei nassem Wetter und kann infolgedessen auch für viel steilere Steigungen angewendet werden, während man bei Stampfasphalt nicht über 1:70 geht, kann man bei Walzasphalt mit Steigungen 1:20 rechnen. Eine längere Reihe von Beobachtungen in zehn verschiedenen Städten während 192 Tagen, bei denen 800 000 Pferde beobachtet wurden, ergab, daß ein Pferd 938,04 km läuft, bevor es auf Asphalt fällt, dagegen nur 664,52 km, sobald Steinpflaster in Frage kommt; nach ähnlichen Beobachtungen an verschiedenen anderen Orten kamen auf Steinpflasterkonstruktionen etwa 40 Proz. Zugtiere mehr zu Fall als auf den Walzasphaltstraßenoberflächen. Von 36 000 Pferden, die in Newyork während einer Woche die beiden gleichen Straßen passierten, fielen auf Walzasphalt nur fünf, auf Holzpflaster dagegen 29. Auch die Leistungsfähigkeit der Zugtiere wird auf Asphaltstraßen gegenüber gewöhnlichem Makadam oder Steinpflaster bedeutend erhöht. So ist zum Fortbewegen eines Wagens auf

einer Walzasphaltfläche nur ein Fünftel der Arbeit nötig wie zum Transport auf Steinstraßen und etwa ein Zwölftel von der beim Transport auf Kies- und Sandwegen. Die Zugtiere können dementsprechend mehr leisten und werden weniger ermüdet. Es werden ferner noch gegenüber gewöhnlicher Pflasterung ein Drittel bis ein Halb der Reparaturkosten der Geschirre gespart, ebenso an Abnutzung der Hufbeschläge.

Auch die Unterhaltungskosten für Walzasphalt sind relativ gering. So ist in Washington z. B. auf Grund der Untersuchungen von Kapitän Newcomer vom Ingenieurkorps der Armee an einer Fläche von $2\frac{1}{2}$ Mill. Quadratmeter Walzasphalt festgestellt worden, daß die durchschnittlichen Kosten in dem Zeitraum vom 5. bis zum 10. Jahre an Walzasphaltstraßen nicht ganz 7 ₡ pro Quadratmeter betragen, vom 10. bis zum 15. Jahre etwa 14 ₡ pro Quadratmeter, vom 15. bis zum 20. Jahre etwa 15 ₡ pro Quadratmeter und vom 20. bis zum 25. Jahre etwa 11 ₡ pro Quadratmeter. Die durchschnittlichen Kosten wären demnach pro Jahr noch nicht 12 ₡ pro Quadratmeter.

Fig. 105.



Oberflächenheizer.

Reparaturen an Straßendecken werden in einfachster Weise so vorgenommen, daß man das schadhafte Material ausschlägt, bis man an gesundes Material kommt und bei kleinen Beschädigungen den Fleck vorläufig mit Gußasphalt ausfüllt, bis es sich lohnt, bei größeren Reparaturen den Apparat zum Trocknen, Erhitzen und Mischen der Steine und die Dampfwalze in Funktion zu setzen, wobei diese Flecke dann wieder herausgeschlagen und durch Walzasphalt ersetzt werden. Sehr gute Dienste leisten hierbei Oberflächenheizer (Fig. 105), die mit großen Gebläseflammen arbeiten und mit Benzin betrieben werden. Ein Schild über der Flamme leitet die Hitzestrahlen nach unten, wodurch die Straßenoberfläche aufgeweicht wird. Das aufgeweichte Material wird entfernt, bis man auf unbeschädigte Masse stößt und der Fleck mit der Makadammasse oder auch mit der Sandasphaltnischung, je nach der Art der Ausführung, ausgefüllt und festgestampft.

Der Walzasphalt an sich ist eine Konstruktion, wie sie überall in den Vereinigten Staaten unter dem Namen Sheetasphalt, Asphaltmakadam und dergleichen ausgeführt wird. Es konnte nicht ausbleiben, daß sich daneben noch Spezialverfahren ausgebildet haben, die, zum Teil mit Phantasienamen belegt, nichts weiter als dasselbe mit ganz geringen Abweichungen sind. Das

sogenannte Amiesitverfahren haben wir weiter oben bereits kennen gelernt. Das Warrenitverfahren beruht darauf, eine bestimmte Stein-Sandmischung anzuwenden, die ein Minimum von Hohlräumen enthält. Das Sarcoverfahren geht von einem geblasenen Bitumen, hergestellt aus Ölasphalt, aus. Auch in Europa, vor allem in England, sind verschiedene Spezialverfahren bekannt geworden, über deren Arbeitsweise anlässlich des Baues einer Versuchsstraße in Sidcup in der Nähe von London, wo 22 verschiedene Straßenbefestigungsarten nebeneinander ausgeführt und geprüft wurden, Näheres bekannt wurde. Es seien nachstehend einige dieser Verfahren angeführt:

Cormastic. Cormastic besteht aus Feinschlag von Granit oder Basalt von 6 bis 10 mm Durchmesser, scharfem Sand, gepulvertem sizilianischen Asphalt von ungefähr 10 Proz. reinem Bitumen und Portlandzement. Als Binder dient Kubaasphalt, der durch Zusatz von Öl auf die nötige Penetration gebracht ist. Bei seiner Anwendung wird die Straße gut abgekehrt und mit einer Bitumenlösung bestrichen. Das Gemisch der Bestandteile wird im dickflüssigen Zustande, wie Gußasphalt, von den Heiz- und Mischkesseln abgezogen und in einer Schicht von mindestens 2 cm aufgetragen. Die Masse wird dann genau wie Gußasphalt mit Handbrettern verteilt, und schließlich noch mit einer 3 t-Walze gewalzt. Es ist also im wesentlichen ein Gußasphalt mit Hilfe von Kubaasphalt und sizilianischen Asphaltsteinen aus bituminösen Bestandteilen hergestellt.

Lithomac. Die Ausgangsmaterialien sind gebrochener Granit oder ein ähnliches hartes Steinmaterial in den Größen von 1 cm, 12 mm, 18 mm und 25 mm, scharfer Quarzsand und Kalksteinpulver. Die Materialien werden getrocknet und mit geschmolzenem Bitumen vermischt, dann auf die Straße aufgebracht, mit Eisenrechen verteilt und gewalzt. Lithomac ist also nicht wesentlich vom gewöhnlichen Asphaltmakadam verschieden.

Roadamant. Die Ausgangsmaterialien des Roadamantverfahrens sind raffinierter Trinidadasphalt, natürlicher Asphaltstein, feiner Steinsplitt und eine sogenannte Roadamantmischung, größtenteils aus Zement bestehend. Der Steinsplitt hat eine Größe von etwa 6 mm. Nach dem Verfahren werden Trinidadbitumen und gepulverter Asphaltstein in Kesseln geschmolzen, getrockneter Kies oder Steinsplitt und die Roadamantmischung zugefügt. Die flüssige Mischung wird ausgeschöpft und genau so verlegt wie Gußasphalt.

Rádoleum ist der Name eines Produktes, das von der Anglo-American Oil Company in den Handel gebracht wird und das aus dem geblasenen Rückstande eines Petroleums von teilweiser Paraffin- und Asphaltbasis besteht. Es soll einen Flammpunkt von über 260°C haben. Es wird genau so angewendet wie jedes andere Bitumen und man kann den Stein damit nach der Misch-, Tauch- oder Tränkmethode behandeln.

Neuntes Kapitel.

Straßenteerung und Teermakadam.

Die Vorzüge der bituminösen Straßenoberfläche sind so in die Augen springend, daß es schon früher nicht an Versuchen gefehlt hat, gewöhnlichen Makadamstraßen durch Behandlung mit Bitumen wenigstens einige der Vorzüge von Asphaltstraßen zu geben. Schon lange, ehe die Asphaltstraßen ihren Siegeszug durch die Welt antraten, hatte man in England versucht, durch Verwendung von Steinkohlenteer, des einzigen bituminösen Materials, das damals in größerer Menge erhältlich und bekannt war, den Straßen eine gegen Wasser und mechanische Einflüsse widerstandsfähige, staub- und geräuschlose Oberfläche zu verleihen, ohne daß jedoch von diesen Versuchen zunächst allzuviel auf dem Kontinent bekannt wurde. England besaß zu jener Zeit schon eine Leuchtgasindustrie von gewaltigem Umfang und war genötigt, für den dabei als Nebenprodukt entfallenden Teer geeignete Verwendung zu suchen. Die Bestrebungen, den damals für solche Zwecke unerschwinglich teuren Naturasphalt durch Kunstprodukte zu ersetzen, sind bekannt.

Die Verwendung des Teers im Straßenbau auf dem Kontinent verdankt man in erster Linie den Bemühungen von Guglielminetti in Paris, der hier zuerst auf die Oberflächenbehandlung mit Teer hinwies, um damit die Staubplage zu bekämpfen. Die Staubplage wurde um so mehr aktuell, als infolge der Verbreitung des Automobilverkehrs die Straßen ganz anderen Beanspruchungen ausgesetzt wurden als früher. Bei Wagen, die von Zugtieren bewegt werden, geht der Antrieb von den Hufen der Zugtiere aus, die zwar ebenfalls eine gewisse Beanspruchung der Straße bedingen, die aber ganz anderer Art als bei den automobilen Fahrzeugen ist. Beim Fahrzeug, dessen Antrieb wie hier direkt durch die Räder erfolgt, ist stets eine reibende und abschürfende Wirkung derselben gegen die Straßenoberfläche vorhanden und diese wird erhöht, wenn dazu noch eine Saugwirkung kommt, wie sie durch den elastischen Gummi der Bereifung ausgeübt wird. Wie groß diese Saugwirkung ist, sieht man am besten an einer durch Regenwetter aufgeweichten Straße. Ein mit einiger Geschwindigkeit darüber fahrendes Automobil saugt dann förmlich um die Steine herum den Schlamm auf, so daß sie manchmal 1 cm und noch mehr hervorstehen. Die frühere Art der Befestigung des sogenannten wassergebundenen Makadams konnte diesen Anforderungen nicht mehr gerecht werden und man mußte eine andere Art der Befestigung wählen oder wenigstens die bisherige in geeigneter Weise verstärken.

Einen gewissen Schutz bot schon das Ölen der Straße mit Petrolölen (Westrumit). Dadurch wurde zunächst die Staubentwicklung im Sommer

verhindert, und gleichzeitig auch die Angreifbarkeit der Straßenoberfläche durch Feuchtigkeit herabgesetzt, da die ölgetränkten Oberflächen naturgemäß weniger Wasser aufnehmen, als gewöhnliche Makadamstraßen. Eine eigentliche Verstärkung der Straßenoberfläche war von dem Öle jedoch nicht zu erwarten, da es die Festigkeit der Straßenoberfläche selbst nicht erhöht. Eine solche wurde erst erzielt durch die Behandlung der Straße mit Stoffen, die eine wirklich feste Haut darauf zurückließen, in der die einzelnen Sand- und Staubpartikelchen fest eingebettet waren, wie sie in der Oberflächenteerung der Straße vorliegt.

Die Vorzüge der Straßenteerung bestehen nach einem Bericht von Le Gavriant¹⁾ darin, daß in der trockenen Jahreszeit die Abnutzung der Straße merklich vermindert und die Beschädigung der Steinschotterung verzögert wird. Besonders kommt dies in Betracht auf Straßen, die viel von Automobilen befahren werden. In der feuchten Jahreszeit erhält die Teerdecke die Fahrbahn, soweit sie nicht selbst durch die vereinte Wirkung des Verkehrs und des Wassers zerstört wird.

Die Oberflächenteerung hat vor allem in England große Dimensionen angenommen, und in welchem Umfang sie jetzt dort angewendet wird, ersieht man daraus, daß die Grafschaft Kent allein im Jahre 1910 für Teer eine Summe von 450 000 *ℳ* auswarf, um die Straßenoberflächen zu behandeln. Die Straßen in Kent haben infolge der öfteren Teerbehandlung ein beinahe asphaltähnliches Äußere erhalten. Im Jahre 1906 gab es in England nur 100 Meilen geteeter Straßen, 1907 700 Meilen, 1909 stieg die Zahl auf 3000 Meilen und im Jahre 1910 waren es über 7000 engl. Meilen, das sind mehr als 100 Mill. Quadratmeter Straßenfläche mit Teer behandelt.

Neben der Oberflächenteerung und schon viel früher als diese, hat sich in England ein zweites Verfahren zur Befestigung der Oberfläche der Makadamstraßen ausgebildet, die sogenannte „Innenteerung“, der Teermakadam oder „tarmac“. Während die Oberflächenteerung lediglich bezweckt, eine Teer- oder vielmehr Pechhaut auf der Straße zu bilden, hat die Innenteerung das Bestreben, eine dickere Schicht von Steinen und Sand durch Pech zusammenzukitten, in ähnlicher Weise, wie wir dies bei der Ausführung der Walzasphaltstraße gesehen haben. Eine innengeteerte Straße kann als eine Walzasphaltstraße bezeichnet werden, zu deren Herstellung an Stelle von natürlichem Asphalt dessen Surrogat, das Steinkohlenteerpech, verwendet wird. Das Verfahren zur Ausführung solcher Straßen weicht in seinem Grundprinzip wenig von dem der Walzasphaltstraßen ab. Es gibt zwei Arten der Ausführung der Innenteerung: Das Teermakadamverfahren und der Pitch grouted Macadam (Pechmakadamverfahren). Während bei dem ersteren die Herstellung des Materials meist in besonderen Fabriken in stationären Apparaten erfolgt und dieses in schon verwendbarer Form zur Arbeitsstelle gebracht wird, geschieht die Mischung der Steine mit dem Bindemittel beim Pechmakadamverfahren grundsätzlich erst auf der Baustelle selbst.

Welche Wichtigkeit die engl. Regierung dem Gegenstand zuschreibt, geht daraus hervor, daß sie ein eigenes Wegeamt (Road Board) geschaffen hat, das die einheitliche Durchführung dieser neuen Art der Wegebefestigung anstrebt, die gemachten Erfahrungen sammelt und selbst Versuche im großen Maßstabe

¹⁾ Asphalt- u. Teerind.-Ztg. 1911, S. 480.

anstellt, so daß zu hoffen steht, in kurzer Zeit ganz bestimmte Grundsätze für die Verwendung des Teers zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit chausrierter Straßen aufstellen zu können. (Vgl. Bericht über Teerstraßen in England und Schottland vom königl. Baurat Hentrich, Mai 1912, Druck von H. Siebert, Cassel). Für England läßt sich sagen, daß das Teerverfahren jetzt allgemein Eingang gefunden hat und daß alle Wegebehörden von der Güte und den Vorteilen des Verfahrens überzeugt sind. Kent steht an der Spitze der Bewegung, ihm folgt zunächst Surrey; auch im Norden Englands regen sich die Behörden, und man kann sagen, daß alle von London ausgehenden Chausseen und Hauptwege geteert und daher staubfrei sind. Die Behörden leisten dem Verfahren hin und wieder noch Widerstand, weil es kostspielig ist; aber die Erfahrung lehrt, daß die geteerten Wege bedeutend länger halten.

Der zweite Internationale Straßenkongreß, der im August 1910 in Brüssel tagte, hat sich in seinen Schlußresolutionen gleichfalls dahin ausgesprochen, daß die Oberflächenteerung als endgültig in die Praxis eingeführt gelten kann.

In Frankreich hat sich das Teeren derartig entwickelt, daß in verschiedenen Departements die Teerungen zu den gewöhnlichen Arbeiten der Straßenunterhaltung gerechnet werden. Dort verwendet man in der Regel auf 70° erhitzten Teer, in einigen Orten Teer mit Zusatz von 10 Proz. schweren Öles für Oberflächenteerung. Die Erfahrung hat jedoch ergeben, daß der schwere Lastenverkehr zerstörend wirkt und dies besonders während der feuchten Jahreszeit. Wasser ist überhaupt ein Feind der Teerdecken; deshalb ist die Wasserbesprengung nur hin und wieder am Platze, während desto öfters gefegt werden sollte.

Amerika hat sehr umfangreiche Versuche mit Teer und Asphalt gemacht. Nach Pennock wurden allein im Jahre 1903 16 000 t Teer in den Vereinigten Staaten für diese Zwecke verbraucht. Das einfachste und zugleich billigste Verfahren ist die Oberflächenteerung, während die Innenteerung mehr für den Bau von neuen Straßen oder die Verbesserung bestehender alter Straßen in Frage kommt. Wir werden beide Verfahren besprechen.

1. Straßenteerung.

Die Oberflächenteerung kann entweder bei alten Straßen, die sich im guten Zustande befinden, oder auch bei neugebauten, nachdem sie durch den Verkehr etwas niedergewalzt und getrocknet sind, angewendet werden. Hauptbedingung ist, daß die Straße vollkommen trocken ist. Die Teerung kann sowohl durch besondere Teermaschinen als auch durch die Hand erfolgen. Die Teerungsmaschinen gestatten, in kurzer Zeit eine große Oberfläche zu behandeln, doch auch die Handarbeit gibt gute Resultate, namentlich, da sie eine individuellere Behandlung der verschiedenartigen Straßenoberflächen ermöglicht. Beabsichtigt man eine alte Straße zu teeren, so ist es erforderlich, die Straße in den Frühlingsmonaten, wo die Erde noch weich ist, durch Abkratzen von Schlamm und Schmutz zu befreien. Ist die Straße seitlich durch den Verkehr stark abgenutzt, während die Mitte sich noch in gutem Zustande befindet, so empfiehlt es sich, die abgenutzten Stellen möglichst mit Feinschlag oder Splitt, nicht aber mit Sand oder sonstigem feinen Material auszugleichen. Während der Teerung soll mindestens die Hälfte der Straße für den Verkehr gesperrt sein. Besser ist es, wenn die ganze Straßenfläche in Behandlung genommen

werden kann. Die Straße soll vor dem Teeren gut gekehrt und gereinigt werden. Ist viel eingetrockneter Schlamm auf der Straße vorhanden, so empfiehlt sich vor dem Teeren eine Kehrung der Straße im nassen Zustande. Vorteilhaft verwendet man zum Kehren der Straße Kehrmaschinen mit nachfolgender Handkehrung. Erste Bedingung für den Erfolg ist auch, daß das Wetter vor und nach der Teerung für einige Zeit trocken bleibt, damit der Untergrund die erforderliche Aufnahmefähigkeit für Teer besitzt und die dünne Teerschicht durch den Regen nicht teilweise abgespült wird. Landstraßen, bei denen nicht Sand, sondern Lehm als Bindemittel benutzt worden ist, besitzen nur geringes Aufnahmevermögen für bituminöse Stoffe.

Über Ausführung und Erfolg der Straßenteerung berichten ausführlich Burschell¹⁾ und Bindewald²⁾. Es wird für diesen Zweck sowohl roher als auch durch Destillation entwässerter und von den leichten Destillaten befreiter oder endlich auch präparierter Teer verwendet. An einzelnen Orten will man mit Ölgasteer die besten Erfahrungen gemacht haben, da er infolge seiner Dünflüssigkeit am tiefsten in die Straßendecke eindringt. Dagegen wäre zu bemerken, daß dem Ölgasteer aber jedenfalls die verkittenden Eigenschaften nicht in dem Maße zustehen, wie dem bitumenreicheren Steinkohlenteer, abgesehen davon, daß er nicht überall und vor allem nicht in genügender Menge zu beschaffen ist.

Die Frage, ob sich Rohteer oder entwässerter und präparierter Teer für die Zwecke der Straßenteerung besser eigne, ist viel erörtert worden und scheint auch zurzeit noch nicht endgültig entschieden zu sein. Wie aber auch Andrés³⁾ angibt, ist es ganz zweifellos, daß man aus dem Teer das Ammoniakwasser entfernen muß, schon um ihn weniger unangenehm riechend zu machen, dann aber auch um zu verhüten, daß einzelne, vom Wasser benetzte Stellen der Straßenoberfläche für Teer nicht aufnahmefähig sind. Ganz einwandfrei haben aber vergleichende Versuche in Cöln⁴⁾ gezeigt, daß Rohteer dem präparierten Teer für diesen Zweck entschieden nachsteht. Wenn gleichwohl in manchen Städten Rohteer bevorzugt wird, so ist dies darauf zurückzuführen, daß deren Gaswerke in städtischem Besitz sind und sich diesen hier eine gute Gelegenheit bietet, den Rohteer günstig zu verwerten. Die Hauptsache ist, daß der Teer dünnflüssig genug ist, um möglichst tief in die Straßendecke einzudringen, was man durch Zusatz von Schweröl erreichen kann, wie dies auch Mallet und Payet⁵⁾ für Rohteer vorschlagen, den sie mit 3 bis 6 Proz. Schweröl verdünnen wollen.

Bestimmte Qualitätsvorschriften für Straßenteer bestehen zurzeit bei uns noch nicht, doch hat der Internationale Straßenkongreß diese Frage in sein Arbeitsprogramm aufgenommen. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika hat man bereits Normen aufgestellt, welche die Grenzen für das spezifische Gewicht, den Gehalt an fixem Kohlenstoff, die Destillationsintervalle, die Viskosität sowie den Pechgehalt festlegen. Diese Normen, die offenbar nur aus einzelnen guten Resultaten mit bestimmten Teeren abgeleitet worden sind, bedürfen aber noch sehr der Bestätigung, da es bekannt ist, daß der Erfolg der Straßenteerung nicht allein von der Qualität des Teers, sondern

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 1905, S. 1093. — ²⁾ Ebend. 1909, S. 654. — ³⁾ Die Beseitigung des Staubes, S. 147. — ⁴⁾ Asphalt- und Teerind.-Ztg. 1905, S. 20. — ⁵⁾ Journ. f. Gasbel. 1904, S. 943.

mehr noch von zufälligen Nebenumständen bei der Teerung, besonders meteorologischer Natur (Lufttemperatur, Trockenheit) sowie dem Zustand der Straße (ob trocken, ob staubfrei, ob durchlässig für Teer usw.) abhängt.

Nach englischen Fachmännern soll der Teer im allgemeinen folgende Eigenschaften haben: Er soll von der Verkokung von Steinkohlen herrühren, doch kann er bis zu 10 Proz. Wassergasteer enthalten. Er soll bei 15° ein spezifisches Gewicht von möglichst 1,19 haben, aber mit Rücksicht auf die verschiedene Arbeitsweise und den verschiedenen Ursprung des Teers kann sein Volumgewicht auch zwischen 1,16 und 1,22 schwanken, vorausgesetzt, daß er die anderen Bedingungen erfüllt. Er soll möglichst frei von Wasser sein und nicht mehr als 1 Proz. Ammoniakwasser enthalten, und das Wasser soll auf das Liter nicht mehr als 70 mg Ammoniak enthalten. Beim Schütteln mit dem zwanzigfachen Volumen Wasser während einer Viertelstunde soll der Teer bei 21° nicht mehr als 70 mg Phenol, auf das Liter Wasser berechnet, abgeben. Teer von Gaswerken soll unter 170° nicht mehr als 1 Proz., zwischen 170 und 270° nicht weniger als 16 Proz. und nicht mehr als 26 Proz. Destillat geben. Der freie Kohlenstoff darf nicht mehr als 16 Proz. betragen. Kokereiteer soll dieselben Bedingungen erfüllen. Das Destillat davon bis 270° soll klar und frei von festen Ausscheidungen (Naphthalin u. dgl.) bleiben, wenn es eine halbe Stunde lang bei 30° gehalten wird. Bei der Destillation bis 300° soll das rückständige Pech nicht mehr als 73 Proz. des Gewichts vom Teer betragen. Ein entwässerter Teer kann gleichfalls verwendet werden. Vorzuziehen sind aber die Teere, denen auch das Naphthalin entzogen ist. Außerdem werden noch Bedingungen für einen schweren Teer angegeben, der besonders zur Herstellung von Teermakadam geeignet ist, aber auch zur Oberflächenbehandlung von Straßen verwendet werden kann, hier allerdings nur bei sehr trockenen Straßen und bei warmem Wetter unter Sonnenschein, da er sonst zu dickflüssig wird. Solcher Teer kann entweder durch teilweise Destillation (Entwässerung) oder durch Mischen von Pech und Öl (präparierter Teer) erhalten werden; bei der Verwendung von präpariertem Teer muß das Öl gleichfalls aus Steinkohlenteer gewonnen sein. Das spezifische Gewicht dieses Teers soll möglichst 1,21 betragen, jedoch nicht niedriger als 1,18 oder höher als 1,24 sein. Der Teer muß frei von Wasser sein und kein Destillat unter 140° ergeben, bis 220° dürfen nicht mehr als 3 Proz. übergehen. Zwischen 140 und 300° sollen nicht weniger als 15 Proz. und nicht mehr als 21 Proz. des Teergewichts übergehen. Der freie Kohlenstoff soll nicht mehr als 18 Proz. des Teergewichts betragen.

Die Ausführung der Straßenteerung ist mit geringen Abweichungen im großen und ganzen überall dieselbe: Der Teer wird in erwärmtem Zustande (70 bis 90° nach Burschell, 100 bis 120° nach Straßenwalzenbetrieb G. m. b. H., 135° nach Breining, vgl. Andés, a. a. O., S. 153 u. 154) auf die von Staub durch scharfes Fegen bis in die Gesteinsfugen befreite Straßenoberfläche aufgebracht und durch geeignete Vorrichtungen gleichmäßig verteilt. Es kann dies nur in einer regenfreien Jahreszeit und am besten an recht heißen Tagen geschehen, und man unterstützt häufig noch die Anwärmung des Bodens durch vorheriges Befahren der Straßenoberfläche mit einer geheizten Walze, wie sie bei Stampfasphaltarbeiten üblich ist. Eine feuchte Straßendecke nimmt den Teer nur schlecht auf, auf einer kalten verdickt er sich zu rasch durch Abkühlen, ohne Gelegenheit zu haben, ins Innere

einzudringen, und eine dickere Staubschicht bindet den Teer sofort auf der Oberfläche zu einer schmierigen Masse, die sich auf den Rädern der Fuhrwerke aufrollt und große Belästigungen zur Folge hat. Man ersieht hieraus, daß Mißerfolge, die meistens dem verwendeten Teer in die Schuhe geschoben werden, häufig auf ganz andere Ursachen zurückzuführen sind, ein Umstand, auf den die mit der Lieferung von Straßenteer beauftragten Fabriken besonders aufmerksam gemacht werden müssen. Die einfachste Methode und dennoch sehr wirksam ist das Auftragen des Teers auf die Straße mit der Hand. Der hochehitze Teer wird aus Eimern oder Gießkannen auf die gut entstaubte Straße gebracht und sofort mit breiten Besen oder Bürsten verteilt. Man kann mit Hilfe von drei oder vier Arbeitern pro Tag auf diese Weise gut

Fig. 106.



Straßenteerung durch Handarbeit.

1000 qm Straße teeren. Die Art und Weise der Handhabung wird durch Fig. 106 dargestellt.

Zum Besprengen der Straßen mit heißem Teer dienen heute ganz allgemein besonders konstruierte Sprengwagen für Pferde- oder Handbetrieb; Schäfer, der einer Konkurrenz der in England gebauten Maschinen beigewohnt hat, berichtet in der Asphalt- und Teerindustriezeitung 1907, daß dort alle Maschinen im wesentlichen nach dem Prinzip arbeiten, den Teer in möglichst fein verteiltem Zustande in einer 0,9 bis 1,5 m breiten Bahn gleichmäßig auf die Straßenoberfläche aufzubringen; die Unterschiede liegen nur in der Art und Weise, wie die Verteilung bewirkt wird. Bei einigen Konstruktionen geschieht dies durch mehrere, hintereinander angebrachte Bürstenwalzen, die durch Ketten von der Achse des Wagens aus betrieben werden; andere Konstruktionen verteilen den Teer durch Preßluft aus Sprühköpfen mit 7 bis 15 Atm. Druck. Der Teer fällt mit großer Kraft als Sprühregen, ja selbst

als Nebel auf die Straßenoberfläche und dringt dort tief ein. Bei noch anderen Bauarten wird der Teer durch Druckpumpen aus konischen Mundstücken in kräftigen, aufeinanderprallenden und dabei zerstäubenden Strahlen ausgepreßt.

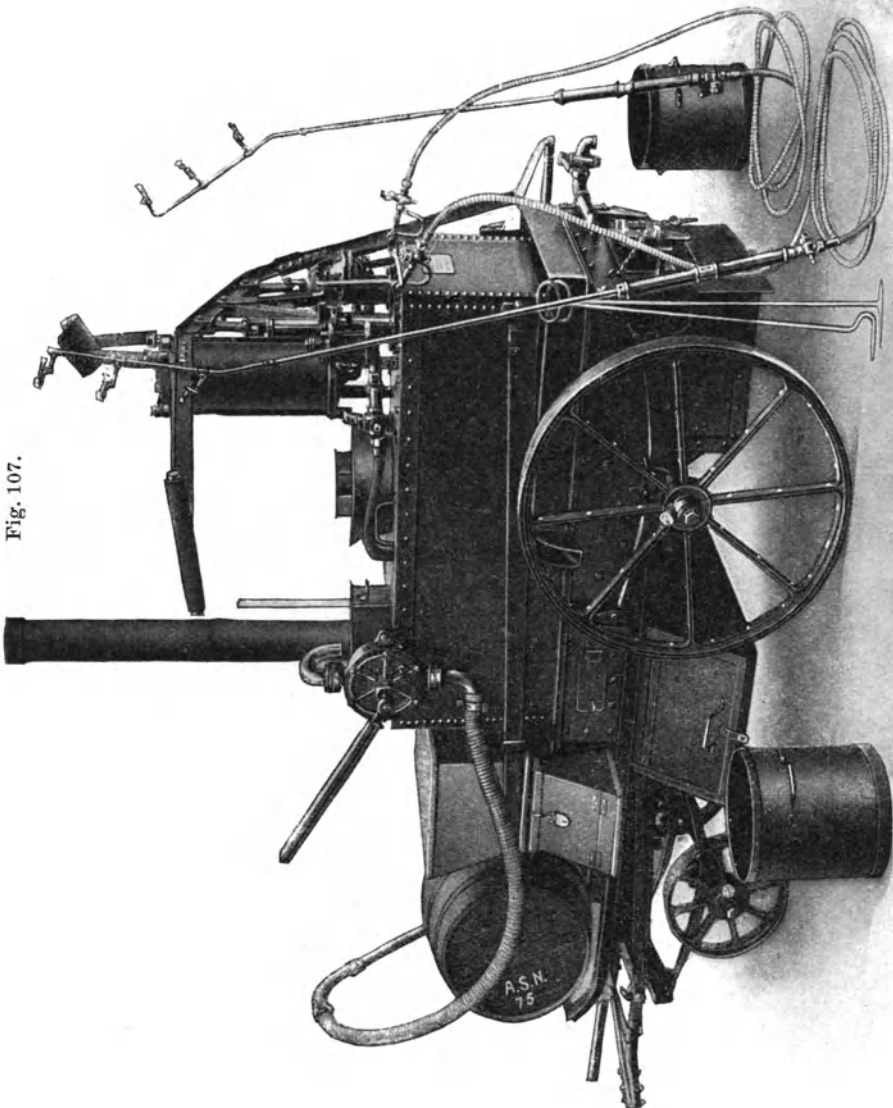


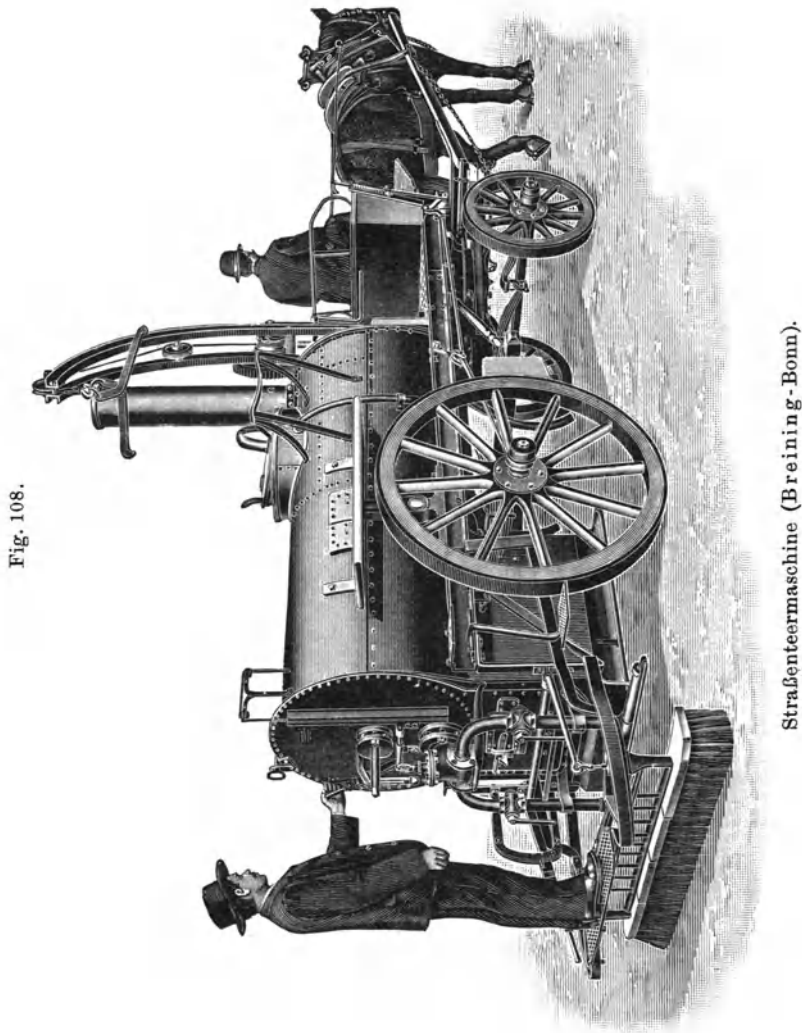
Fig. 107.

Straßenteermaschine (Stephan-Scharley).

Die Pumpen für die Erzeugung der Preßluft und die Förderung des Teers werden fast bei allen Konstruktionen von der Wagenachse betrieben, die Teerbehälter fassen 800 bis 4500 Liter Teer, welcher entweder durch unter den Kesseln angebrachte Feuerungen, oder durch Dampfschlangen geheizt wird. Einer der Maschinen lief eine geheizte Walze voraus, um die Straßen-

fläche anzuwärmen, das sofortige Verdicken des Teers zu verhindern und sein Eindringen zu erleichtern.

Bei uns in Deutschland sind hauptsächlich die von der Société Générale de Goudronage des Routes in Paris gebauten Maschinen von Lasaly, sowie der Firmen Stephan in Scharley, O. S. und G. Breining in Bonn in Gebrauch.



Straßenteerwagen für Hand- und Pferdebetrieb der letztgenannten beiden Firmen zeigen die Fig. 107 und 108. Die Erwärmung des Teers erfolgt durch direkte Feuerung, und die Verteilung des Teers auf der Straßenoberfläche bei der Maschine nach Fig. 107 (Stephan) durch einen mit Druckluft betriebenen Zerstäuber, der den Teer mit hoher Geschwindigkeit und großer Kraft auseinandertreibt, bei der Maschine nach Fig. 108 durch Bürsten. Bei dem System Lasaly wird die direkte Heizung des Teers umgangen, um eine Überhitzung und Zersetzung desselben zu vermeiden. Die Heizung erfolgt mit

Dampf, der in einem besonderen, fahrbaren Dampfkessel erzeugt wird, welcher zu gleicher Zeit mehrere Sprengwagen bedienen kann. Die Maschine hat eine Leistung von 10 bis 15 000 qm Straßenfläche pro Arbeitstag. Der Teer fließt aus einer Art Brause und wird durch Bürsten auf der Straße verteilt. Beim Aufbringen des Teers unter Druck wird der Teer mit einer Handpumpe durch Schlauchmundstücke geführt und in diesen fein verteilt. Dies kann entweder in der Weise geschehen, daß zwei Teerstrahlen aufeinandertreffen oder durch Anwendung einer Düse. Solche Maschinen sollen den Nachteil haben, daß sich die feinen Düsen sehr leicht verstopfen, andererseits aber eine sehr feine Zerstäubung ermöglichen. Dasselbe Prinzip wird bei großen Maschinen angewendet, die mehrere 1000 Liter Teer enthalten und bei denen die Zuführung zu den Düsen mit einer kleinen rotierenden Pumpe geschieht, die direkt von den Rädern des Wagens angetrieben wird. Die Wagen werden von zwei Pferden gezogen und können mit der gleichen Geschwindigkeit, mit der ein Wagen fährt, eine Straße teeren. Sie sind außerordentlich leistungsfähig, und ihre Leistungsfähigkeit wird nur dadurch beeinträchtigt, daß man nicht genügend rasch Teer warmmachen kann, um sie zu speisen, und die geteerete Straße nicht schnell genug mit Steinsplitt bedecken kann. Ein weiterer Nachteil bei diesen Maschinen soll der sein, daß der Teer, der unter mehreren Atmosphären Druck aus den Düsen strömt, sehr fein verteilt und namentlich bei windigem Wetter ziemlich weit fortgetragen wird, so daß er dadurch Kleider von Passanten und Gegenstände in naheliegenden Wohnungen beschmutzt. Es ist kaum anzunehmen, daß derartige Nachteile bei geeigneter Konstruktion wirklich vorhanden sind.

Um das Eindringen des Teers in den Boden zu erleichtern, läßt Braun (vgl. Burschell a. a. O.) der Teerung eine Besprengung der Makadamstrecke mit Schweröl vorangehen, das bei trockener Witterung sofort 4 bis 8 cm tief eindringt und dessen Verbrauch sich auf $1\frac{1}{2}$ kg für den Quadratmeter stellt. Bei sehr schwerem Lastfuhrverkehr läßt man in England zwei bis drei Monate nach der ersten Teerung eine zweite, wenigstens in 3 bis 4 m Breite in der Mitte der Straße folgen, wobei dann entsprechend weniger Teer verbraucht wird.

Teerverbrauch und Kosten pro Quadratmeter werden verschieden angegeben; nach Brauns Verfahren stellen sich die Kosten für den Quadratmeter auf 25 ₤, wenn man $1\frac{1}{2}$ kg Öl zu 8 ₤ und $1\frac{1}{2}$ kg Teer zu 4 ₤ verbraucht. Nach Brix¹⁾ verbraucht man auf den Quadratmeter $1\frac{1}{2}$ Liter Teer. Nach Andés (a. a. O.) schwankte der Verbrauch in einzelnen Fällen von 0,5 bis 1,5 kg Teer pro Quadratmeter und die Kosten stellten sich auf 8 bis 17 ₤. In England rechnet man bei der ersten Teerung mit einem Verbrauch von 1 kg für den Quadratmeter, der bei der zweiten Teerung auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ kg fällt.

Nach erfolgter Teerung bleibt die Straße noch einige Stunden für den Verkehr gesperrt, um dem Teer Gelegenheit zum Eindringen (5 bis 6 cm nach Andés, nach anderen nur 12 bis 15 mm) zu geben und wird dann mit einer leichten Schicht von trockenem Sand oder den auf beiden Seiten der Straße als Damm gegen das Abfließen überschüssigen Teers angehäuften Straßenstaub überschüttet. In England ist es üblich, den Teer erst vollständig trocknen zu lassen. Wenn man die Straße dem Verkehr wieder übergeben muß, bevor der Teer erhärtet ist, soll Steinsplitt über die Straße ausgestreut

¹⁾ Journ. f. Gasbel. 1904, S. 801.

werden, um das Anhaften des Teers an den Rädern der Wagen zu verhindern. Jedenfalls soll man die Bedeckung mit Steinsplitt solange wie möglich hinauschieben und nicht mehr Splitt aufbringen, als nötig ist, um das Anhaften an den Rädern der Wagen und den Sohlen der Fußgänger zu verhindern. Der dazu verwendete Steinsplitt, Kies oder Grobsand soll nicht größer als 5 bis 6 mm sein. 1000 kg des Bedeckungsmaterials sollen für 200 bis 300 qm ausreichen. Straßenstaub oder ähnliches Material soll zur Abdeckung nicht verwendet werden. Es ist auf alle Fälle nicht zu umgehen, den Teeranstrich so oft zu erneuern, als der Verkehr es erfordert. Welche Mengen von Teer hierbei für den Quadratmeter anzuwenden sind, richtet sich danach, wieviel von dem ersten Überzug durch den Verkehr oder durch das Wetter zerstört worden ist.

Festgestellt hat man in Deutschland, daß die Unterhaltungskosten der geteereten Straßen wesentlich geringer sind, da fernerhin nur Oberflächenteerung erforderlich ist, je nach der Inanspruchnahme der Decke. Kaiserslautern schätzt die Ersparnisse für 1 qm auf mindestens 8 ₤ im Jahr. Die günstigen Resultate bezüglich der Abnutzung sind besonders augenfällig bei Landstraßen mit leichtem und schnellem Verkehr. Auf den von vielen Automobilen benutzten Straßen verhindert das Teeren, daß die Beschotterung manchmal in einer Saison zugrunde gerichtet wird und gewährleistet eine doppelte und dreifache Dauer derselben.

Eine gut geteerte Straße sieht beinahe wie asphaltiert aus, die Oberfläche ist glatter, der Lärm viel geringer und die Staubbildung so gut wie beseitigt. Die Haltbarkeit der Straßenoberfläche ist viel größer als bei gewöhnlichem Makadam, und die Ersparnisse an Unterhaltungs-, Reinigungs- und Besprengungskosten decken reichlich die Kosten für die Teerung. Der Vorteil einer gut geteereten Straße liegt nicht allein in der Ersparnis an Unterhaltungs-, Reinigungs- und Besprengungskosten. Im Sommer ist die Straße fast staubfrei, bei nassem Wetter dagegen nicht aufgeweicht und immer gut passierbar. Das Geräusch des Verkehrs wird wesentlich gedämpft und die Leistung der Zugtiere erhöht bzw. es werden die Tiere geschont, da auf der ebenen Straße ein besseres Fortbewegen möglich ist. Schädliche Einflüsse des Automobilverkehrs zeigen sich nur in ganz geringem Maße, da aus der festen Straßendecke durch die Gummireifen nichts mit aufgesaugt werden kann.

Man hat von verschiedenen Seiten Einwendungen gegen das Teeren der Straßen gemacht. Man behauptet, daß die Bäume und andere Pflanzen in der Nähe geteerter Straßen allmählich absterben, daß die Augen der darauf Verkehrenden leiden und daß selbst die Dauerhaftigkeit solcher Straßen gegen schweren Verkehr, Automobile usw. geringer als die von gewöhnlichen gepflasterten oder makadamesierten sei. Die Berichte hierüber lauten sehr widersprechend und entbehren der Begründung.

Demgegenüber weist E. Griffon in der Sitzung der Académie des Sciences vom 5. Dezember 1910 darauf hin, daß vielleicht unter gewissen Umständen das Teeren der Landstraßen Nachteile für die anliegende Pflanzenwelt mit sich bringen kann, daß es aber unrecht ist, ein Verfahren, das durch die Beseitigung des Staubes eine große Wohltat mit sich bringt, ohne weiteres zu verwerfen. Jedenfalls müßten erst längere, sehr eingehende Untersuchungen und Erfahrungen vorliegen, um endgültige Schlüsse über die Nachteile des Straßenteerens daraus zu ziehen.

Um die Oberflächenteerung von der Witterung unabhängig zu machen, empfiehlt F. Raschig, den Teer in Form einer wässrigen Emulsion zu verwenden, als welche er das von ihm dargestellte „Kiton“ (D. R.-P. Nr. 216212), eine Aufschlammung von Teer in fettem Ton und Wasser, vorschlägt. Bei Verwendung einer 10- bis 20 proz. Kitionlösung soll die Straße ein bis vier Wochen staubfrei bleiben.

Zum Emulgieren von Teer, Petroleumrückständen, Pech, Asphalt u. dgl. für die gleichen Zwecke sind noch eine Anzahl Patente eingereicht worden, von denen wir nachstehend die wichtigsten wiedergeben.

Die französischen Patente 331 805 und 342 898 schützen ein Mittel zur Bekämpfung des Straßenstaubes, bestehend aus einer Mischung der Lösungen von Kasein und Bitumen, wie Asphalt, Teer usw., die eventuell vorher durch Wärme verflüssigt wurden. Die Mischung wird mit einer entsprechenden Menge von Wasser, dem man auch Fette, antiseptische und andere Stoffe zusetzen kann, verdünnt bzw. emulgiert.

Romuald Nowicki (Österr. Patentanmeldung 7635, 1909) schlägt Abfallaugen der Sulfitzellstoffabriken zur Herstellung von wasserlöslichem Teer oder Teerölen als Staubbinde- und Imprägnierungsmittel vor. 2 Gew.-Tle. Sulfitabfallauge werden in einem Rührwerk mit 1 Gew.-Tl. Teer oder Teeröl innig gemischt, bis ein Produkt von salbenartiger Konsistenz entstanden ist. Die Mischung kann mit Wasser beliebig verdünnt werden.

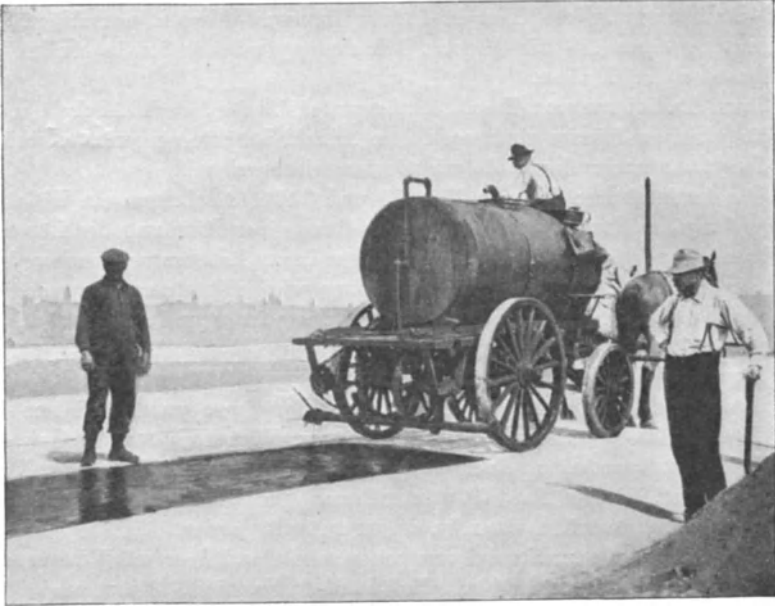
Ein Verfahren zum Emulgieren von Asphalt und Teer mit Wasser hatte bereits früher Mann angegeben. Er (D. R.-P. Nr. 170 133) löst solche Substanzen in einem geeigneten flüchtigen Lösungsmittel und gießt diese Lösung in ein Gemisch, das sowohl Seife wie auch ein organisches oder anorganisches Kolloid, z. B. Stärke, enthält. Dieses Gemisch wird erhitzt und gründlich umgerührt, z. B. mittels eines Dampfstrahles. Wenn man z. B. eine Lösung von Asphalt und Benzol in das heiße Gemisch einlaufen läßt, so verflüchtigt sich das Benzol und wird durch Abkühlung der Dämpfe wiedergewonnen. Der Asphalt bleibt in innigem Gemisch mit der Flüssigkeit zurück und behält diesen Zustand, wenn man das Umrühren bis zur Abkühlung der Masse fortsetzt. Im Bedarfsfalle setzt man während dieses Prozesses mehr Wasser hinzu, stets mit kräftigstem Umrühren. Hierdurch entsteht eine salbenähnliche Emulsion, die sich mit Wasser ganz gleichmäßig mischt und dauernd in diesem Zustande verbleibt.

Wallbaum (D. R.-P. 248 084, 1909 u. 248 793, 1910) stellt Emulsionsprodukte aus Asphalt, Teer, Pech u. dgl. dadurch her, daß er diese Produkte mit verseifbaren Substanzen, wie z. B. Harz, Naphthensäure, Naphthasäure und Fettsäuren zusammenschmilzt und die über 100° heiße Schmelze in eine Seifenlösung, die vorteilhaft freies Alkali oder Ammoniak enthält, unter Rühren einträgt. Als Beispiel wird angegeben, daß man 100 Tle. Harz und 600 Tle. Asphalt zusammenschmilzt und die Schmelze in eine siedende Lösung von 400 Tln. Wasser, 50 Tln. Ammoniak und 50 Tln. Naphthensäure einträgt.

Die entstehende Emulsion von butterartiger Konsistenz kann man mit Wasser beliebig weiter verdünnen, ohne daß eine Entmischung derselben eintritt.

R. M. Hahn (Engl. Pat. 116 20/06) erhitzt 0,5 bis 1 Proz. Karbolsäure mit Ölgasteer oder Rohpetroleum auf etwa 75° C, setzt 5 Proz. Asphalt, 10 bis 50 Proz. Teer zu und gibt zu je 1 t dieser Mischung 5 Proz. Glycerinrückstand und 3 t Wasser.

Fig. 109.



Sprengwagen für Oberflächenasphaltierung.

Fig. 110.



Absanden der asphaltierten Oberfläche.

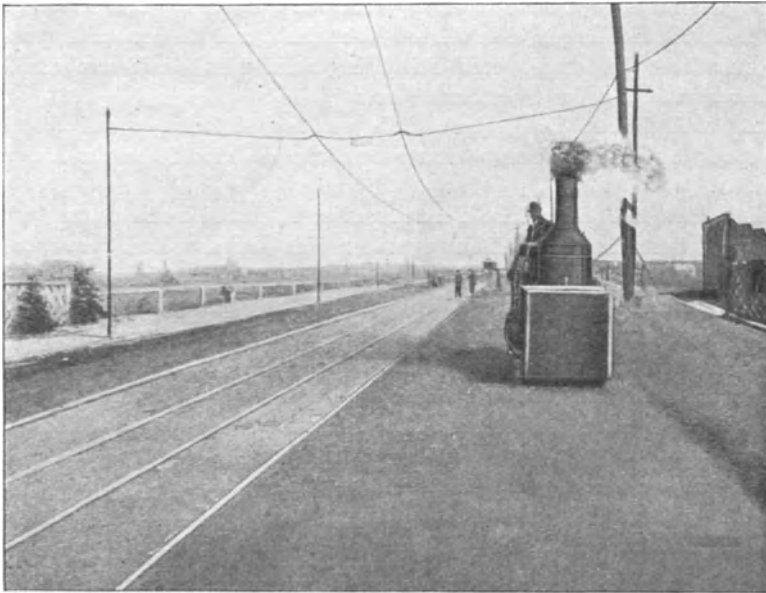
B. Loyeau (Franz. Pat. 358 792/06) mischt 9 Proz. festes Bitumen, 8 bis 10 Proz. Teer, 16 Proz. Rohpetroleum, 33 Proz. einer 20 proz. Sodalösung und 34 Proz. einer Lösung von 4 Tln. Ölsäure, 3 Tln. Soda und 93 Tln. Wasser für die Zwecke der kalten Straßenteerung.

G. Ross und S. F. Deal (Am. Pat. 811 746/06) erhitzen 80 Tle. Roherdöl, 15 Tle. Asphalt und 5 Proz. Rohpetroleum auf ein Material für Innenteerung.

F. Büttner (D. R.-P. 158 693) ölt die Straßen zunächst mit leichtem Erdöl od. dgl. und benutzt als Bindemittel asphaltische schwere Erdöle oder zähflüssige Rohöle.

Wie wir bereits an anderer Stelle erwähnt haben, werden in der neueren Zeit, vornehmlich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Trinidad,

Fig. 111.



Abwalzen der Oberflächenasphaltierung.

Bermudez usw., große Mengen asphaltischer Erdöle teils durch Destillation, teils durch natürliche Förderung gewonnen. Diese Öle eignen sich vorzüglich zur „Oberflächenasphaltierung“ und ihre Verwendung zu diesem Zweck ist in den Erzeugungsländern bereits in die Wege geleitet, so daß davon trotz des wesentlich teureren Preises bereits große Mengen verbraucht werden. Es sind bis zu diesem Augenblick allein in Amerika mit flüssigem Trinidadasphalt etwa 10 Mill. Quadratmeter Straße behandelt worden, vor allem Land- und Vorortstraßen in der Nähe großer Städte, die bis jetzt durch den starken Automobilverkehr zu leiden hatten. Die Aufbringung geschieht wie beim Teer entweder per Hand oder mit geeigneten Maschinen, wie das in den Fig. 109 bis 111 dargestellt ist.

Zuerst wird das Material in erhitztem Zustande auf die Straße durch Sprengwagen aufgebracht, dann mit Besen verteilt und schließlich mit Splitt

abgedeckt. Es sei bemerkt, daß im Gegensatz zur Teerung die Behandlung mit flüssigem Asphalt mehr Deckmaterial verlangt, da letzterer bitumenreicher ist und infolgedessen tiefer in die Straße und das Deckmaterial eindringt.

Vor der Oberflächenteerung bietet die Oberflächenasphaltierung dieselben Vorteile wie natürlicher gegenüber künstlichem Asphalt, aber für Europa natürlich nur bei erheblich teureren Herstellungskosten.

Weit wirkungsvoller und zwar sowohl in bezug auf die Haltbarkeit der Straßendecke als auch die dauernde Verhütung der Staubplage ist natürlich die Innenteerung, die heute besonders in England und den Vereinigten Staaten schon bedeutenden Umfang angenommen hat und dort unter dem Namen Tarmac bekannt ist. Nach einem Bericht von Schäfer¹⁾ wird der

2. Teermakadam.

in England nach zwei verschiedenen Verfahren ausgeführt, und zwar:

1. durch Aufbringen einer dicken Teerschicht auf die Grobschlagpackung und Einwalzen der ungeteerten Feinschlagdeckung in die Teerschicht ohne nachherige Teerung der Oberfläche²⁾ und

2. durch Teeren des Deckmaterials vor dem Aufbringen auf die Grobschlagpackung oder die ausgebesserte Straße und darauffolgendes Einwalzen desselben.

Letzteres, das eigentliche Tarmacverfahren, hat sich am besten bewährt und ergibt bei richtiger Ausführung unter dem Verkehr der Fuhrwerke eine Straße vom Aussehen einer Gußasphaltstraße, welche sich wie diese vom Verkehrsschmutz leicht reinigen läßt und ebenso staubfrei bei Trockenheit, wie wasserdicht bei Regen ist. Daneben besitzt sie eine rauhere Oberfläche und ist weniger schlüpfrig wie die Asphaltstraße. Die Tarmacstraße eignet sich hauptsächlich für den Verkehr leichter Fuhrwerke, nimmt aber nach einigen Wochen auch von schwerem Lastfuhrwerk keine bleibenden Eindrücke mehr an.

Die Innenteerung ist natürlich wesentlich teurer, da das Verfahren erheblich umständlicher ist. Die Kosten im Durchschnitt pro Quadratmeter festzustellen, ist ziemlich schwierig, da sie in der Hauptsache von den verschiedenen Verfahren abhängig sind. In Deutschland hat man in verschiedenen Städten mit gutem Erfolg Versuche mit der Innenteerung gemacht; so in Berlin, Hamburg, München, Dresden, Chemnitz, Danzig, Essen usw. Während in Hamburg 1 qm 6,80 *M* Kosten verursachte, betragen die Kosten für München 3,94 *M*, Bielefeld 3,40 *M*, Chemnitz 5,60 *M*, Danzig 7,50 *M* und für Kaiserslautern nur 1,75 *M*. Es ist dabei aber zu berücksichtigen, daß nicht nur die Methoden wesentlich voneinander abweichen, sondern auch die Art des Steinmaterials, die Decklagenstärke und der Teerverbrauch verschieden sind und in letzter Linie noch die Arbeitslöhne sich in verschiedener Höhe bewegen.

Wesentlich für das Gelingen ist die Verwendung geeigneter Rohmaterialien und sachgemäße Ausführung. Vom Teer wird verlangt, daß er gut ausgekocht, d. h. destillierter Gasteer ist, welcher bei der Vermischung mit dem Schottermaterial zu einer seinem Siedepunkt nahen Temperatur erhitzt wird. Dem Teer kommt eine sehr verschiedene Binfähigkeit zu, je nachdem derselbe in bestimmter Weise von gewissen Bestandteilen befreit ist. Ammoniakwasser sollte

¹⁾ Asphalt- u. Teerind.-Ztg. 1907. — ²⁾ Journ. of Gas Lighting, 28. Sept. 1909

unter allen Umständen entfernt sein, schon um das Publikum beim Bau der Straßen nicht zu belästigen und bei Frostwetter ein Sprengen der Decke zu verhüten, ebenso die bis 150° siedenden Bestandteile, während alle jene Bestandteile dem Teer erhalten bleiben müssen, die bei 200° und darüber destillieren. Es sollen dabei dem Teer 7 bis 10 Proz. seiner flüchtigen Bestandteile entzogen werden. Ebenso ist der Konsistenz des Teers eine gewisse Aufmerksamkeit zu schenken. Die heute gültigen Qualitätsvorschriften für solche Teere haben wir bereits an anderer Stelle gegeben.

Vom Steinmaterial fordert man unter Bevorzugung von Kalkstein Quarz, Granit und überhaupt vulkanischen Gesteinen, daß nur Bruchsteine bzw. daraus gefertigter Schlägelschotter, der nicht zu glatte Flächen aufweist, von Schmutz und Staub gereinigt und durch geeignetes Erhitzen von aller Feuchtigkeit befreit ist, verwendet wird.

Von größter Wichtigkeit ist auch die Vermischung der Bestandteile des Betons im richtigen, durch die Erfahrung ermittelten Verhältnis. Dies bezieht sich sowohl auf die Korngröße des Gesteins als auch die Menge des zu verwendenden Teers. Das Mischungsverhältnis der einzelnen Korngrößen des zu verwendenden Gesteins muß ein so sorgfältiges sein, daß immer die kleineren Teile die Zwischenräume der größeren möglichst ausfüllen und Hohlräume auf ein Minimum beschränkt werden. Die Mischung mit Teer muß so innig sein, daß jedes einzelne Steinchen vom Teer genügend umhüllt wird, daß aber nicht zu große Mengen des letzteren daran haften, wodurch der Beton nicht genügend hart wird. Ist der Teer bis zur richtigen Konsistenz (160 bis 190°) abgetrieben, so vermengt er sich mit bedeutenden Mengen von festen Füllstoffen, z. B. von Kies mit der vier- bis zehnfachen Menge; die einzelnen Flächen des Füllstoffs überziehen sich mit einer ganz dünnen Schicht des Bindemittels und werden durch dasselbe beim Erkalten schon ohne wesentlichen Druck fest aneinander gekittet. Fehlen dem Teer die Mittelöle, so geht ihm die erforderliche Bindekraft ab. Nach einigen soll die Betonmasse vor der Verwendung 3 bis 4 Wochen ablagern, nach andern sofort nach der Mischung eingewalzt werden.

Die Verlegung der Betonschicht soll nur auf trockenem Straßenunterbau erfolgen, weil der Teer nur auf trockenen Flächen binden kann; die Betonmasse muß in zwei Schichten aufgetragen werden, deren unterste von 8 bis 9 cm Dicke sein soll, während die obere 4½ bis 5 cm betragen darf. Überhaupt treffen auch hier alle die Anforderungen an die Rohmaterialien, ihre Vorbereitung und Verarbeitung zu, wie sie bei der Besprechung des Walzasphalts, der jüngeren Datums ist, ausführlich erörtert worden sind.

Auch in der Ausführung selbst weicht das Verfahren kaum von dem für Walzasphalt beschriebenen ab, nur daß an Stelle der natürlichen Asphalte Produkte aus Steinkohlenteer verwendet werden. Wie dort, kann das Mischen der Materialien in stationären Apparaten in besonderen Fabriken durch Verarbeitung mit Spezialmaschinen oder nach einem Tränk- oder Tauchverfahren an der Arbeitsstelle erfolgen. Die meisten dieser Verfahren stammen aus England oder sind doch in England zuerst durchprobiert worden, wo sich ganz besonders günstige Bedingungen für die Anwendung des Teers im Straßenbau bieten, billiger Teer und mildes Klima. Es sind hierfür von den Straßenbaubehörden besondere Vorschriften herausgegeben worden, von denen einige hier wiedergegeben seien.

Die mit Teermakadam zu versehende Straße muß ein gutes Fundament haben, das bei neuen Straßen genau so hergestellt wird wie bei gewöhnlichen Makadamstraßen. Bei alten Makadamstraßen muß man sich von der Güte des Fundaments durch Stichgräben überzeugen, die man in Abständen von etwa 100 m von der Seite bis in die Mitte der Straße zieht. Die Dicke der Makadamschicht, die aufzutragen ist, soll je nach der Schwere des Verkehrs 5 bis $7\frac{1}{2}$ cm betragen. Wird eine dickere Schicht als $7\frac{1}{2}$ cm gewählt, so ist der Teermakadam in zwei Lagen aufzubringen. Die Gesamtdicke der Straße soll, wenn der Untergrund hart ist, einschließlich des Fundaments nicht weniger als 15 cm betragen, und im Falle Ton oder ein anderes nachgiebiges Material den Untergrund bildet, nicht weniger als 27 cm. Die Neigung der Straße von der Mitte ab soll etwa 1:32 sein. Ist dieses Gefälle nicht vorhanden, so muß entweder durch Auftragen in der Mitte oder durch Wegnehmen der alten Straßenoberfläche an den Seiten das Gefälle hergestellt werden. Die Bestandteile des Teermakadams sollen sein: 60 Proz. von gebrochenem Stein oder einem anderen genügend harten Steinmaterial, wie Schlacke, in der Größe bis zu $6\frac{1}{2}$ cm, und zwar nicht mehr als 30 Proz. von $6\frac{1}{2}$ cm zu 3 cm und 10 Proz. von 18 mm bis 12 mm, um die Lücken zwischen den größeren Steinen auszufüllen. Das kleine Korn, wie zuletzt erwähnt, soll jedoch nicht beim Mischen verwendet werden, sondern auf die Oberfläche der vorgewalzten Straße gebracht werden, damit es mit eingewalzt wird. Die Steine müssen vor dem Überziehen mit Teer gut getrocknet sein. Der Teer, der zum Bau der Straßen verwendet wird, soll den Teeren entsprechen, wie sie bei der Oberflächenbehandlung der Straße mit Teer beschrieben worden sind (vgl. S. 245). Wird der dünnere Teer Nr. 1 verwendet, namentlich bei heißem Wetter, so muß das geteerte Material genügend lange der Luft ausgesetzt werden, damit der Teer an der Oberfläche etwas erhärtet. Bei Verwendung des dickeren Teers Nr. 2 soll jedoch das Material sobald als möglich nach dem Teeren verlegt werden, und dies Material ist daher besonders zur Verarbeitung bei heißem und sonnigem Wetter geeignet. Zur Teerung einer Tonne Stein sollen etwa 40 bis 55 Liter Teer verwendet werden, je nach der Größe der Steine, der Dicke des Teers, der angewendeten Methoden und anderer von Fall zu Fall variierender Bedingungen. Nachdem der Teermakadam auf die Straße gebracht und ausgebreitet ist, soll er gut ausgewalzt werden, jedoch nur so lange, bis seine Oberfläche glatt geworden ist. In jedem Falle ist weniger Walzen erforderlich als bei gewöhnlichen, mit Wasser und Schlamm gebundenen Makadamstraßen.

Eine Walze von 10 t genügt in den meisten Fällen. Wenn möglich, soll man mit einer 6 t-Walze vor- und mit einer 10 t-Walze nachwalzen. Es ist angebracht, nach Fertigstellen der Straße einen Überzug von Teer zu geben, nachdem die Straße für einige Wochen dem Verkehr ausgesetzt war. Der Teer soll möglichst dick sein und den Bedingungen entsprechen, wie sie für Teer Nr. 2 vorgeschrieben sind. Die Temperatur des Teers soll mindestens 133°C sein. Der Überzug wird schließlich mit Steinschlag oder Kies, dessen Größe 6 mm nicht überschreiten soll, bedeckt.

Für die Anwendung der Durchtränkungsverfahren (Pechmakadam) gelten ganz dieselben Vorschriften wie zur Herstellung des Makadams nach der Mischmethode. Diese Art Makadam kann in einer oder zwei Schichten gelegt werden. Die erste variiert in der Dicke von $6\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{2}$ cm; nur in

vereinzelt Fällen bei sehr leichtem Verkehr kann man bis 5 cm herabgehen. Der doppellagige Teermakadam nach der Durchtränkungsmethode benötigt dagegen eine Dicke von 10 bis 12 cm. Er soll aus 60 Proz. Steinen von 6 $\frac{1}{2}$ cm und 35 Proz. Steinen von 6 $\frac{1}{2}$ bis 3 cm bestehen. Dazu kommen noch 5 Proz. Feinschlag von 10 bis 20 mm, die als Verschußdecke beim Nachwalzen gebraucht werden. Das Bindematerial besteht aus Pech, für welches folgende Vorschriften gelten:

Das Pech soll aus der Destillation von Kohlen herrühren, kann aber bis 10 Proz. W ssergasteerpech enthalten. Unter 133°C sollen nicht mehr als 1 Proz. Destillat, zwischen 133°C und 157°C nicht weniger als 2 und nicht mehr als 5 Proz. destillieren. Es soll nicht mehr als 22 Proz. freien Kohlenstoff enthalten. Enthält das Pech mehr Kohlenstoff, jedenfalls nicht mehr als 28 Proz., so muß eine entsprechende Verminderung an Sandzusatz eintreten. Das Pech wird mit Teerölen gemischt. Eine genaue Vorschrift bezüglich der Mischung läßt sich nicht angeben, da die Härte des Pechs an sich verschieden ist und man das Gemisch je nach den klimatischen Bedingungen härter oder weicher halten muß, doch wird man im wesentlichen mit einem Gemisch von 88 bis 90 Proz. Pech und 10 bis 12 Proz. Teeröl auskommen. Das Teeröl soll herrühren von Steinkohlenteer und ein spezifisches Gewicht von 1,065 bis 1,075 bei 20° haben; eine halbe Stunde lang auf 20°C abgekühlt, soll es keine Ausscheidung von festen Bestandteilen zeigen. Das Öl soll keine leichten Öle oder Wasser enthalten und nicht mehr als 1 Proz. bis 160° übergehen lassen. Zwischen 160°C und 233°C sollen 30 bis 50 Proz. destillieren.

Der Stein soll trocken sein, wenn das Pech aufgegossen wird. Wenn nötig, kann man die Oberfläche der Straße bei feuchtem Wetter durch Decken schützen oder, wenn der Stein schon feucht geworden ist, durch Gebläselampen trocknen. Die Menge des erforderlichen Pechs beträgt, je nach der Dicke der Schicht, bei 5 cm Dicke 5 bis 6 Liter, für 6 $\frac{1}{2}$ cm 7 Liter, bei 7 $\frac{1}{2}$ cm 9 bis 10 Liter pro Quadratmeter, je nach der Art und Größe des Steines, doch läßt sich eine genaue Vorschrift nicht geben. Jedenfalls müssen die Lücken alle gut ausgefüllt sein. Das Pech soll eine Temperatur von 150°C haben, wenn es aufgegossen wird, und außerdem wird der reine, scharfe Sand auf 200°C erhitzt. Man vermengt dann in einem Mischgefäß gleiche Teile Pech und Sand und rührt gut um, so daß ein gleichmäßiges Gemisch entsteht. Mit diesem Gemisch füllt man Kannen von 10 bis 15 Liter Inhalt, rührt das Material gut um und gießt es auf die Straßenoberfläche. Das Walzen soll sofort nach Aufbringen des Pechs beginnen, bevor das Gemisch von Sand und Pech hart wird; dann werden die oben erwähnten 5 Proz. Feinschlag aufgestreut, zum Teil vor dem Walzen und der Rest während des Walzens selbst. Die Straße kann sofort nach der Abkühlung dem Verkehr übergeben werden.

Ist der Verkehr sehr schwer, so daß eine Makadamschicht von 10 bis 12 cm Dicke erforderlich ist, so bringt man diese in zwei Lagen auf. Die unterste Lage soll aus gröberem Stein von 5 bis 7 $\frac{1}{2}$ cm bestehen, und beim Einwalzen dieser Schicht soll Feinschlag aufgebracht werden. Dieser Stein kann aus irgend welchen billigen, in der Nähe des Bauplatzes vorhandenen Materialien bestehen. Die obere Schicht dagegen muß von hartem Material sein, und auf diese Schicht kommen dann die erwähnten 5 Proz. Feinschlag, die zum Füllen der Zwischenräume beim Walzen dienen. Für Teermakadam nach

dem Tränkungsverfahren in zwei Lagen sind bei einer Dicke von 10 cm 15 Liter Pechmischung pro Quadratmeter erforderlich, und bei 12 cm Stärke 16 $\frac{1}{2}$ Liter. Diese Mengen variieren natürlich gleichfalls, je nach der Art und Größe des verwendeten Gesteins.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß diese Vorschriften, soweit sie die Herstellung der Straßendecke betreffen, nicht wörtlich zu nehmen sind. Nur bei ganz kleinen Ausführungen wird man das Material in Eimern auf die Baustelle schütten. Bei großen Ausführungen bedient man sich genau derselben Apparate, Maschinen und Gerätschaften, wie sie bei der Beschreibung der Walzasphaltarbeiten eingehend geschildert worden sind. Sie lassen aber erkennen, welche hohe Beachtung man in England seitens der Behörden dem Bau von Teermakadamstraßen entgegenbringt und welche große Fortschritte man in diesem Lande auf dem einschlägigen Gebiet gemacht hat.

Nach Asph.- und Teerind.-Ztg. 1911, S. 340, spielt für die Herstellung von Teer- und Pechmakadam die Porosität des Gesteins eine gewisse Rolle. Poröse Steine sind möglichst nicht zu verwenden, da sie das Eindringen von Wasser in das Gesteinsinnere und mithin auch Beschädigungen durch Frost ermöglichen. Die Steine sollen möglichst Würfelform haben, da sich solche am besten lückenlos zusammenfügen lassen. Die Steine werden am günstigsten durch Walzenbrecher hergestellt; Rundbrecher bewähren sich weniger gut, während Backenbrecher am ungünstigsten arbeiten.

Das Gemisch der verschiedenen Korngrößen muß im unbehandelten Zustande so dicht wie möglich sein und schon an und für sich eine gewisse Tragfestigkeit haben. Das bituminöse Material dient dann nur dazu, die Steine aneinander zu kleben. Geeignete Mischungen, die diese Bedingungen erfüllen, sind folgende: Grobschotter 5 bis 6 cm Korngröße, $\frac{4}{3}$ Raumteil, Feinschlag 3 bis 4 cm, $\frac{2}{4}$ Raumteil, Grus 1 bis $\frac{1}{2}$ cm, 1 Raumteil. Noch besser eignet sich nach Erfahrungen von Scheuermann folgendes Verhältnis: Grobschotter 5 bis 6 cm, 2,3 Raumteile, Feinschlag 3 bis 4 cm, 0,7 Raumteile, Grus 1 bis $1\frac{1}{2}$ cm, 1 Raumteil.

Arbeitet man nicht mit Teer, sondern mit Gemischen aus Pech und Öl, so ist an das Pech die Anforderung zu stellen, daß es bitumenreich sei, das Öl schwer flüchtig und die Pechölmischung frei von Substanzen ist, die zur Kristallisation neigen.

Sehr gute Erfahrungen hat man in England mit dem von der Northern Quarries Company Limited¹⁾ in Grange-over Sands ausgeführten Pflaster gemacht, welche nach einem ihr geschützten Verfahren (D. R.-P. Nr. 174 971, 1904) Teermakadamstraßen ausführt, „Quarrite-Pavement“ genannt, wozu sie sich besonderer, sehr wirksamer und gleichfalls patentierter Mischmaschinen (D. R.-P. Nr. 177 949, 1904) bedient. Diese Maschinen sind so kräftig gebaut, daß sie gegen die schwerste Beanspruchung standhalten und auch gegen Temperaturschwankungen unempfindlich sind. Der Mischkessel besteht aus einem horizontal in Achsen gelagerten schmiedeeisernen Zylinder, dessen obere Mantelseite in ihrer ganzen Längsausdehnung auf etwa $\frac{1}{3}$ ausgespart ist; über dieser Öffnung liegen, gleichfalls in der ganzen Längsausdehnung des Zylinders, drei Rinnen, wovon die mittlere für Teer, die beiden seitlichen für groben und feinen Kleinschlag bestimmt sind. Der Auslauf der drei Rinnen,

¹⁾ Bitumen 1907; Andés, I. c., S. 167.

welcher das Material gleichmäßig in der ganzen Länge des Mischkessels fallen läßt, kann durch besondere Vorrichtungen so geregelt werden, daß die Mischung jederzeit ganz gleichmäßig und im richtigen Verhältnis erfolgt. Ein kräftiger Rührer an horizontaler Stelle mit Zahnräderübertragung besorgt in kürzester Zeit eine intensive Mischung des Materials, welches durch Drehen des Zylinders um 180° direkt in darunter gefahrene Transportwagen fällt, um der Verarbeitungsstelle zugefahren zu werden. Das Verfahren wird in Deutschland durch die Firma Deutsche Teerbetonwerke, G. m. b. H., ausgeführt. Das Wesentliche bei dem Verfahren besteht darin, die Zwischenräume zwischen den Steinen nach bestimmten Grundsätzen durch feines, anorganisches Material auszufüllen, so daß möglichst wenig Hohlräume entstehen. Durch die dichtere Lagerung wird nicht nur eine Ersparnis von Bitumen dadurch erzielt, daß die Hohlräume zwischen den Steinen nicht mit dem teuren Bitumenmaterial, sondern mit dem billigen Steinschlag oder Sand ausgefüllt werden, sondern es wird dadurch auch eine feste Decke geschaffen, bei der sich die einzelnen Bestandteile nicht aneinander reiben und abnutzen können.

Die Güte des Quarritepflasters wird vor allem dadurch erreicht, daß Gesteinsmasse und bituminöser Binder für sich sorgfältig durchgearbeitet und vorbereitet werden, ehe sie zur Mischung gelangen. Der Teer wird mit dem auf maschinellern Wege gut getrockneten, vom Staube befreiten und angeheizten Schotter gemischt, nachdem die einzelnen Bestandteile des Schotters in solchen Mengen angewendet wurden, daß eine möglichst dichte Mischung ohne viel Hohlräume entsteht. Infolgedessen nutzt sich die Decke dann auch im Verbrauch gleichmäßig ab.

Ein ähnliches, aber augenscheinlich viel roheres Verfahren wird von Aeberli¹⁾ empfohlen; hier werden Teer und Kleinschlag oder Kies in einer geheizten, schräg liegenden, rotierenden Trommel gemischt, die sie am tiefsten Punkt als fertige Mischung verlassen. Die Mischung wird in Haufen gebracht und — mit Mist u. dgl. bedeckt — gegen Abkühlung geschützt mehrere Wochen liegen lassen, bevor sie verwendet wird. Dabei soll eine Art Gärung (!) eintreten und der Teer tief in die Poren des Steinmaterials eindringen. Die Mischung wird wie üblich auf die Packlage durch Dampfwalzen eingewalzt. Die Kosten sollen sehr gering sein: auf 1 cbm Steinmaterial soll sich der Teerverbrauch bei Kies auf 20 kg, bei Kalksteinkleinschlag auf 25 kg stellen. Die Mischmaschine wird per Hand von vier Arbeitern bedient und leistet täglich 10 bis 15 cbm fertiges Material.

Die Westdeutschen Teer- und Asphaltwerke in Bonn stellen Teermakadam her, der Steine von 1 bis 5 cm Stärke und außerdem Steingrus enthält. Die Steine werden in einer Trommel erhitzt und getrocknet und dann mit einem Teerpräparat, das nach einem Verfahren von Kippenberger dargestellt wird, behandelt; das Material wird auf der Straßenoberfläche eingewalzt wie gewöhnlicher Teermakadam. Die Straße erhält schließlich noch einen Oberflächenanstrich mit demselben Präparat, der mit feinem Sand und scharfem Grus eingewalzt wird. Zurzeit sind etwa 50 000 qm Straßenoberfläche nach diesem Verfahren hergestellt worden.

Ähnliche Verfahren gibt es noch in großer Anzahl; wir müssen auf die Fach- und Patentliteratur verweisen. Erwähnen wollen wir noch ein Ver-

¹⁾ Andés, a. a. O., S. 168.

fahren, das F. Raschig¹⁾ angegeben hat und das auf der Verwendung einer Teeremulsion mit Wasser beruht, die er als „Kiton“ (D. R.-P. Nr. 216212; D. R.-Wz.) bezeichnet.

Kiton ist, wie wir gesehen haben, ein durch Zusatz von geringen Mengen eines fetten Tons mit Wasser emulgierbar gemachter Teer und besitzt die Eigenschaft, nach dem Eintrocknen von Wasser unbenetzbar und unangreifbar zu sein; der Teer macht den Ton also wasserbeständig und wasserfest. Kiton enthält 50 Proz. Teer, besitzt das Aussehen und die Konsistenz von Stiefelwiche und läßt sich beliebig mit Wasser verdünnen, ohne daß der Teer sich in Tropfen ausscheidet; er setzt sich vielmehr bei längerem Stehen als zartes, schwarzes Pulver ab, das bei erneutem Rühren sofort wieder in Emulsion übergeht.

Um eine neue Schotterdecke durch Kitonbehandlung mit genügenden Mengen Teer zu tränken, so daß sie wasserundurchlässig und möglichst staubfrei wird, empfiehlt Raschig, ihr pro Quadratmeter nicht weniger als 2 kg Kiton (entsprechend 1 kg Teer) einzuverleiben.

Die Ausführung erfolgt in der Weise, daß man, wie auch sonst üblich, den Schotter trocken oder schwach angefeuchtet niederwalzt, daß man dann diese Schotterdecke mit einem Gemisch von 75 bis 80 Tln. Wasser mit 20 bis 25 Tln. Kiton möglichst gleichmäßig begießt, so daß auf den Quadratmeter 10 kg dieses Gemisches kommen, und daß man darauf die Straße unter Zusatz von Sand — wenn nötig unter Zugabe von etwas Wasser — fertigwalzt.

Das Kiton wird erst kurz vor seiner Verwendung, also in der Nähe der Baustelle, mit Wasser gemischt. Es muß bis zum Augenblick, wo es auf den Schotter gebracht wird, ständig aufgerührt gehalten werden. Zweckmäßig dient zu seiner Auflösung daher ein Rührwagen, d. h. ein zylindrischer Wasserwagen, in dessen Inneren ein vom Hinterrad angetriebenes Rührwerk sitzt.

Bei eingerücktem Rührwerk fährt man mit diesem Sprengwagen fortwährend auf der Schotterdecke hin und her und läßt das Kitonwasser so auslaufen, daß man bei gewölbter Straßendecke in der Mitte erheblich mehr Kitonwasser gibt als an den Seiten, bringt schließlich das Bindemittel (Sand usw.) auf und walzt fertig — genau in der sonst geübten Weise.

Weitere hierher gehörige Verfahren sind das Durax- und Plaskompflaster, ersteres als Unterlage für Kleinsteinpflaster.

Nach einem Verfahren der Neuchatel Asphalte Company, Limited, soll versucht werden, eine Kombination von Stampfasphalt und Teermakadam zur Befestigung von Straßenoberflächen zu verwenden. Im wesentlichen beruht sie darauf, an Stelle der Zementbetonunterlage für den Stampfasphalt eine Unterlage von Teerbeton herzustellen. Die zu belegende Makadamstraße wird in einer Tiefe von 4 bis 5 cm aufgebrochen und das aufgebrochene Material entfernt. Der Untergrund wird ausgeglichen und mit einem Pechanstrich versehen, um den Teermakadam besser anhaften zu lassen. Der Teermakadam setzt sich zusammen aus 60 Proz. Steinschlag und 40 Proz. Flußkies, der getrocknet und in einem Rührwerk mit 8 bis 10 Proz. Bitumenmischung (Pech-Ölmischung) überzogen wird. Das damit behandelte Material wird dann bei 80° auf die Unterlage gebracht, eingestampft und mit einer leichten Walze abgewalzt. Auf diese Unterlage kommt eine Schicht von etwa 5 mm Stampfasphaltpulver, das bei 80° abgedarrt war und das in derselben Weise

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1910, S. 973.

behandelt wird wie eine Stampfasphaltstraße. Die eigentliche Tragfähigkeit wird von der Unterschicht ausgeübt, während die Oberschicht nur dazu dienen soll, der Straße ein glattes und fugenloses Äußere zu verleihen, und sich in dieser Hinsicht wahrscheinlich besser bewährt als der Oberflächenanstrich bei Teerstraßen und Asphaltmakadamstraßen. Zur Herstellung einer solchen dünnen Stampfasphaltdecke ist aber nur bestes Asphaltmehl zu gebrauchen, da minderwertiges bald Risse und Sprünge bekommt. Sobald sich die obere Schicht durch den Verkehr abgenutzt hat, unterscheidet sich eine solche Straße in nichts mehr von einer gewöhnlichen Teermakadamstraße. Sie kann aber jederzeit mit Leichtigkeit wieder mit einer neuen Oberflächenschicht versehen werden.

In ähnlicher Weise wie aus Stampfasphalt, Gußasphalt und Walzasphalt hat man auch versucht, Pflasterklötze und Platten für verschiedene Zwecke aus Steinkohlenteerpech herzustellen, die somit zu dem Pechmakadamverfahren zu zählen sind. Wir führen nur folgende an:

Klemens Dörr¹⁾ stellt einen Kunststein für Straßenbau, der vor einigen Jahren in Deutschland größere Beachtung gefunden hat, wie folgt her. Der Teer wird in geheizten Trommeln mit sortiertem, vorher getrocknetem Kies gemischt und die Destillate kondensiert. Das Gemisch wird in Pressen durch einen Druck von 4 Atm. zu Platten oder Ziegeln geformt, die auf dem Transportriemen durch Wasser gekühlt werden. Sie bestehen aus 17 bis 20 Proz. Teer bzw. Pech und 83 bis 80 Proz. Kies. Um 1904 wurden davon etwa 4000 t pro Jahr hergestellt. Die Platten besitzen eine raue Oberfläche und sind daher nicht nur sehr gut geeignet für Seitenfußwege, sondern auch für Ställe; sie sind vollkommen wasserdicht und geben einen warmen Stallboden ab. In Stuttgart verwendete man dieses Material für fugenlose Straßen. Zu diesem Zwecke wurde es in warmem Zustande aufgebracht, eingerammt und nach 3 bis 4 Tagen gewalzt. Dort verwendete man dazu Basaltklein und präparierten Teer; die Platten waren 10 cm dick und kosten 5 \mathcal{M} pro Quadratmeter. Es wurden folgende Vorzüge angegeben: Vermeidung von Straßenlärm und Ausgleiten, Widerstand gegen Wasser und alkalische Flüssigkeiten und unbedeutende Abnutzung. Trotzdem hat sich das Verfahren in Deutschland auf die Dauer nicht zu halten vermocht.

Dagegen hat sich ein anderes, gleichfalls auf der Verwendung von Pech als Bindemittel basierendes Verfahren, das in Amerika von der Firma Warren Bros. ausgebildet worden ist, allgemeiner Anwendung und Beliebtheit zu erfreuen. Die nähere Zusammensetzung der als „Bithulitic Pavement“ bezeichneten Mischung wird geheimgehalten. Die Zubereitung erfolgt — im Gegensatz zu Teermakadam — an Ort und Stelle der Verwendung, weil dieselbe durch längeren Transport erkalten und ihre Verarbeitungsfähigkeit verlieren würde. Die Straßen sind für schweren Lastverkehr geeignet.

Powell gibt 1905²⁾ einen günstigen Bericht darüber aus England. Die Kosten der Apparatur betragen 8000 \mathcal{M} . Die tägliche Herstellung von 35 t des Gemisches verbraucht 1,25 t Teer, 200 kg Pech, 250 kg Koks und 4,25 \mathcal{M} Gesamtkosten pro Tonne Kies, einschließlich Zinsen und Amortisation. Während man vorher die Straßen alle drei Jahr reparieren mußte, halten sie jetzt 7 bis 8 Jahr aus und sind völlig frei von Staub und Kot.

¹⁾ D. R.-P. Nr. 137567, 1898; vgl. auch ein weiteres D. R.-P. Nr. 144322 von Rubitschung. — ²⁾ Journ. of Gas Lighting Nr. 2207, S. 554.

Eine weitere Entwicklung des Pechmakadamverfahrens ist auch das von Hennig und Hambloch¹⁾ angegebene „Pyknotonpflaster“, das auf der Anwendung von Traß in Verbindung mit Lösch- und Ätzkalk als Einbau, Befestigungs- und Dichtungsmittel des Teerschotters besteht. Man arbeitet mit einem Gemisch aus Anthracenöl und Pech, das nicht in stationären Anlagen, sondern in transportablen Maschinen an Ort und Stelle hergestellt wird. Die Arbeitsweise ist folgende:

Zunächst wird auf einen guten Unterbau zur Innenbildung des Straßenkörpers eine pulverisierte trockene Mischung von Traß, Ätzkalk und Kalkhydrat in einem dem Teerpräparat entsprechenden Verhältnis gebracht, die vorher getrocknet und den Stein- und Staubsorten beigemischt wird, bevor sie zur Teerung gelangen. Dieses Gemisch von Traß, Ätzkalk und Kalk heißt Pyknoton I. Darauf bringt man eine zweite Schicht, indem man eine Lage pulverisiertes trockenes Gemisch von Traß, Ätzkalk und Kalkhydrat, genannt Pyknoton II, mit feinem reinen Sand bis 1 mm Korngröße trocken mischt, in dünnen Lagen aufstreut, mit Wasser näßt und mit Piassavabesen einschlemmt. Auf diese Lage kommt noch eine zweite, die in gleicher Weise behandelt wird.

Nachdem wir nunmehr in den vorangegangenen vier Kapiteln die Verwendung von Asphaltprodukten im Straßenbau in ausführlicher Weise besprochen haben, soll auch der wirtschaftlichen Seite an der Hand von zahlenmäßigem Material noch kurz gedacht werden. Zur Entscheidung der Frage, für welche Pflasterungsart sich eine Stadt für eine bestimmte Straße entschließen soll, kommen verschiedene Gesichtspunkte in Betracht, wie Preis, Dauerhaftigkeit, Reinlichkeit, Geräuschlosigkeit u. dgl. Die erste Frage betrifft wohl in der Regel den Preis, und es liegen hierüber verschiedene Unterlagen vor.

Die Kosten der Fahrbahnbefestigung betragen nach Schwenke²⁾ pro Quadratmeter für:

1. Chaussierung nach Trésaguet	4,25 <i>M</i>
2. Makadam	4,35 „
3. Polygonalpflaster auf Kies	5,90 „
4. Reihenpflaster auf Kies (Granitsteine III. Kl.)	12,00 „
5. Reihensteinpflaster auf Chaussierung (Granitsteine III. Kl.)	13,70 „
6. Kleinsteinpflaster auf Chaussierung (Granit)	9,00 „
7. Schlackensteinpflaster	10,00 „
8. Granulitpflaster (Granulitsteine II. Wahl)	10,20 „
9. Vulkanol auf 20 cm starker Betonunterlage	14,00 „
10. Gußasphalt, 4 cm stark, auf 15 cm starker Betonunterbettung	7,25 „
11. Stampfasphalt, 5 cm stark, auf 20 cm starker Betonunterbettung	12,50 „
12. Asphaltplatten, 4 cm stark, auf 20 cm starker Betonunterbettung	9,25 „
13. Australisches Hartholzpflaster, 10 cm hoch, auf 20 cm starker Betonunterbettung	19,50 „
14. Weichholzpflaster, 10 cm stark, auf 20 cm starker Betonunterbettung	15,00 „
15. Zementmakadam, System Kieserling	10,40 „
16. Quarritepflaster auf Packlage	9,25 „
17. Quarritepflaster auf 15 cm starker Betonunterbettung	7,25 „

¹⁾ Asph.- u. Teerind.-Ztg. 1911, S. 320. — ²⁾ Ebenda 1912, S. 103.

Bestand der Fahrwegflächen verschiedener Großstädte nach der Art der Befestigung, am Schluß des Verwaltungsjahres 1908; angegeben in Ar.

	Besseres Steinpflaster	Geringeres Steinpflaster	Schlacken- pflaster	Asphalt	Zement	Holz- pflaster	Klein- steine	Kies	Makadam	Chaussiert	Anderes Pflaster
Berlin	33 505	3 259	—	27 574	216	1280	1	—	—	192	—
Bremen	15 542	242	215	19	102	135	18	—	251	—	—
Breslau	11 513	4 078	—	903	—	332	—	—	—	1 915	—
Charlottenburg	1 346	1 636	33	8 399	—	600	70	—	—	1 028	—
Chemnitz	3 427	42	20	91	—	72	88	—	—	14 068	6
Cöln	20 645	2 345	5	1 991	—	151	213	3339	7 797	—	5
Dresden	11 613	7 902	1 787	2 562	225	199	99	—	6 307	17 687	710
Düsseldorf	6 933	1 157	49	1 943	—	26	—	3003	—	1 634	4 016
Essen	7 113	—	—	60	140	11	414	—	—	5 050	2 352
Frankfurt a. M.	9 861	4 560	58	3 365	234	587	1857	—	—	7 376	—
Hamburg	15 483	20 499	912	2 957	133	242	124	—	—	1 066	3 085
Hannover	12 419	301	793	2 066	—	—	516	170	—	3 492	—
Königsberg	2 941	5 666	—	255	1	194	115	560	—	1 236	110
Leipzig	9 061	6 742	8 260	3 093	28	615	24	325	8 950	—	—
Magdeburg	13 728	—	—	540	—	33	739	830	—	182	—
München	15 436	—	—	2 359	31	220	550	65	21 585	—	8
Nürnberg	9 300	—	—	204	—	43	14	—	—	11 365	1
Stettin	5 654	7 334	13	726	127	—	11	—	—	342	—
Stuttgart	8 912	—	—	453	—	32	21	—	—	7 759	10
Lichtenberg	2 859	1 399	82	155	—	—	—	—	—	—	—
Neukölln	6 014	300	—	578	168	—	—	—	—	35	—
Schöneberg	2 159	416	1	3 482	—	60	—	—	—	—	—
Wilmsdorf	2 755	1 108	—	2 732	—	62	—	—	—	82	—
Summe	221 355	75 850	12 228	66 507	1405	4374	4874	8292	44 890	74 509	10 303

Nach ihrem wirtschaftlichen Werte rangieren die Aufwendungen, die die einzelnen Pflasterarten im Laufe von 20 Jahren verlangen, pro Quadratmeter folgendermaßen:

1. Gußasphalt, 4 cm stark, 15 cm Beton	8,25 <i>M</i>
2. Quarrite, 5 cm stark, 15 cm Beton	8,40 "
3. Granitreihenpflaster III. Kl., 25 cm Chaussierung	8,55 "
4. Quarrite, 10 cm stark, 18 cm Chaussierung	8,65 "
5. Kleinsteinpflaster, 25 cm Chaussierung	8,90 "
6. Granitreihenpflaster III. Kl., 20 cm Kies	8,95 "
7. Granulitpflaster, 20 cm Kies	9,75 "
8. Asphaltplatten, 4 cm stark, 20 cm Beton	10,60 "
9. Vulkanol, 20 cm Beton	11,00 "
10. Polygonalpflaster, 20 cm Kies	12,10 "
11. Stampfasphalt, 5 cm stark, 20 cm Beton	13,75 "
12. Kieserlings Asphaltzementpflaster, 15 cm Kies	14,95 "
13. Schlackensteinpflaster, 20 cm Kies	15,70 "
14. Chaussierung nach Trésaguet	17,40 "
15. Chaussierung nach Mc Adam	17,70 "
16. Schwedische Kiefer	24,75 "
17. Australisches Hartholz	26,95 "

Bei Aufstellung dieser Tabelle sind die amerikanischen Walzasphaltstraßen, für die dem Referenten anscheinend keine Daten vorlagen, nicht berücksichtigt worden. Die entsprechenden Zahlen sind unter dem Kapitel „Walzasphalt“ angefügt worden.

Von größerem Interesse dürfte auch die Zusammenstellung auf Tabelle S. 263 sein.

Zehntes Kapitel.

Die Fabrikation der Dachpappe und der Isolierplatten.

Die Erfindung der Dachpappe reicht, wenn man die Erzeugnisse des schwedischen Admiraltätsrats Faxa und des Deutschen Michael Kag als solche bezeichnen will, wie wir gesehen haben, bis zum Ende des 18. Jahrhunderts zurück. Gilly¹⁾ erkannte die Wichtigkeit der Erfindung und empfahl sie dem deutschen Publikum zur Einführung. Dachpappe ist denn auch nach der genannten Quelle an verschiedenen Plätzen Deutschlands als Dachbedeckungsmaterial zur Anwendung gekommen, allein die politischen Wirren zu Anfang des vorigen Jahrhunderts scheinen jegliche Spur derselben wieder vernichtet zu haben, wenigstens war es Büsscher²⁾ nicht möglich, auch nur von der einstigen Existenz derer, die Gilly als Besitzer von Pappdächern in seinem Werke anführt, etwas in Erfahrung zu bringen. Es ist das Verdienst der Firma Büsscher & Hoffmann, die Dachpappenindustrie zu Ende der dreißiger Jahre im vorigen Jahrhundert in Deutschland wieder eingeführt und dem Material für die Dachbedeckung Eingang verschafft zu haben. Büsscher wandte sich direkt an die schwedische Regierung und erhielt von derselben eine Anleitung zur Herstellung von Pappdächern, nach welcher er diese Bedachungsart zum erstenmal bei seinen Fabrikgebäuden in Neustadt-Eberswalde zur Ausführung brachte.

Bis dahin vermochte man die Dachpappe nur in einzelnen Bogen, wie solche von den Papier- und Pappfabriken durch Schöpfarbeit gewonnen wurden, herzustellen. Einen sehr wesentlichen Fortschritt in bezug auf Einfachheit und Billigkeit der Herstellung von Dachpappe und Pappdächern, der die Lebensfähigkeit dieser heute so blühenden Industrie überhaupt erst begründete, machte man, als es Büsscher & Hoffmann gelang, die Dachpappe statt wie bisher in einzelnen Bogen in endlosen Rollen herzustellen, welche, wie das Papier, auf maschinellem Wege erzeugt worden waren.

Mit dieser Verbesserung änderte sich natürlich auch die Art und Weise der Herstellung der Dachpappe. Bestand dieselbe in den ersten Anfängen

¹⁾ Landbaukunst, I. Tit., 1, 190 u. f. — ²⁾ Mitteilungen über wasserdichte Baumaterialien der Firma Büsscher & Hoffmann, Bahnhof Eberswalde. Halle 1877, S. 9.

der Industrie noch einfach darin, daß man die quadratischen Papptafeln durch Eintauchen in erhitzten Teer imprägnierte und dann abtropfen und trocknen ließ oder mit Sand bestreute, so konstruierte man jetzt besondere Imprägnierpfannen mit Spulen, mittels deren die aufgewickelte Rohpappe in den heißen Teer eingetaucht und nach erfolgter Imprägnierung auf mechanischem Wege aufgewickelt wurde. Den oberflächlich anhaftenden, überschüssigen Teer entfernte man dadurch, daß man die Pappe ein über der Pfanne angebrachtes, entgegengesetzt rotierendes Walzenpaar passieren ließ, das den Teer abstrich und in die Imprägnierpfanne zurückfallen ließ. Der Betrieb der Pfanne geschah ausschließlich durch Handarbeit, und diese Arbeitsweise ist in älteren Dachpappenfabriken auch heute noch vielfach in Anwendung. Man hat lange versucht, die Handarbeit durch die billigere Maschinenkraft verrichten zu lassen, kam aber zu keinem günstigen Resultat, weil die mit Teer durchsetzte Pappe in ihrem Gefüge so stark gelockert ist, daß sie, ohne zu zerreißen, nur mit Vorsicht durch die Abstreichwalzen gezogen werden kann. Offenbar hat es auch lange an der nötigen Präzision in der Konstruktion der mechanisch betriebenen Walzen gefehlt, so daß die imprägnierte Pappe nicht in glatten Bahnen hindurchgeführt werden konnte, häufig Einrisse und Überlappungen auftraten und das Resultat ein unbrauchbares Material war.

In den deutschen Dachpappenfabriken, die gewohnt waren, mit den denkbar einfachsten Mitteln zu arbeiten, hatte man diese Versuche längst als aussichtslos aufgegeben, als man schon in Amerika, wo der Ersatz der teuren Menschenkraft durch die billigere Maschinenkraft aus zwingenden Gründen viel weitere Fortschritte gemacht hatte, als bei uns, dazu übergegangen war, auch die Herstellung der Dachpappe auf rein maschinellm Wege durchzuführen. Inzwischen hat auch in deutschen Dachpappenfabriken diese moderne Arbeitsweise mehr und mehr Eingang gefunden, und es haben sich namentlich die Firmen Heinrich Hirzel, G. m. b. H. in Leipzig-Plagwitz, Maschinenfabrik Calbe a. S., G. m. b. H., in Calbe und Albert Lück in Leopoldshall-Staßfurt durch Konstruktion geeigneter Imprägniermaschinen verdient gemacht. Dagegen haben einige andere Vorschläge der neueren Zeit, welche davon ausgehen, das Imprägnieren der Rohpappe gleich mit der Papiermasse im Holländer unter Anwendung von Teer statt des Wassers vorzunehmen, keinen Eingang in die Technik gefunden, offenbar weil sich bei der weiteren Verarbeitung der so vorbereiteten Masse zwischen den Walzen und Trockenzylindern der Papiermaschinen doch noch größere Schwierigkeiten bieten.

Einen weiteren großen Fortschritt der Dachpappenindustrie bedeutete die Erfindung und Einführung der Asphalt-Isolierplatten durch Büsscher & Hoffmann (1855), die aus mehreren Schichten Asphalt mit Zwischenlagen langfaseriger imprägnierter Stoffe, wie Dachpappe, Teerfilz zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Zug, Stoß und Druck bestehen und zur Abdeckung von Fundamentmauern, Gewölben usw. vielseitige Verwendung finden an Stelle der früher üblichen Isolierung mit einer Schicht von Gußasphalt.

Der Asphalt für sich allein und namentlich in der Weise, wie er fast durchgehends zu Isolierschichten sowie zur Abdeckung von Gewölben, Kasmatten, Altanen und Dächern verwendet wird, nämlich vermisch mit einer bedeutenden Quantität Sand und Kies, ist keineswegs sehr biegsam und zähe,

sondern er bricht und zerreißt leicht bei eintretenden Senkungen des Mauerwerks u. dgl. So notwendig dieser Zusatz bei Herstellung von Trottoirs, Fahrstraßen, Bodenbelägen usw. zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen die Abnutzung durch Reibung, Stoß und Druck usw. auch ist, so verkehrt ist es, dem Asphalt diese Eigenschaften auf Kosten seiner Elastizität und Zähigkeit zu geben, wo es sich, wie bei Mauerisolierungen, darum handelt, die schützende Kontinuität desselben auch bei eintretenden Bewegungen der Unterlage zu erhalten. Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet ist die Erfindung der Asphalt-Isolierplatten eine Errungenschaft, deren Wert für die Bautechnik nicht hoch genug angeschlagen werden kann.

Mit dem Fortschreiten der Fabrikationsmethoden für die Dachpappe bildeten sich gleicherweise die Verfahren für die Eindeckung der Dächer mit diesem Material aus. Die Nachteile der Eindeckung mit quadratischen Papptafeln, welche auf der Dachschalung durch Nägel direkt angeheftet wurden und besonders im Zerreißen der Papplage beim Schwinden der Schalbretter sowie in der notwendigerweise sehr großen Anzahl von einzelnen Nähten bestanden, wurden durch die Einführung der Rollendachpappe sehr bald beseitigt. Durch Einführung der Eindeckung auf senkrecht zur Traufe laufenden, dreikantigen Leisten lernte man die Eindeckung von der Dachschalung unabhängig machen, und die Rollendachpappe an sich gewährte die Möglichkeit, die Anzahl der erforderlichen Nähte auf das geringste Maß zu beschränken. Die Einführung des Doppelpappdaches, der doppelagigen Kiespappdächer sowie des Holzzementdaches bedeuten weitere große Fortschritte in der Verwendung der Dachpappe.

In der nachfolgenden Darstellung werden wir die früheren Methoden zur Herstellung von Dachpappe und Pappdächern als überwundenen Standpunkt außer Betracht lassen und beschränken uns bezüglich derselben lediglich auf die im vorstehenden gegebene historische Entwicklung. Das moderne Verfahren zur Fabrikation von Dachpappen, Isolierplatten und zur Verwendung derselben dagegen werden wir in allen Einzelheiten schildern und die einschlägigen Patente anführen.

1. Die Rohmaterialien zur Fabrikation von Dachpappen und Isolierplatten.

Als Rohmaterialien für die Fabrikation von Dachpappen und Isolierplatten kommen ungeleimte Pappe in Rollen, sogenannte Rohpappe oder Wollfilz, ferner Imprägnier- und Deckmittel und endlich Streumaterialien zum Bedecken der Oberfläche in Frage.

Die Anfertigung der Rohpappe ist Sache der Papierfabriken und geschieht ganz nach dem Prinzip der modernen Maschinenpapierfabrikation. Die sorgfältig sortierten Lumpen, Papierabfälle u. dgl., welche möglichst aus reiner Wollfaser zu bestehen haben, werden auf „Reißwölfen“ oder ähnlichen Maschinen zerkleinert und gelangen in den „Holländer“, in welchem sie auf „Stoff“ verarbeitet werden. In der üblichen Weise passiert der Stoff darauf die Papiermaschine und verläßt dieselbe als fertige Ware in Rollen von 1 m Breite, beliebiger Länge und Stärke, welche durch Lochung oder Einschlitz in Streifen je nach Wunsch verschiedener Länge von 10, 15, 20 oder 25 m abgeteilt werden.

Die im Handel übliche Bezeichnung für die Stärke der Rohpappe ist abgeleitet von dem ungefähren Flächenraum, welchen 50 kg (1 Ztr.) derselben einnehmen. Für die Dachpappenfabrikation sind folgende Stärken üblich:

Nr. 00,	50er	Rohpappe,	50 kg =	50 qm,	Stärke etwa	2,00 mm
" 0,	60 "	" "	50 " =	60 " "	" "	1,75 "
" I,	75 "	" "	50 " =	75 " "	" "	1,66 "
" II,	90 "	" "	50 " =	90 " "	" "	1,40 "
" III,	120 "	" "	50 " =	120 " "	" "	1,00 "
" IV,	150 "	" "	50 " =	150 " "	unter	1,09 "
" V,	200 "	" "	50 " =	200 " "	" "	1,00 "
" VI,	250 "	" "	50 " =	250 " "	" "	1,00 "

Friese¹⁾ gibt folgende neuere Tabelle über die Stärke der Rohpappe:

50er	Rohpappe:	50 kg =	50 qm;	1 qm wiegt	1000 g
60 "	" "	50 " =	60 " 1 "	" "	833 "
80 "	" "	50 " =	80 " 1 "	" "	625 "
100 "	" "	50 " =	100 " 1 "	" "	500 "
120 "	" "	50 " =	120 " 1 "	" "	416 "
150 "	" "	50 " =	150 " 1 "	" "	334 "
170 "	" "	50 " =	170 " 1 "	" "	294 "
200 "	" "	50 " =	200 " 1 "	" "	250 "
250 "	" "	50 " =	250 " 1 "	" "	200 "
300 "	" "	50 " =	300 " 1 "	" "	166 "

Natürlich ist dieses Verhältnis nur ein annäherndes und in erster Linie abhängig von der Natur des verarbeiteten Stoffes, dem eventuellen Zusatz eines Beschwerungsmittels, dem Feuchtigkeitsgehalt sowie der mehr oder weniger engen Stellung der Trockenzylinder der Papiermaschine. Normale und gute Rohpappe sollte aber dieses Verhältnis sehr annähernd zeigen.

Die Existenz einer so großen Anzahl einzelner Pappstärken ist sicher von Übel und kann nur zu groben Täuschungen des Publikums führen; zuverlässigen Informationen zufolge geht man in den Kreisen der Dachpappenindustrie damit um, sie auf einige wenige Sorten zu reduzieren, für die dann ganz bestimmte Normen eingeführt werden können.

Die Rohpappe darf nicht geleimt sein, weil jegliche Leimung das Eindringen des Imprägniermittels verhindert. Sie sollte möglichst aus reiner Wollfaser bestehen, weil diese viel saugkräftiger als vegetabilische Faser ist, und auch ungleich widerstandsfähiger gegen den Einfluß der Atmosphärien und des Wassers. Eine möglichst langfaserige Masse liefert die beste Rohpappe, und es sollten keinesfalls, wie dies da und dort üblich ist, kurze Fasern, wenn auch animalischen Ursprungs, wie z. B. der Wollstaub der Wollkammereien u. dgl., in den Stoff verarbeitet werden. Übliche Surrogate, welche die Wollfaser zum Teil ersetzen sollen, sind Holzstoff, ausgebrauchte Gerberlohe u. dgl., von welchen namentlich die letztere die aus solcher Rohpappe hergestellte Dachpappe brüchig macht. Zum Beschweren finden Kreide oder Gips und Schwerspat in gepulvertem Zustande oder auch aufgeschlämmter Lehm, Kaolin u. dgl. Verwendung. Alle diese Zusätze sind natürlich zu vermeiden, weil sie nur in betrügerischer Absicht geschehen.

¹⁾ Asphalt- u. Teerind. Hannover 1908.

Luhmann¹⁾ gibt folgende Analysen der Zusammensetzung verschiedener Rohpappen aus zwei renommierten Fabriken, ohne dieselben übrigens als mustergültige Fabrikate bezeichnen zu wollen:

	I Proz.	II Proz.
Feuchtigkeit	7,345	7,405
Mineralische Bestandteile (Asche) . .	17,158	13,540
Wollfaser	33,037	35,250
Vegetabilische Faser	42,460	43,805
	100,000	100,000

Die Asche besteht aus kohlen saurem Kalk (II. kalkfrei), Eisenoxyd, Sand und Ton. Nach dem Mengenverhältnis der Bestandteile der Wollfaser müßte die ideale Zusammensetzung einer Rohpappe ungefähr die folgende sein:

Feuchtigkeit	5,0 bis 10,0	Proz.
Asche	0,3	„ 0,5 „
Wollfaser (in Kalilauge löslich)	89,5	„ 94,7 „

Aus begrifflichen Gründen ist es unmöglich, die zur Herstellung von Rohpappe dienenden Lumpen usw. vor der Verarbeitung so sorgfältig zu sortieren, daß nur animalische Faser in den Stoff gelangt; außerdem rührt ein großer Teil des Aschengehaltes der Rohpappe von den Verunreinigungen der Lumpen selbst her. Je mehr aber eine Rohpappe sich dieser idealen Zusammensetzung nähert, desto besser ist ihre Qualität.

Die meisten Dachpappenfabriken begnügen sich mit einer sehr einfachen Prüfung der Rohpappe. Diese besteht darin, daß man die Rohpappe scharf knickt, wobei die Oberfläche derselben nicht reißen, die Faser vielmehr nachgeben sollte; außerdem prüft man durch Spalten der Pappe auf die Beschaffenheit der Faser.

Erst in jüngster Zeit hat der „Verband deutscher Dachpappenfabrikanten“ unter Zuziehung des Königl. Materialprüfungsamtes in Groß-Lichterfelde Normalien für die Beschaffenheit der in der Dachpappenindustrie zu verwendenden Rohmaterialien aufzustellen begonnen, die an die Rohpappe bis einschließlich der 150er (= 334 g pro Quadratmeter) folgende Anforderungen stellen:

1. Zur Herstellung von Rohpappe dürfen lediglich folgende Arten von Rohstoffen verwendet werden:

- a) Lumpen,
- b) Abfälle aus der Textilindustrie, soweit sie faseriger Art sind,
- c) Altpapier.

Auswahl und Mischungsverhältnisse der Rohpappe bleiben den Fabrikanten überlassen. Direkter Zusatz von Holzschliff, Strohstoff, Torf, Sägemehl und mineralischem Füllstoff ist verboten.

2. Der Aschengehalt darf nicht mehr als 12 Proz. betragen.

3. Lufttrockene Pappe darf nicht mehr als 12 Proz. Wassergehalt führen.

¹⁾ Fabr. d. Dachp. usw., S. 23.

4. Alle Pappen, die geringere Aufnahmefähigkeit von Anthracenöl als 120 Proz. nach dem Eintauchen aufweisen, gelten für mangelhaft.

5. Rohpappe von normaler Dicke (400 g für den Quadratmeter und mehr) müssen ein Reißgewicht (für 15 mm breite Streifen) von mindestens 3 kg in der Längsrichtung haben.

6. Als oberste technische Instanz für die Frage der Erfüllung der Normen gilt das Königl. Preuß. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde.

Die Untersuchung von Rohpappen auf das Vorhandensein der durch die Normen festgelegten Eigenschaften muß in folgender Weise ausgeführt werden:

Entnahme der Probe. Aus fünf Rollen bzw. Ballen einer jeden Sorte werden einige Meter vom Ende entfernt Stücke von 25 cm Länge über die ganze Breite der Bahn entnommen und einmal zusammengekniff (Rand auf Rand). Bei ungünstigem Ausfall der Prüfung sollen auf Antrag des Lieferanten weitere fünf Rollen bzw. Ballen in gleicher Weise zur Prüfung herangezogen werden können. Ausschlaggebend ist dann das Mittel aus den Werten aller 10 Bogen.

Bestimmungen der Festigkeit. Aus jedem der fünf Probestücke wird neben dem Kniff und parallel zu diesem ein Streifen von 15 mm Breite in ganzer Länge (25 cm) entnommen, am besten mit Hilfe einer für derartige Zwecke besonders gebauten Schneidvorrichtung¹⁾. Diese fünf Streifen werden einzeln auf einem Festigkeitsprüfer zerrissen, der allen Ansprüchen, die die Materialprüfung an derartige Apparate stellt, entsprechen muß²⁾. Das aus den fünf Werten für die Bruchlast gebildete Mittel ist für die Festigkeit maßgebend.

Streifen, die in oder ganz nahe den Einspannklemmen des Apparates reißen, werden nicht berücksichtigt; an ihrer Stelle sind andere aus demselben Probestück entnommene Streifen zu prüfen. Bei der Vornahme der Prüfung ist darauf zu achten, daß die Luftfeuchtigkeit im Versuchsraum annähernd 65 Proz. beträgt.

Bestimmung des Aschengehaltes. Aus zwei der fünf Probestücke wird je 1 g Material entnommen und mit Hilfe der hierfür üblichen Vorrichtungen verascht. Das Mittel aus beiden Bestimmungen ist maßgebend³⁾.

Bestimmung der Feuchtigkeit (Wassergehalt). Aus zwei der fünf Probestücke wird unmittelbar nach dem Aufrollen und Abschneiden je ein 10 mm breiter Streifen über die ganze Breite der Bahn entnommen. Beide Streifen werden zusammen in ein Wäageglas gebracht (gekniff, zerschnitten oder anders), gewogen, bei etwa 100°C völlig getrocknet und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust ergibt den Feuchtigkeitsgehalt der Probe.

Aufnahme von Anthracenöl. Aus zwei der fünf Probestücke wird je ein Pappstreifen von 1 g entnommen. Die Streifen werden in aufrechter Stellung langsam in das Öl (Zimmerwärme) gesenkt, völlig untergetaucht, nach

¹⁾ Abgebildet und beschrieben in Herzbergs Papierprüfung, 3. Aufl. S. 9. —

²⁾ Im Materialprüfungsamt werden zurzeit Festigkeitsprüfungen mit Papier, Pappe usw. ausschließlich mit Schopperschen Festigkeitsprüfern ausgeführt. — ³⁾ Auf Veranlassung des Materialprüfungsamtes hat die Firma Schopper-Leipzig eine besondere Zeigerwage gebaut, die nach dem Veraschen der Pappe den Aschengehalt direkt anzeigt.

fünf Minuten herausgenommen und, sobald sie nicht mehr tropfen, gewogen. Die Gewichtszunahme gibt die Menge des aufgenommenen Öles an, in Zentigramm ausgedrückt also direkt die Prozente.

Die beim Aschengehalt erwähnte Zeigerwaage erleichtert auch hier die Bestimmung wesentlich, da sie den Prozentgehalt des aufgenommenen Öles ohne weiteres anzeigt.

Zusammensetzung des Stoffes. Aus den fünf Probestücken werden je etwa 10 qcm Pappe entnommen. Die Proben werden zusammen in Wasser gekocht und hierbei durch kräftiges Rühren mit einem Glasstab in Brei verwandelt. Dieser wird auf ein feines Sieb gebracht, ausgewaschen und dann in üblicher Weise für die mikroskopische Prüfung weiter behandelt¹⁾.

Entscheidung durch das Materialprüfungsamt. Wird die Entscheidung des Materialprüfungsamtes über das Vorhandensein der Normeneigenschaften von Rohpappen beantragt, so sind die bei der Probeentnahme erwähnten fünf Stücke zwischen steifen Deckeln verpackt an das Amt (Groß-Lichterfelde-West) zu senden. In Streitfällen ist anzugeben, welche Eigenschaften der Pappe beanstandet worden sind. Wird der Feuchtigkeitsgehalt bemängelt, so sind in Gegenwart einer unparteiischen Person oder eines Vertreters der liefernden Fabrik aus dem Inneren von fünf verschiedenen Rollen zusammen etwa 5 kg Pappe in Streifen über die ganze Breite der Bahn zu entnehmen und sofort genau zu wiegen. Die Proben werden dann in festes glattes Packpapier verpackt, versiegelt und dem Amt eingeschickt.

Die Wahl des wohl aus Gründen der Analogie als Vergleichsflüssigkeit für die Aufnahmefähigkeit genommenen Anthracenöls könnte bei dessen wechselnder Beschaffenheit je nach Provenienz für den ersten Augenblick als nicht ganz einwandfrei erscheinen. Durch Übertragung der Probeflüssigkeit an eine einzige Firma ist dieser Einwand beseitigt, der nach Versuchen von W. Herzfeld²⁾ aber überhaupt nicht existiert. Es nahmen auf:

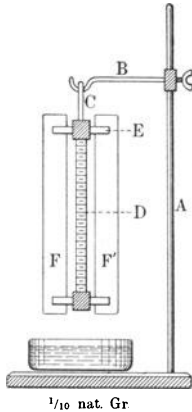
Rohpappe	Gewöhnliches Anthracenöl	Avenarin (Carbolineum Avenarius)	Schweres Anthracenöl
	Spez. Gew. 1,100 Viskosität ³⁾ 4,8	Spez. Gew. 1,120 Viskosität ³⁾ 11,9	Spez. Gew. 1,123 Viskosität ³⁾ 33,0
Nr.	Proz.	Proz.	Proz.
1	184	186	184
2	165	173	170

Zur Bestimmung der Saugfähigkeit kann auch Wasser als Vergleichsflüssigkeit dienen. Man schneidet sich von der betreffenden Rohpappe quadratische Stücke von 10 cm Seitenlänge und läßt dieselben etwa eine Stunde in einer flachen Schale unter Wasser liegen. Nach dieser Zeit werden die Papptafeln aus dem Wasser genommen und abwechselnd mit beiden Seiten auf eine Unterlage von Fließpapier gelegt, um das oberflächlich anhaftende Wasser zu entfernen; sind die Tafeln, die natürlich von Pappen gleicher Stärke sein müssen, in absolut gleicher Weise behandelt worden, so

¹⁾ Herzberg, Papierprüfung, S. 84—125. — ²⁾ Freundliche Privatmitteilung des Herrn Direktors Max Stein in Breslau. — ³⁾ Bezogen auf die Viskosität von Wasser bei 20° = 1.

ist diejenige die saugkräftigste, welche das meiste Wasser aufgenommen hat. Die Tafeln sind natürlich vor dem Einlegen in Wasser und nach dem Abtrocknen zu wägen. Von Wichtigkeit ist es auch, die Geschwindigkeit zu wissen, mit der das Wasser von der Rohpappe aufgesaugt wird. Der eine von uns (H. K.) hat zu diesem Zweck schon vor längeren Jahren einen kleinen Apparat angegeben, der gute Resultate geliefert hat. Dieser Apparat, welchen Fig. 112 in ein Zehntel der natürlichen Größe darstellt, besteht aus einem

Fig. 112.



Kapillarimeter.

starken Metallstreifen *C*, der in Zentimeter und Millimeter eingeteilt ist und an seinen verstärkten unteren und oberen Enden je zwei einander gegenüberstehende Klemmen *E* trägt. Diese sind zur Aufnahme der Pappstreifen von etwa 3 cm Breite und 25 cm Länge bestimmt, welche in der Längsrichtung der zu untersuchenden Rohpappe herausgeschnitten werden. Von diesen Streifen besteht der eine aus der ein und für allemal als Typus aufgestellten Vergleichspappe, der andere aus der auf ihre Kapillarität zu untersuchenden Rohpappe. Vermittelt einer am oberen Ende der Skala angebrachten Öse wird das kleine Instrument an einem Haken *B* auf dem Gestell *A* befestigt.

Zum Gebrauch stellt man unter das schwebende Instrument ein passendes Gefäß mit Wasser, senkt das Instrument so tief in letzteres ein, daß der Nullpunkt der Skala genau mit der Oberfläche des Wassers zusammenfällt, und beobachtet nach der Uhr die Zeit, welche das Wasser braucht, um in beiden Pappstreifen in die Höhe zu steigen.

Als Beispiel sei die Untersuchung eines Musters von 60er Rohpappe angeführt.

	Typ	Muster
Stärke der Rohpappe in Millimetern	2,000	1,500
Gewicht von 100 qcm trocken in Grammen	8,225	8,310
" " 100 " vollgesogen in Grammen	28,000	23,000
Wasseraufnahme von 100 qcm in Grammen	19,775	14,890
" " 100 " " Prozenten	240,420	176,770
Differenz in Prozenten	—	63,650

Die Aufnahmefähigkeit für Wasser ist daher beim Muster um etwa 20 Proz. geringer als beim Typ.

Eine noch schroffere Differenz zeigt sich in der Kapillarität der beiden Proben, welche an dem beschriebenen Instrument, wie nebenstehende Tabelle zeigt, gefunden wurde.

In ähnlicher Weise wie für das Wasser in diesem Versuch differiert auch die Geschwindigkeit für die Aufnahme des Teers bei der Dachpappenfabrikation um etwa ein Drittel und häufig beträchtlich mehr, da die im Teer suspendiert enthaltenen festen Bestandteile die Poren einer dicht gearbeiteten Rohpappe viel leichter und rascher verstopfen, als die einer möglichst lockeren Ware.

Bezüglich der eingehenden, chemisch-technischen und mechanisch-technischen Prüfung der Rohpappe muß auf die reichhaltige Literatur über Papierprüfung verwiesen werden.

An Fabrikaten aus animalischer oder vegetabilischer Faser finden außer der Rohpappe auch noch Asphaltfilz, Jute und dergleichen Gewebe zur Herstellung von Asphaltisolerplatten Verwendung. Der Asphaltfilz ist ein aus lose und wirr durcheinanderliegenden, gröberen Haaren, Hede und Flachsabfällen bestehendes Zeug, bei welchem der Zusammenhang der einzelnen Haare also nicht durch Weben erzielt wird und auch weit weniger, wie bei gewöhnlichem Filz oder der Rohpappe, durch die Arbeit des Filzens, sondern durch den Asphalt als Bindemittel erreicht worden ist. Seine Herstellung ist gleichfalls nicht Sache der Asphaltfabriken, sondern sie geschieht in den Filzfabriken, welche sich dazu gewisser, sonst unverwertbarer Abfälle bedienen. Als Bindemittel dient sowohl natürlicher als auch künstlicher Asphalt.

Es steigt das Wasser		im Typ cm	im Muster cm	Differenz cm
in der	1. Minute auf	2,75	2,25	0,50
" "	2. " "	4,50	3,00	1,50
" "	3. " "	5,50	3,50	2,00
" "	4. " "	6,25	4,00	2,25
" "	5. " "	6,75	4,50	2,25
" "	6. " "	7,25	4,65	2,60
" "	7. " "	7,60	4,75	2,85
" "	8. " "	8,00	5,00	3,00
" "	9. " "	8,50	5,30	3,20
" "	10. " "	9,25	5,60	3,65
" "	11. " "	9,80	6,00	3,80
" "	12. " "	10,55	6,35	4,20
" "	13. " "	11,50	6,55	4,95
" "	14. " "	12,75	6,70	6,05
" "	15. " "	13,85	7,05	6,80

Der Filz wird hauptsächlich in England in Rollen von 810 mm Breite bei 23 m Länge angefertigt und kommt in zwei verschiedenen Stärken, etwa 2 und 1,5 mm, in den Handel. Wesentlich für einen guten Asphaltfilz ist, daß er genügende Biegsamkeit besitzt, um beim Aufrollen nicht zu brechen, und daß er andererseits auch wieder genügend fest ist, um selbst höheren Temperaturen bis zu 30 und 40° widerstehen zu können. Dies wird im wesentlichen durch ein passendes Mischungsverhältnis des Bindemittels erzielt, hängt aber auch bis zu einem gewissen Grad von der Natur und Beschaffenheit des verwendeten Haares ab. Eine Untersuchung des Asphaltfilzes kann nach erfolgter Extraktion des Asphalts durch Benzol u. dgl. auf die unter Rohpappe angegebene Weise erfolgen. Die Natur des Asphalts läßt sich nach den im analytischen Teil gegebenen Anweisungen ermitteln.

Statt der Rohpappe oder des Asphaltfilzes verwendet man zur Herstellung von Isolierplatten manchmal auch das unter dem Namen „Jute“ bekannte Gewebe. Derartige Platten lassen sich indessen nur durch Streicharbeit (s. später) und auch in der Regel nur in der durch den Stoff gegebenen

Breite herstellen. Eine Bestreuung derselben mit Kies ist natürlich wegen der geringen Dichtigkeit des Gewebes ausgeschlossen, weshalb man dieselben an beiden Seiten mit einer Lage von Strohpapier bekleidet, um das Zusammenkleben der Asphaltschichten beim Rollen zu verhindern. Sie besitzen eine viel geringere Festigkeit als Platten aus Rohpappe oder Filz, lassen sich nicht lange lagern und müssen daher gleich nach der Anfertigung auch verlegt werden. Man kann zu ihrer Fabrikation nur eine möglichst dicht gewobene Jute verwenden.

In weiterem Sinne gehört zu den faserigen Rohmaterialien, welche als Träger des Asphalts bei der in Rede stehenden Fabrikation, bzw. als Verhinderer der Kurzbrüchigkeit desselben zu dienen haben, auch das sogenannte „Holzzementpapier“, das bei der Ausführung von Holzzementdächern als Zwischenlage zwischen den einzelnen Holzzementschichten zur Verwendung kommt. Es ist dies ein aus bestem, knotenfreiem Stoff hergestelltes, schwach geleimtes Papier von in der Regel hellbrauner oder grauer Farbe, das in endlosen Rollen von 1 bis 1,5 m Breite hergestellt wird. Man verlangt von diesem Papier eine große Widerstandsfähigkeit gegen Zug und ein absolut faltenloses Abwickeln von der Rolle; ebenso darf es sich auch beim Bestreichen mit dem heißen Holzzement nicht werfen. Bezüglich der Stärke desselben mag es als Regel gelten, daß 1 qm nicht unter 145 g wiegen sollte.

Das Holzzementpapier wird sowohl in rohem als auch imprägniertem Zustand bei der Ausführung von Holzzementeindeckungen verwendet. Die Imprägnierung desselben erfolgt meistens schon in den Papierfabriken, welche nur nötig haben, zwischen den Trockenzylindern eine Pfanne mit der Imprägnierflüssigkeit einzuschalten, die das Papier vor dem Aufwickeln und letzten Trocknen zu passieren hat. Zum Imprägnieren dient meistens ein dünnflüssiger Ölgasteer, welcher die gute Eigenschaft besitzt, daß das damit getränkte Papier nach dem Aufwickeln auf der Rolle nicht aneinander klebt. Es ist indessen überflüssig, das Holzzementpapier in imprägniertem Zustande zu verwenden, da ein gut präparierter Holzzement in heißem Zustand und in genügender Menge aufgestrichen dasselbe an und für sich schon vollständig durchdringt.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung in der Fabrikation der Dachpappen und Isolierplatten ist auch das Bestreuungsmaterial, welches einen mehrfachen Zweck zu erfüllen hat. Es soll zunächst in allen Fällen ein Zusammenkleben der meist in Rollen in den Handel gelangenden Fabrikate beim Transport und längeren Lagern verhindern, und es ist in dieser Hinsicht ziemlich gleichgültig, welcher Natur das Bestreuungsmittel ist. Dann aber soll es bei Teerpappdächern einen steinigen Überzug bilden, welcher das Dach feuersicherer (daher der da und dort noch übliche Name „Steinpappe“), den Teer gegen die Einwirkung der Sonnenwärme stabiler macht und vor dem Abfließen auf der geneigten Dachfläche schützt. Hier kann natürlich nur ein mineralisches, gut haftendes Bestreuungsmittel, als deren bestes sich reiner, scharfkörniger Sand erweist, von Nutzen sein. Bei den Isolierplatten kommt hierzu noch die weitere Frage eines guten Verbandes mit dem Mörtel, und in diesem Falle ist ein gleichmäßiger, nicht zu grober Kies am Platze. Nicht zum wenigsten spricht aber auch das gefällige Aussehen des Fabrikats in allen Fällen mit, und man hat daher auch diesem Punkt seine Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Die aus Erdölresiduen, natürlichen Asphalten u. dgl. hergestellten Dachpappen werden in der Regel nicht mit einer derartigen, schweren Bestreuung, die an ihrer Oberfläche auch nur schwer haften würde, versehen; sie werden meist durch leichte, feinpulverige Materialien, wie Asbestmehl, Kaolin, Infusorienerde, Talkum u. dgl. gezogen, um sie am Zusammenkleben bei der Fabrikation zu verhindern.

Sand ist die allgemeine Bezeichnung für jede Anhäufung kleiner, loser Mineralkörper; obwohl man öfter auch von Feldspat-, Glimmer-, Dolomitsand usw. spricht, so versteht man doch vorzugsweise darunter Quarzsand, weil er der bei weitem charakteristischste ist. Kies nennt man derartige Anhäufungen, wenn die einzelnen Individuen von größerem Korn sind. Den Quarzsand findet man daher überall auf der Erde, wo strömende Gewässer ihren Einfluß geltend machen: sie führen ihn mit sich und lagern ihn am Boden oder an den Ufern ab. Deshalb findet man ihn hauptsächlich an der Mündung der Flüsse, dem Strand des Meeres, wo er oft in Form von Dünen ganze Hügelketten bildet; auch auf dem festen Lande, da, wo in prähistorischer Zeit Meeresbecken oder Flußläufe bestanden haben, wird er, teils offen zu Tage tretend, teils mit sedimentären Bildungen überdeckt, in massiger Verbreitung angetroffen.

Für die Zwecke der Dachpappenfabrikation ist Sand und Kies aus Flußläufen das geeignetste Material, weil es gewaschen und frei von jeder erdigen oder lehmigen Beimengung ist. Vielfach ist man darauf angewiesen, das Material aus Kiesgruben zu entnehmen, wo es manchmal stark mit tonigen Verunreinigungen durchsetzt ist, so daß es unter Umständen einem Schlammprozeß unterworfen werden muß.

Welcher Herkunft der Sand oder Kies nun auch sein mag, so muß er eine Sichtung durchmachen, um ihn in geeignetem und möglichst gleichmäßigem Korn zu erhalten. Dies geschieht nach vorherigem scharfen Trocknen desselben auf einer der gebräuchlichen Darren in Rüttelsieben oder Siebzyklindern mit verschiedener Maschenweite des Drahtgewebes; enthält der Sand oder Kies erdige Bestandteile, welche auch nach dem Trocknen auf seiner Oberfläche, wenn auch in dünner Schicht, haften bleiben, so muß er vor dem Trocknen noch eine Kieswäsche passieren, welche bereits mit einer teilweisen Sichteinrichtung versehen sein kann. Dies ist wichtig, weil ein derartiger Sand oder Kies, wenn er auch anfänglich an dem asphaltartigen Überzug der Pappe haftet, doch sehr bald abfällt und kahle Stellen in der Bestreuung, welche besonders bei Isolierplatten sehr unvorteilhaft ins Auge fallen, hinterläßt.

Die für das Waschen, Trocknen und Sieben dienenden Einrichtungen für den Großbetrieb haben wir bereits im Kapitel über Gußasphalt kennen gelernt. Für kleinere Betriebe kann die Einrichtung der Kieswäsche sehr einfacher Natur sein. Ein aus Mauerwerk, Holz oder Eisen hergestelltes Reservoir entsprechender Dimensionen, mit irgend einer Zuleitung für Wasser versehen, wird mit Sand beschickt und dieser so lange durchgearbeitet, bis das Wasser klar abläuft. Der auf Haufen aufgestapelte Sand oder Kies wird erst, wenn das Wasser möglichst abgelaufen ist, auf eine Darre gebracht, die durch Abgabe geheizt wird, und gelangt erst dann in die vielfach mit der Hand betriebene Sortiermaschine, wie eine solche, einfachster Konstruktion, durch Fig. 113 dargestellt wird. Diese Maschine sichtet den Sand in der Regel in vier verschiedene Sorten, und zwar:

1. die ganz feinen Anteile, in der Korngröße unter 1 mm, welche meistens ausgestoßen, zuweilen aber auch zum Bestreuen schwächerer Sorten von Dachpappen verwendet werden;

2. den eigentlichen Pappensand in der Korngröße von 1 bis 1,5 mm, im Äußern sogenanntem scharfem Mauersand entsprechend;

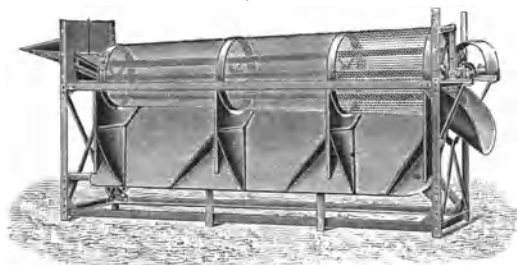
3. Asphaltkies, zur Herstellung der Isolierplatten geeignet, in der Korngröße von ungefähr 2 bis 3,5 mm und

4. den groben Kies, welcher alle Teile von größerem Durchmesser enthält und sich als Gartenkies oder zu Betonarbeiten brauchbar erweist.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß nicht jeder Sand, selbst wenn er vollkommen lehmfrei ist, sich für die Zwecke der Dachpappenfabrikation eignet, sondern daß eine gewisse Korngröße verlangt wird. Am wertvollsten ist natürlich ein solches Material, welches möglichst viele Teilchen von 1 bis 3,5 mm Durchmesser und möglichst wenig von größerer oder geringerer Korngröße besitzt. Feiner Flug- oder Trieb sand ist daher gar nicht zu gebrauchen.

Von der größten Wichtigkeit für die Fabrikation der Dachpappe sind endlich die Imprägniermaterialien, weil sie es sind, die der Dachpappe ihre

Fig. 113.



Sortiermaschine.

schätzbaren Eigenschaften verleihen, während die Rohpappe nur als deren Träger zu dienen hat, die als solcher gleichfalls nicht unterschätzt werden darf; das beste Material verfehlt seinen Zweck, wenn ihm die Möglichkeit nicht geboten ist, seine Eigenschaften nach jeder Richtung hin zu entfalten. Wie wir gesehen haben, hat die industrielle Erzeugung

der Dachpappe unter Verwendung eines künstlichen Asphalts aus Steinkohlenteer ihren Ausgang genommen. Neue Materialien schaffte die erst viel später ins Leben getretene Erdölindustrie in ihren Residuen, und endlich haben auch die reichen Schätze von natürlichem Bitumen in geeigneter Form ein Produkt auf den Markt gebracht, dem eine große Zukunft bevorsteht. Immerhin läßt sich sagen, daß heute noch die bei weitem größten Mengen der in den Handel gebrachten Dachpappen aus Steinkohlenteerasphalt hergestellt werden, nicht allein infolge seines billigeren Preises, sondern auch vermöge mancher schätzbaren Eigenschaften, die ihn für diesen Zweck als geeignet erscheinen lassen. Man kann aus Steinkohlenteer in einer Operation ein gebrauchsfertiges Material herstellen, während die genannten anderen Produkte einen Tränkungs- und einen Überzugsprozeß voraussetzen, dabei aber ein wertvolleres und entsprechendes teureres Material liefern, das sich infolgedessen auch nur für besondere Zwecke verwenden läßt.

Der Steinkohlenteer findet in zweierlei Form Verwendung als Imprägniermasse in der Dachpappenfabrikation: als sogenannter „destillierter“ (d. h. durch partielle Destillation entwässerter) und als sogenannter „präparierter“ (d. h. aus Pechrückstand, unter Zusatz von Teerölen wiederbelebter) Teer. Beide Produkte sind Massenerzeugnisse der großen Teerdestillations-

werke, und ihre fabrikmäßige Herstellung ist eingehend beschrieben in Lunge und Köhler¹⁾. Nur die größten Dachpappenfabriken stellen sich diese Produkte durch Verarbeitung von Rohteer im eigenen Betriebe her. Die Reinigung der kleinen Mengen von Rohdestillaten muß als verlustbringend bezeichnet werden und ein Verkauf derselben an größere Teerverarbeitungswerke ist infolge ihrer bei kleinem Betrieb ungenügenden Qualität gleichfalls ohne Nutzen.

Ob dem destillierten oder dem präparierten Teer der Vorzug zu geben sei, ist noch heute eine strittige Frage. Peterson-Kinberg²⁾ sagt, daß verschieden zusammengesetzte Massen in Frage kommen, „meist aber und mit größerer Berechtigung der präparierte Teer“. Wenn manche Fabriken damit kein gutes Resultat erzielt hätten, so sei dies darauf zurückzuführen, daß sie ohne jede Berechnung die Mischung von Pech und Öl erzeugt und dadurch entweder zu konsistente oder zu dünnflüssige Imprägnierteere erhalten hätten. Nach Friese³⁾ kommt für die Beurteilung der beiden Qualitäten in erster Linie ihr Gehalt an flüchtigen bzw. eintrocknenden Bestandteilen in Betracht, wobei zu berücksichtigen sein wird, daß die Ansprüche der Konsumenten darüber auseinandergehen, ob die fertige Dachpappe, nachdem sie ihrem Verwendungszweck zugeführt ist, einen größeren Grad von Festigkeit annehmen oder dauernd geschmeidig bleiben soll.

Sicher ist, daß man es bei der Verwendung von präpariertem Teer eher in der Hand hat, die Beschaffenheit der Imprägniermasse in bezug auf Konsistenz und größere oder geringere Festigkeit der Dachpappe nach Wunsch zu gestalten, wobei man gleichzeitig durch geeignete Wahl der Zusatzöle dahin wirken kann, daß nicht, wie bei der Verwendung von destilliertem Teer, ein Teil der öligen Bestandteile schon während des Imprägnierprozesses infolge der relativ hohen Temperatur in den Imprägnierpfannen und ein anderer Teil während des Lagerns der Dachpappe oder auf dem Dach sich vorzeitig verflüchtigen kann, wodurch dieselbe spröde und brüchig wird.

Dies bezieht sich vornehmlich auf einen Bestandteil des Steinkohlenteers, der trotz seines hohen Siedepunktes von weit über 200° die Fähigkeit besitzt, sich bei jeder Temperatur mit Leichtigkeit zu verflüchtigen, das Naphthalin. Es ist ohne weiteres klar, daß bei dem hohen Siedepunkt des Naphthalins ein großer Teil desselben bei der Verarbeitung des Rohteers auf destillierten Teer im letzteren zurückbleiben muß, weil die Temperaturgrenze für die Abnahme der leichten Öle bei diesem Prozeß mit der Siedetemperatur des Naphthalins nahezu zusammenfällt. Gasanstaltsteere, deren Verwendung zu Imprägniermassen von manchen Dachpappenfabrikanten, angeblich infolge ihrer „bituminöseren“ Beschaffenheit, bevorzugt wird, enthalten aber häufig so beträchtliche Mengen von Naphthalin, daß eine Verflüchtigung desselben aus der fertigen Dachpappe nicht ohne nachteiligen Einfluß auf deren Qualität bleiben kann, abgesehen davon, daß dessen Verdunstung aus den Imprägnierpfannen während der Fabrikation eine große Belästigung für die Arbeiter, sowie eine Vermehrung der Feuersgefahr bedeutet.

¹⁾ Die Industrie des Steinkohlenteers und des Ammoniaks, 5. Aufl., 1, 388 u. 532 u. f., Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1912. — ²⁾ Wie eine moderne Dachpappenfabrik mit Teerdestillation eingerichtet sein muß, 1904, S. 164 u. f. — ³⁾ Die Asphalt- und Teerind., 1908, S. 212.

Jedenfalls kann man sagen, daß heute selbst die größten Dachpappenfabriken, deren Erzeugnisse mit zu den renommiertesten des Handels gehören, unter Verwendung von präpariertem Teer arbeiten, den sie sich in eigener Fabrik durch Zusatz von Pech oder Öl auf die erwünschte Konsistenz einstellen. In älteren Werken über Dachpappenfabrikation findet man die Angabe, daß man der Imprägniermasse zur Verbesserung ihrer Eigenschaften noch besondere Zusätze gibt und führt als solche an Kolophonium, Harzöle und Trinidadasphalt. Nach Friese¹⁾ sind diese auf Erhöhung der Geschmeidigkeit hinzielenden Zusätze heute gänzlich verlassen; sie vertragen sich nicht mit dem billigen Preis, zu dem heute die Teerpappen auf den Markt gebracht werden müssen, und sind bei einer gut präparierten Imprägniermasse aus Steinkohlenteer auch gar nicht erforderlich.

Was nun die Qualitätsanforderungen, die man an eine gute Imprägniermasse aus Steinkohlenteer zu stellen hat, betrifft, so haben wir bereits auf die Schädlichkeit eines hohen Naphthalin Gehalts hingewiesen. Eine bestimmte Norm in dieser Hinsicht läßt sich allerdings nicht geben, da es gleichzeitig mit auf den mehr öligen oder bituminösen Zustand des Teers ankommt. Schädlich ist vor allem auch ein hoher Gehalt an freiem Kohlenstoff, der sich unter Umständen schon während des Imprägnierprozesses durch Verschmieren der Abstreichwalzen und Bildung eines Bodensatzes in der Pfanne unliebsam bemerkbar macht. Die Faser der Rohpappe nimmt natürlich nur die flüssigen Bestandteile des Teers auf, während sich der feste Kohlenstoff darauf oberflächlich wie auf einem Filter absetzt, zum Teil in die Imprägnierpfanne abfällt, sich hier zu Boden setzt und die Wirksamkeit der Heizschlangen beeinträchtigt, zum Teil zwischen die Abstreichwalzen gelangt und hier als eine schwarze Schmiere abgestoßen wird. Ein guter Imprägnierteer sollte nicht mehr als etwa 15 Proz. freien Kohlenstoff enthalten. Die Konsistenz der Masse kann sehr verschieden sein: Für starke und schwere, beiderseits besandete Dachpappen nimmt man gern einen recht dickflüssigen Teer, der sich bei lose gestellten Abstreichwalzen in starker Schicht auflagert und reichliche Mengen Sandes aufzunehmen imstande ist; zur Herstellung von schwachen Pappen, die als Unterlage für Schiefer- oder Holzzementbedachungen zu dienen haben und meist nur einseitig, oft aber überhaupt nicht besandet sind, verwendet man einen dünnflüssigen Teer, der leicht in die Faser eindringt und sich bei eng gestelltem Walzenpaar scharf abstreifen läßt, so daß die zusammengerollte Dachpappe beim Lagern nicht in einzelnen Schichten aneinanderkleben kann. Bestimmte Vorschriften hierüber lassen sich nicht geben und es ist dies ausschließlich Sache der praktischen Erfahrung.

Die aus Steinkohlenteerpech in geeigneter Weise hergestellte Imprägniermasse besitzt die bemerkenswerte Eigenschaft, eine große Bindekraft für oberflächlich aufgestreute feste Körper, wie Sand u. dgl., zu haben, die mit großer Zähigkeit festgehalten werden und nur stärkerer, mechanischer Beanspruchung weichen. Sie eignet sich daher vorzüglich für die Herstellung von besandeten Dachpappen, sogenannten „Steinpappen“, deren mineralische Oberfläche dem Material einen hohen Grad von Unentzündbarkeit verleiht, so daß solche Pappen behördlich als feuersichere Bedachung anerkannt sind.

¹⁾ A. a. O., S. 212.

Ihr einziger Nachteil besteht in der Flüchtigkeit einzelner Teerbestandteile (Naphthalin u. dgl.), sowie der Eigenschaft anderer, sich an der Luft unter dem Einfluß des Sauerstoffs oberflächlich langsam zu verändern und in einen harten, brüchigen Zustand überzugehen, so daß die aus solchem Material hergestellten Dächer von Zeit zu Zeit eines Schutzanstriches mit präpariertem Teer (sogenanntem Dachlack, Massenartikel der Teerdestillation) bedürfen, welcher der angegriffenen Imprägniermasse wieder neue Nahrung zuführt¹⁾. Im Hinblick auf die hohe Feuersicherheit der Steindachpappe ist dieser Nachteil von geringer Bedeutung, um so mehr, als die Haltbarkeit der Teerdachpappe noch durch den Umstand begünstigt wird, daß die gleiche Imprägniermasse deren Faser bis ins Innere durchdringt.

Die Verwendung von Erdölrückständen (Petrolpech, Petroleumasphalt) als Imprägniermasse für die Dachpappenfabrikation, unter Benutzung von Fettpechen zur Erhöhung der Geschmeidigkeit des Fabrikats, hat in letzter Zeit größere Dimensionen angenommen. Friese²⁾ bemerkt, daß Dachpappen aus diesem Material nicht in einer Operation hergestellt werden können, weil dasselbe einen zu geringen Gehalt an flüchtigen bzw. trocknenden Bestandteilen aufweise, so daß die daraus durch einfache Tränkung hergestellte Pappe für Jahre hinaus klebrig bliebe. Zum Imprägnieren müsse man sich vielmehr einer besonderen, dünnen Lösung in einem flüchtigen Lösungsmittel bedienen und versehe hinterher die imprägnierte Pappe auf die gewöhnliche Weise mit einem Überzug von Petrolasphalt, dem man einen fetthaltigen Zusatz (Stearin- oder Wollfettpech) gebe, der imstande sei, „die Pappe zu nähren“, so daß sie jahrelang keines Überstriches bedürfe und bequem zu verlegen sei. Der Überzug besitze jedoch nur geringe Klebfähigkeit, so daß eine Besandung der Pappe unmöglich sei und man sich zur Bestreuung feinpulveriger Materialien, wie Asbeststaub, Kaolin, Infusorienerde, Talkum usw. bedienen müsse, was zur Folge habe, daß diese Dachpappen bedeutend weniger feuersicher, als besandete Teerpappen seien und auch infolge der teureren Rohmaterialien sich ungleich höher im Preise stellen, als diese. Ein Nachteil sei ferner, daß sich bei der Abdeckung der Dächer die Stoßfugen der Pappen infolge Anwesenheit der staubförmigen Bestreuung nicht oder nur bei Anwendung sehr teurer Kittmaterialien wasserdicht verschließen lassen und sich die Pappe durch Einwirkung der Sonnenwärme (wohl infolge ihres geringen Eigengewichts) vielfach welle, wodurch sich die ohnehin schwierigen Verbindungsstöße bald lösen sollen. Es kann natürlich nicht unsere Aufgabe sein, das Für und Wider in dieser Sache eingehend zu prüfen, und wir führen diese Äußerungen lediglich als die Anschauungen eines Fachmannes hier an.

Über die in jüngster Zeit auch in deutschen Dachpappenfabriken eingeführten Imprägniermaterialien aus natürlichem Asphalt ist folgendes zu sagen: Diese Materialien sind natürlich wesentlich teurer als Teerprodukte und werden infolgedessen hauptsächlich für Spezialpappen, wie sie unter verschiedenen Namen im Handel vorkommen, verwendet. Als Ausgangsmaterialien für ihre Herstellung dienen Naturasphalte, wie Trinidadasphalt, Asphalt aus Venezuela (Bermudezasphalt, Maracaiboasphalt u. dgl.); ferner Asphalte, die man als Übergang zwischen Naturasphalten und Petrolrückständen betrachten kann, insofern sie aus Erdölen hergestellt sind, die an sich schon

¹⁾ Vgl. Friese, a. a. O., S. 237 u. f. — ²⁾ A. a. O., S. 236 u. f.

einen bedeutenden Asphaltgehalt aufweisen, z. B. Mexikoasphalt, kalifornische und teilweise auch Texasasphalte. Soweit die Asphalte aus flüssigeren Produkten oder Erdölen hergestellt sind, können sie sofort auf den zur Tränkung nötigen Weichheitsgrad gebracht werden, da man durch mehr oder minder weit getriebene Destillation den Härtegrad innerhalb gewisser Grenzen regulieren kann. Dies ist bei festen Naturasphalten nicht möglich, weil man hier auf das Material angewiesen ist, wie es in der Natur vorkommt. Solche Asphalte erfordern den Zusatz eines Erweichungsmittels (Flux- oder Flußmittels), dessen Menge sowohl von seiner eigenen, als auch von der Natur und Härte des verwendeten Asphalts abhängt. Als solche Erweichungsmittel kommen entweder hochsiedende Petrolöle oder Petrolölrückstände, in neuerer Zeit besonders auch flüssige Asphalte in Betracht. Derartige flüssige Asphalte sind gewissermaßen hochasphaltische Erdöle, wie sie in Trinidad, Mexiko und Kalifornien und anderorts vorkommen, die durch Destillation von ihren leicht siedenden Anteilen und unter Umständen auch von der Leuchtölfraction noch weitergehend befreit sind. Die Gemische der natürlichen Asphalte mit solchen Flußmitteln werden zur Imprägnierung benutzt. Da die imprägnierte Pappe aber dann verhältnismäßig noch weich und etwas klebend ist, bedarf sie eines Überzugs mit einem härteren Material. Dieser Überzug hat den gleichen Zweck, wie z. B. Farben- oder Lacküberzüge auf Holz, nämlich eine glatte, undurchdringliche Schicht zu erzeugen und den Einfluß der Atmosphäriken von der imprägnierten Pappe abzuhalten. Zur Herstellung der Deckschicht können nur harte Asphalte benutzt werden, die aber ihrer Sprödigkeit durch Flußmittel beraubt und von diesen gewissermaßen erst aufgeschlossen werden müssen. Es wird dazu von einigen Seiten Trinidadasphalt benutzt, besser eignen sich aber noch härtere Materialien, wie Grahamit, Uintahit, Gilsonit u. dgl. Da Grahamit nicht schmilzt, sondern beim starken Erhitzen sich nur unter Zersetzung aufbläht, so muß das Material erst aufgeschlossen, d. h. durch Erhitzen mit schweren Mineralölrückständen in lösliche Form gebracht werden, was sehr langwierig ist, da das Material nur langsam in Lösung geht, wenn es nicht in sehr feine gepulvertem Zustande verwendet wird. Während z. B. Grahamit in Faustgröße etwa drei Tage lang mit den Mineralölrückständen auf 200 bis 250° erhitzt werden muß, um in Lösung überzugehen, erfolgt die Lösung des fein gepulverten Materials im Laufe von wenigen Stunden und liefert eine gummiartige, sehr elastische Masse von einem außerordentlich hohen Schmelzpunkt. Schon geringe Mengen Grahamit genügen, um einen flüssigen Asphalt oder einen flüssigen Erdölrückstand fest zu machen. So zeigt ein Gemenge von 50 Tln. flüssigem Asphalt, 25 Tln. eines weichen Naturasphalts, wie Bermudezasphalt, und 25 Tln. Grahamit einen Schmelzpunkt über 100°. Die Herstellung der Imprägniermasse ist einfacher; hier genügt ein einfaches Zusammenschmelzen des Naturasphalts mit dem Flußmittel. Während die Deckmasse nach dem im analytischen Teile zu schildernden Penetrationsverfahren eine Penetration von 10 bis 20 zeigt, wird die Imprägniermasse auf eine Penetration von etwa 150 bis 200 eingestellt. Bevor man die reineren Venezuelaasphalte näher kannte, wurde von Naturasphalten fast ausschließlich der Trinidadasphalt für diesen Zweck verwendet. Dieser hat aber den Nachteil, daß infolge seines hohen Aschengehaltes von 40 bis 45 Proz. ein Teil der mineralischen Bestandteile ausfällt und die Apparate verschlemmt, und ein anderer

Teil, soweit sie nicht ausfielen, beim Imprägnieren sich auf die Oberfläche der Pappe absetzt und ein gutes Durchdringen der Imprägniermasse verhindert. Die reineren Venezuelaasphalte, die nur etwa 5 bis 8 Proz. Asche enthalten, eignen sich daher wesentlich besser und bieten noch den Vorteil, daß man beträchtlich weniger Flußmaterial braucht und die Imprägniermassen infolgedessen mehr Naturasphalt enthalten. Je mehr Naturasphalt in den Pappen enthalten ist, um so besser ist es für die Wetterbeständigkeit, denn die Asphalte haben gewissermaßen durch das jahrhundert- und jahrtausendelange Lagern einen künstlichen Alterungsprozeß durchgemacht und sind infolgedessen wetterbeständiger, aber, wie erwähnt, auch teurer als künstliche Asphalte.

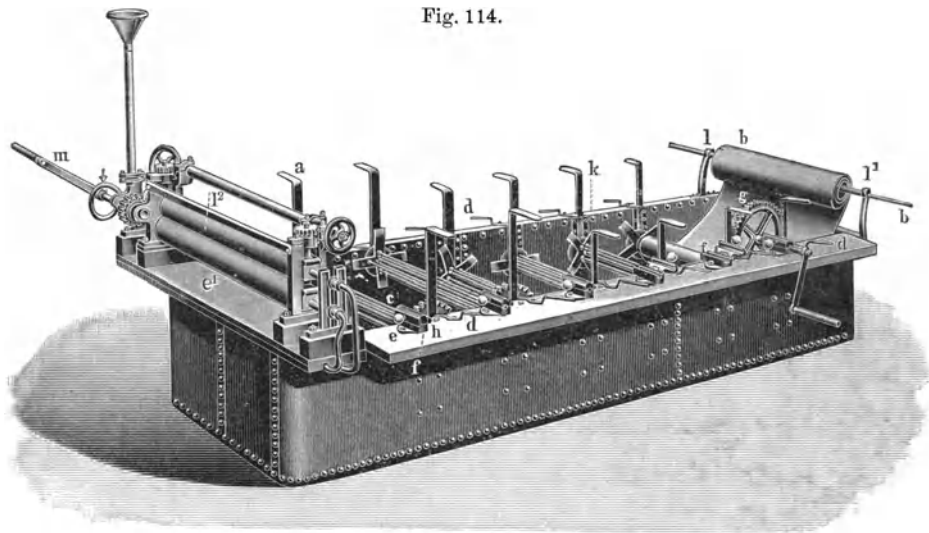
2. Die Fabrikation der Dachpappe.

Es ist bereits erwähnt worden, daß sich die Arbeitsweise in der Herstellung der Dachpappe ändert, je nachdem man sich zum Imprägnieren der Dachpappe künstlicher oder natürlicher Asphalte und Petrolresiduen bedient. Die ältere und einfachere Arbeitsweise beruht auf der Anwendung von präpariertem Teer als Imprägniermaterial und sie soll hier an erster Stelle besprochen werden.

a) Teerdachpappe.

Die zum Imprägnieren der Rohpappe dienende Apparatur war früher sehr einfacher Natur und bestand im wesentlichen aus der Imprägnierpfanne,

Fig. 114.

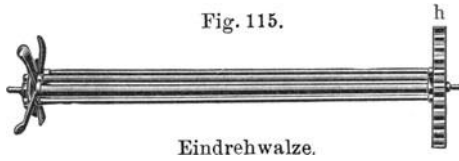


Pappimprägnierpfanne.

die in der Regel über freiem Feuer erhitzt wurde, und aus einem Tisch, auf welchem die Besandung der geteerten Pappe durch Bestreuung mit der Hand erfolgte.

Die Imprägnierpfanne alten Systems ist ein aus Kesselblech von etwa 8 mm Stärke zusammengenietetes, kastenartiges Gefäß von etwa 4 m Länge, 1,3 m Breite und 0,75 m Tiefe, das im Inneren eine Anzahl herausnehmbarer

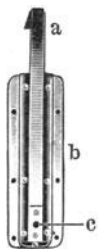
Spulen besitzt, auf welche die Rohpappe aufgewickelt wird. Fig. 114 stellt eine derartige Pfanne vor und zeigt alle Einrichtungen im Inneren derselben. Den oberen Rand der Pfanne bildet ein starkes Winkeleisen k , auf welchem die Supports e und e^1 für die Ein- und Ausdrehvorrichtungen befestigt sind.



Dem Boden der Pfanne gibt man, um ihn widerstandsfähiger gegen den Einfluß der Hitze zu machen und ein Schutzgewölbe unter ihm anbringen zu können, besser eine nach innen gewölbte Form.

An ihrem hinteren Ende trägt die Pfanne die beiden Gabellager l und l^1 , auf welchen eine Rolle der zu verarbeitenden Rohpappe mittelst des eisernen Stabes b gelagert wird. Zur Aufnahme der Rohpappe im Inneren der Pfanne dienen die Spulen c , auch Eindreihwalzen genannt, welche in Fig. 115 noch besonders abgebildet sind. Es sind dies ungefähr ein Zoll starke, eiserne

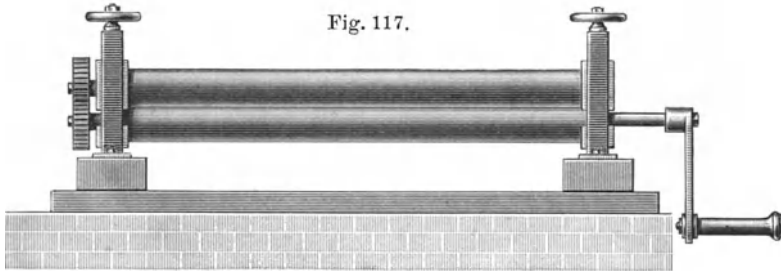
Fig. 116.



Lager-
vorrichtung.

Stäbe, mit abgedrehten Spurzapfen an beiden Enden; an der einen Seite tragen sie ein Zahnrad h , während auf der anderen Seite eine Blechscheibe oder ein Kreuz aus Metallstäben angebracht ist, welche ein Schräglaufen der Rohpappe beim Eindreihen verhindern. Die Spurzapfen dieser Eindreihwalzen laufen rechts und links in Lagern c (s. Fig. 116) welche an Hebevorrichtungen a (s. Fig. 114 und 116) befestigt sind, die in sich gegenüberliegend an den Längsseiten der Pfanne angebrachten Falzführungen b (s. Fig. 116) auf- und abbewegbar sind. Zur Befestigung der Rohpappe auf der Eindreihwalze ist diese mit vier zentrisch angebrachten Eisenstäben versehen, durch deren Zwischenräume das Ende der Papprolle einfach hindurchgesteckt wird. Durch Sperrvorrichtungen d (s. Fig. 114) kann die Hebevorrichtung a der Eindreihwalzen in jeder beliebigen Höhe festgehalten werden.

Der Antrieb der Eindreihwalze geschieht durch ein mit Kurbel versehenes und auswechselbares Zahnrad g , dessen Zähne bei richtiger Stellung



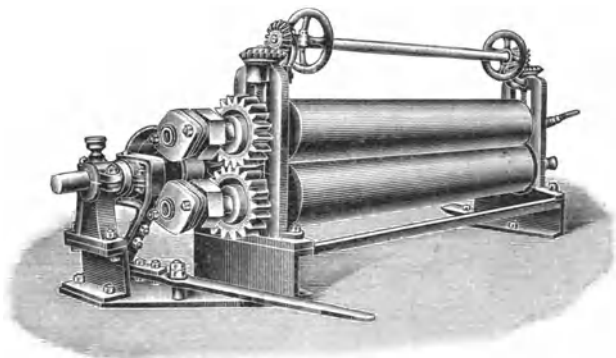
Ausdrehwalzen.

in das Zahnrad der ersteren eingreifen. Mit seiner Achse ruht dieses Kurbelrad in den auf dem Rand der Pfanne angebrachten und mit aufklappbarem Deckel versehenen Lagern f . Das Eindreihen der Rohpappe in die bis etwa 20 cm vom oberen Rand mit heißem Teer gefüllte Pfanne gestaltet sich dermaßen, daß die Arbeiter die Eindreihwalzen mittelst der Hebevorrichtungen a

so weit heben, daß die Walze über dem Niveau der Imprägnierflüssigkeit zu lagern kommt, wenn sie das Ende der Papprolle durch einen der Stäbe der Eindrehwalzen hindurchführen. Ist letzteres geschehen, so wird die Walze gleichmäßig bis zum tiefsten Punkt der Falzführung gesenkt und das Kurbelrad in das geöffnete Lager eingelegt. Durch Niederdrücken des Lagerdeckels an dem daran angebrachten seitlichen Hebelknopf mit der linken Hand wird das Kurbelrad während des mit der rechten Hand erfolgenden Eindrehens der Rohpappe festgehalten und auf diese Weise eine Spule nach der anderen mit Rohpappe beschickt. In der Regel besitzt die Imprägnierpfanne sechs derartiger Spulen und es kann, sobald die letzte beschickt ist, mit dem Ausdrehen der ersten, welche inzwischen Zeit genug zum Imprägnieren hatte, begonnen werden.

Hierzu dienen die sogenannten Ausdrehwalzen ⁷², Fig. 114, welche an der dem Support für die Rohpappe gegenüberliegenden Schmalseite der Pfanne angebracht sind. Die einfachste Konstruktion derselben zeigt Fig. 117. Die Ausdrehwalzen bestehen aus einem Paar genau zentrisch gearbeiteter, in

Fig. 118.



Ausdrehwalzen.

gemeinschaftlichen Lagerböcken ruhender, abgedrehter eiserner Walzen, welche meistens mit einer Filzverkleidung versehen sind und mit Zahnradern ineinander arbeiten; die eine derselben ist mit einer Handkurbel zum Antrieb versehen. Während die untere Walze in ihren beiden Lagern fest ruht, ist die obere in denselben vermittelt Stellschrauben beweglich, um das Walzenpaar, je nach der Stärke der herzustellenden Dachpappe, enger oder weiter stellen zu können.

Eine verbesserte Form der Ausdrehwalzen ist mit gleichzeitig und gleichmäßig auf beide Lager wirkenden Einstellvorrichtungen versehen, um eine Dachpappe von ganz gleichmäßiger Stärke zu erzielen und ein Schräglaufen der imprägnierten Rohpappe zu vermeiden und besitzt außerdem eine Vorrichtung zur Beheizung des Walzenpaares mit Dampf oder Heißwasser, was bei der Verwendung sehr konsistenter Imprägniermaterialien unerlässlich ist. Fig. 118 zeigt ein solches Ausdrehwalzwerk in der Konstruktion der Firma Albert Lück.

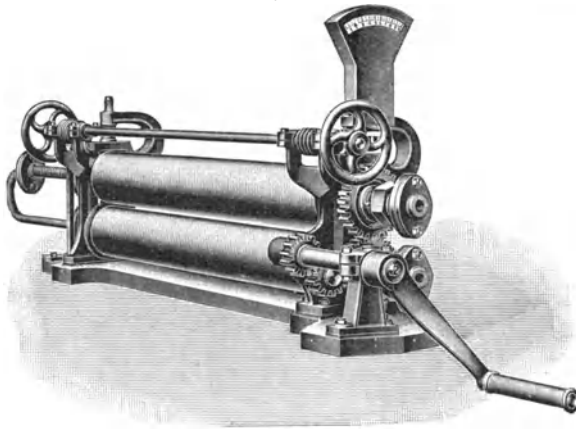
Ein selbst dem besten System der Ausdrehwalzen noch anhaftender Mangel, das Einstellen nach dem Augenmaß, ist von der Maschinenfabrik

Calbe a. S. durch Anbringung eines Indikators beseitigt worden, der, in einem Gehäuse eingeschlossen, in zehnfacher Vergrößerung den genauen Abstand der Walzen angibt und somit eine untrügliche Kontrolle derselben gestattet. Der Apparat ist in Fig. 119 besonders abgebildet.

Es ist für ein gutes Arbeiten der Imprägnierpfannen unerlässlich, daß die Ausdrehwalzwerke so stabil als irgend möglich gebaut und montiert werden, damit die parallele und axiale Lage der beiden Walzen nicht durch Nachgiebigkeit der Auflagerung beeinträchtigt wird. Holzunterlagen sind meist unzuverlässig und auch das direkte Anbringen der Walzwerke an die Pfannen ist nicht zu empfehlen, weil die in den geheizten Pfannen naturgemäß auftretenden Temperaturunterschiede die Walzenstellung beeinflussen.

Wie ersichtlich, haben die Ausdrehwalzen zunächst den Zweck zu erfüllen, die imprägnierte Rohpappe aus der Teerpfanne auf eine so gleichmäßige Art herauszubefördern, daß ein Zerreißen derselben verhütet wird.

Fig. 119.



Ausdrehwalzen.

Um den Reibungswiderstand zwischen der Rohpappe und der Oberfläche der gegeneinander wirkenden Ausdrehwalzen zu vergrößern und somit ein Gleiten der Walzen zu verhüten, werden die letzteren öfters mit einem Überzug von Filz versehen. Ein anderer Zweck, den diese Walzen zu erfüllen haben, ist aber der, den an der Oberfläche der Rohpappe anhaftenden, überschüssigen Teer ab-

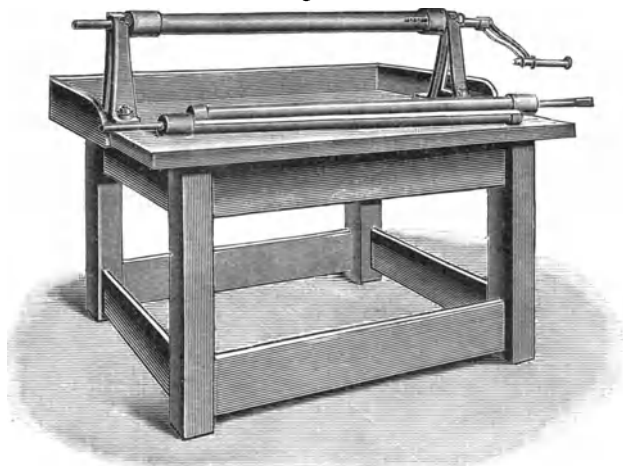
zustreichen und in die Imprägnierpfannen zurückzubefördern; aus diesem Grunde werden dieselben auch häufig Abstreichwalzen genannt.

Unmittelbar an die festmontierte oder eingemauerte Imprägnierpfanne schließt sich der sogenannte Wickeltisch an, auf dem die imprägnierte Pappe vor dem Wickeln in Rollen mit Sand bestreut wird. Dieser Tisch (Fig. 120) ist von schwerem Holz gearbeitet und fest an das Mauerwerk der Pfanne angeschlossen; hinten und an beiden Seiten ist er mit niedrigen Wänden zum Zusammenhalten des Sandes versehen, während er vorn offen ist und hier zwei Lagerböcke zum Einlegen der Wickelwalze besitzt. Diese besteht, wie ersichtlich, aus einer zweiteiligen, der Länge nach gespaltenen hölzernen Walze, deren beide Hälften sich in die mit Spurzapfen versehenen Muffen der beiden Enden einschieben und so ein Ganzes bilden. In den Schlitz zwischen beiden Walzenhälften wird das Ende der imprägnierten Pappe eingeschoben und dadurch festgehalten. Das Drehen der Walze geschieht mittels Handkurbel, und die auf die Wickelwalze aufgerollte Dachpappe wird nach dem Ausheben aus den offenen Lagerböcken durch Auseinanderziehen

der beiden Walzenhälften freigelegt, an beiden Enden mit Bindfaden umschlungen und ist nach kurzem Lager versandbereit.

Das Besanden der Pappe erfordert wegen der Vermeidung nackter Stellen und dadurch leicht möglichen Zusammenklebens der Pappschichten

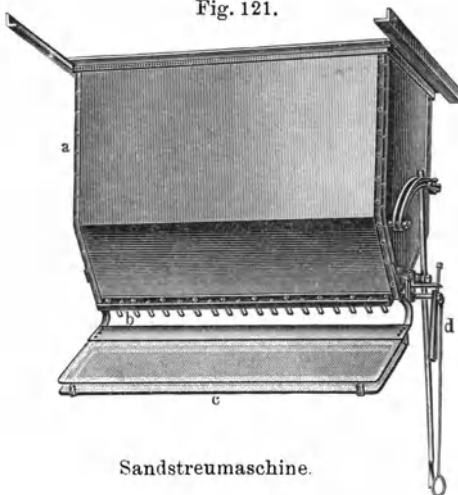
Fig. 120.



Wickeltisch.

auf der Rolle sowohl, wie auch um des gefälligen Aussehens der Ware halber eine ganz besondere Aufmerksamkeit. Früher geschah dies von dem die Ausdrehwalze bedienenden Arbeiter mit großer Geschicklichkeit wohl ausschließlich mit der Hand aus einem bereitstehenden Sandkasten, heute dagegen, wohl ausnahmslos auch bei Handbetrieb, durch sogenannte Sandstreumaschinen. Eine solche ist in Fig. 121 dargestellt. Sie besteht aus dem Sandkasten *a*, dem Zerteiler *b* und dem Sieb *c*, und es kann durch eine Hebelvorrichtung *d* der Sandauslauf aus den einzelnen Düsen beliebig reguliert oder gänzlich abgestellt werden. Die mit großer Gleichmäßigkeit auf die noch heiße Pappe fallenden Sandkörner kleben auf der teerigen Oberfläche derselben sofort fest, während der

Fig. 121.

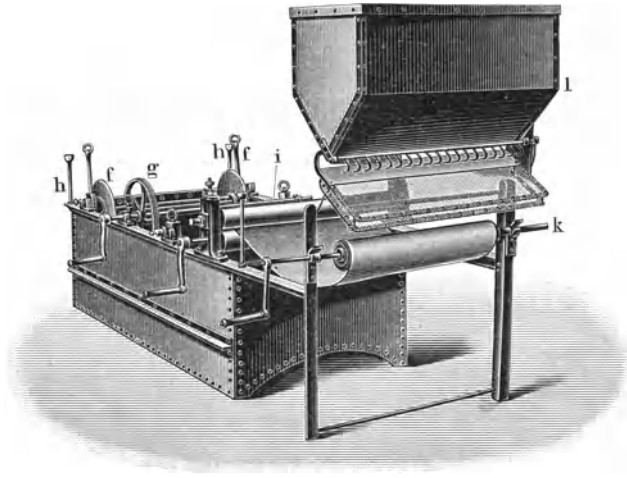


Sandstreumaschine.

nicht gebundene Sand beim Wickeln in geeigneter Richtung abfällt. Die Aufstellung einer Sandstreumaschine vor einer Imprägnierpfanne zeigt Fig. 122. Man sieht, wie der Verteilerkasten über der Bahn der imprägnierten Pappe, zwischen den Abstreichwalzen *i* und der Wickelwalze *k* aufgehängt ist und die Pappbahn in ihrer ganzen Breite gleichmäßig mit Sand bestreut.

Der reichlich aufgetragene Sand preßt sich in die Teerschicht der Pappe allerseits ein, begünstigt durch den beim Aufwickeln erzeugten Druck der einzelnen Lagen aufeinander. Da indessen der überschüssig aufgestreute Sand nicht vollständig gebunden wird, so ist ein wiederholtes Umwickeln der

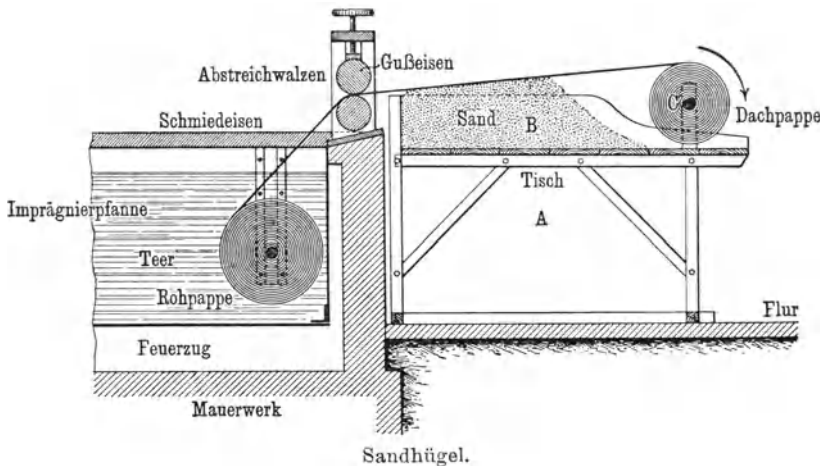
Fig. 122.



Montierung der Sandstreumaschine.

Rollen erforderlich, um diesen, die versandfertige Ware unnütz beschwerenden Ballast zu entfernen. Will man sich diese Arbeit ersparen, so arbeitet man zweckmäßig so, daß man sowohl die untere als auch die obere Seite der

Fig. 123.



imprägnierten Pappe gleichzeitig besandet. Es kann dies in der Weise geschehen, daß man unmittelbar hinter den Ausdrehwalzen und unter dem Sandstreuapparat einen, mit einem durch das Richtsicht eingeebneten Hügel von Pappsand *B* beschickten Tisch *A* (Fig. 123) aufstellt; die untere Seite der Pappe bestreicht fortwährend die Oberfläche des stetig hoch gehaltenen

Sandhügels und besandet sich auf diese Weise von selbst, während die obere Fläche derselben durch den Sandstreuapparat besandet wird. Um den nicht gebundenen Sand von der oberen Fläche zu entfernen und dadurch das Unwickeln der Rollen zu ersparen, geschieht das Aufwickeln des fertigen Fabrikats auf der Wickelwalze C auf die durch einen Pfeil angedeutete Weise.

Will man unbesandete Dachpappe herstellen, so benutzt man schon zum Imprägnieren einen möglichst dünnflüssigen und trockenfähigen Teer und stellt die Abstreichwalzen so eng, daß der Überschuß an Teer so weit als tunlich ausgepreßt wird und vor allem die Oberfläche der Pappe schon so trocken wird, daß dieselbe beim Wickeln nicht in einzelnen Lagen auf der Rolle aneinander klebt. Aus dem gleichen Grunde kann auch die imprägnierte Pappe nicht unmittelbar hinter den Abstreichwalzen auf Rollen gewickelt werden, sondern sie wird, um ein wenigstens oberflächliches Abkühlen und Abtrocknen zu ermöglichen auf in ihrer Bewegungsrichtung ausgespannten Drähten von 10 bis 20 m Länge als Unterlage frei in der Luft fortgezogen, bevor sie auf dem Wickelbock zum Aufrollen gelangt. Der Teer, den man sonst auf einer Temperatur von 95 bis 100° erhält, soll in diesem Falle auf etwa 115 bis 120° erhitzt und demselben ein so großer Zusatz von Steinkohlenteerpech gegeben werden, als die Imprägniermasse, ohne dickflüssig zu werden, erträgt. Nach dem Wickeln sind die auf solche Weise hergestellten einzelnen Rollen unbesandeter Dachpappe durch Rückwärtsdrehen der Wickelwalze, bei gleichzeitigem leichten Druck auf deren Enden, wieder so weit zu lockern, daß die einzelnen Lagen der Pappe in geringem Abstände voneinander zu liegen kommen und sich möglichst nicht berühren; in diesem Zustande bleiben dann die einzelnen Rollen einige Tage an einem luftigen Ort aufrecht stehen, um völlig abzutrocknen, bevor sie definitiv von neuem festgerollt und für den Versand fertiggestellt werden.

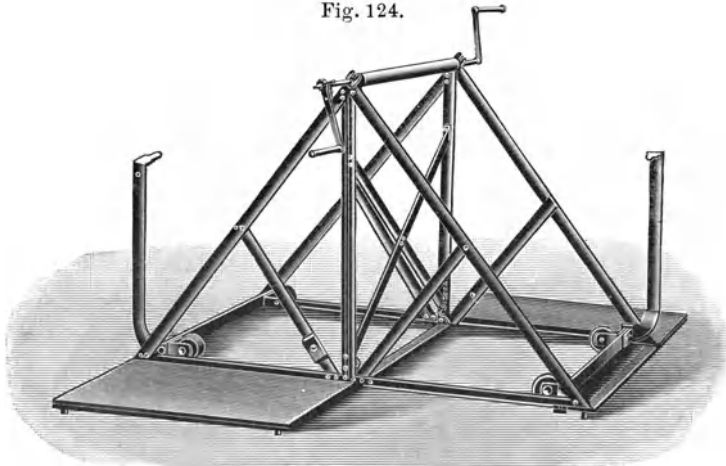
Arbeitet man auf einseitig besandete Dachpappe, sogenannte Klebepappe, so bleibt die Anordnung der Apparatur ganz die gleiche; die Pappe wird in gleicher Weise über gespannte Drähte gezogen, aber gleichzeitig kommt der hinter den Abstreichwalzen montierte Sandstreuapparat in Tätigkeit; die bis zum Augenblick des Aufrollens bereits ziemlich erkaltete Oberfläche der unteren Seite der Pappe hat inzwischen die Fähigkeit verloren, Sand zu binden und einzelne, etwa doch auf ihr haftende Sandkörner hängen so lose, daß sie schon beim Umrollen, erforderlichenfalls unter Zuhilfenahme eines Besens, abfallen. Wenn man sich in Fig. 122 auf S. 286 die Verlängerungsstangen, auf denen die Böcke für die Wickelwalzen ruhen, noch mehr in die Länge gezogen denkt, so hat man die für diese Arbeitsweise erforderliche Einrichtung vor Augen.

Häufig ist es erwünscht, eine sich besonders für Isolierzwecke eignende, sehr schwer besandete Qualität von Teerdachpappe herzustellen. In diesem Falle erhöht man die Teerschicht auf der Oberfläche der imprägnierten Pappe durch tunlichstes Weitstellen der Ausdrehwalzen, besandet beiderseitig wie beschrieben und bringt die fertige Ware auf Stapel in Strecklage, indem man außerdem zwischen die einzelnen Lagen noch reichliche Mengen Sand streut. Man führt diese Stapel bis zur Höhe von etwa $1\frac{1}{2}$ m aus. Durch die eigene Schwere preßt sich der Sand in reichlicherer Menge tief in die dicke Teerschicht ein.

Nach etwa achttägigem Lagern in Stapeln ist die Dachpappe zum Wickeln fertig. Man hat für diesen Zweck einen fahrbaren Wickelbock mit Wickelwalze (Fig. 124), den man von einem Stapel zum anderen transportieren kann.

Zum Betrieb einer Teerpfanne des alten Systems sind drei Arbeiter nötig, welche bei den einzelnen Handgriffen sich in folgender Weise ergänzen. Beim Eindrehen der Rohpappe hat der eine das Kurbelrad zu bedienen, während der andere darauf achtet, daß die Rohpappe sich gleichmäßig auf- und abwickelt. Beim Ausdrehen steht der eine an der Kurbel der Ausdrehwalze, während der andere die Wickelwalze in Tätigkeit setzt und deren Geschwindigkeit im richtigen Verhältnis zur Menge der ausgedrehten Pappe erhält, sowie auch die Bestreuung im Auge behält. Das Abschneiden der einzelnen Rollen von 7 oder 10 m Länge an den angezeichneten Stellen erfolgt gemeinschaftlich, indem jeder Arbeiter mit einem scharfen Messer in der Mitte der Bahn einsetzt und sie mit einem einzigen Schnitt von links nach rechts trennt. Man hat für diesen Zweck auch mechanische Abschneidevorrichtungen in

Fig. 124.



Fahrbarer Wickelbock.

Gestalt eines Messers oder scharfen Drahtes, welche natürlich zweckentsprechender und besser sind. Der dritte Mann hat die fertigen Pappen auf den Stapel zu bringen und das erforderliche Rohmaterial heranzuschaffen.

Die Leistungsfähigkeit der Imprägnierpfanne schwankt je nach der Stärke der herzustellenden Dachpappe sowie der Geschicklichkeit der Arbeiter innerhalb ziemlich weiter Grenzen; sie beträgt für die stärkeren Sorten von Nr. 00 bis 2 ungefähr 80 bis 100 qm in der Stunde, für die schwächeren Sorten von Nr. 3 aufwärts 120 bis 180 qm. Bei den ganz schwachen Sorten von Rohpappe, welche der Teer in der kürzesten Zeit vollständig durchdringt, ist das Aufwickeln auf die Eindrehwalzen überflüssig; sie werden einfach am hinteren und vorderen Ende der Pfannen mittels leichter Walzen unter das Niveau der Imprägnierflüssigkeit getaucht und dann den Abstreichwalzen zugeführt.

Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, daß das in vorstehendem beschriebene System der Herstellung von Teerdachpappe sowohl nach Einrichtung als auch nach Arbeitsweise vollkommen veraltet ist. Wenn wir es dennoch

hier ausführlich beschrieben haben, so geschah dies der historischen Entwicklung halber und auch deswegen, weil sich dieses Verfahren trotz aller Fortschritte noch bis auf den heutigen Tag in vielen kleinen Fabriken erhalten hat und sich an ihm das Wesen der Fabrikation am einfachsten erläutern läßt. Heute geschieht natürlich die Herstellung der Teerdachpappe soweit als möglich durch rein maschinellen Betrieb. Wir übergangen den Umwandlungsprozeß, den die Imprägnierpfanne alten Systems mit nebeneinander liegenden Spulen und wandernder Eindrehwalze durchgemacht hat, und wenden uns gleich den modernen Einrichtungen zur Herstellung von Teerdachpappen zu.

Dieser Fortschritt liegt vor allem in der Einführung eines maschinellen und kontinuierlichen Betriebes, während das Wesen der Fabrikation in seinen Grundzügen dasselbe geblieben ist. Es sind gegenwärtig zwei Systeme für die maschinelle und kontinuierliche Erzeugung von Teerdachpappe in Anwendung, das sogenannte „Revolversystem“, das von den Firmen Maschinenfabrik Calbe a. S. und Albert Lück in Leopoldshall-Staßfurt ausgebildet worden ist, und das sogenannte „Durchzugssystem“, dessen Einführung man der Firma Heinrich Hirzel, G. m. b. H. in Leipzig-Plagwitz verdankt. Letzteres System eignet sich in gleicher Weise auch zur Herstellung der Spezialdachpappen aus natürlichen Asphalten und Petrolresiduen.

Die Apparate nach dem Revolversystem unterscheiden sich von der vorbeschriebenen alten Imprägnierpfanne durch die kreisförmige Anordnung der Eindrehwalzen, deren Vorteile in der Ermöglichung eines kontinuierlichen Betriebes beruhen. Sie sind vor allen Dingen auch so exakt gearbeitet, daß eine Beanspruchung der Pappe durch Zug während des Imprägnierprozesses ausgeschlossen ist, so daß ein Zerreißen der Pappbahn, wie dies bei dem alten System so häufig vorkam, so gut wie ausgeschlossen ist. Ein Vorzug dieser Maschinen ist auch, daß sie sowohl durch Hand als auch durch mechanische Kraft betrieben werden können, so daß man nach Belieben die eine oder andere Betriebskraft wählen kann.

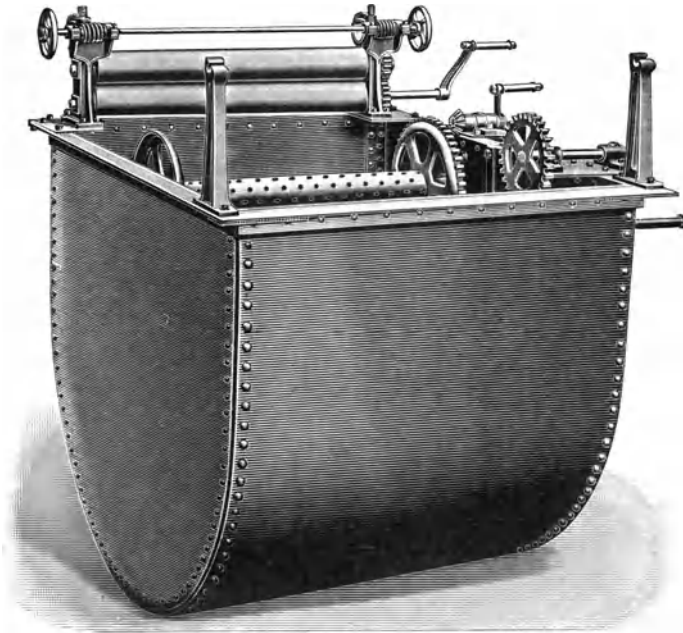
Die Fig. 125 und 126 veranschaulichen Apparate nach dem Revolversystem, und zwar die erstere in der Bauart der Maschinenfabrik Calbe a. S., letztere nach der Konstruktion der Firma Albert Lück. Wie man sieht, ist man von der langgestreckten Form der üblichen Imprägnierpfanne abgegangen und baut dieselben in der Form eines vertieften Halbzyinders, was durch die kreisförmige Anordnung der Eindrehwalzen erforderlich wird. Der erste Vorteil, den diese Anordnung bringt, ist eine beträchtliche Ersparnis an Flächenraum für die Aufstellung der Pfannen (sie sind bei wenig größerer Breite nur etwa halb so lang als die flachen Pfannen), und dann benötigt man nur einer einzigen, mit der Pfanne fest verbundenen Eindhrevorrichtung, an der sämtliche Eindhrevwalzen, deren man drei bis sechs anbringt, im Kreis vorüberziehen. Der wesentliche Vorzug dieser Anordnung liegt auf der Hand. Wir geben im folgenden eine Beschreibung dieser modernen Imprägnierpfannen an Hand der Fig. 125 und 126, wozu uns die Klischees seitens der Fabrikanten freundlichst zur Verfügung gestellt worden sind.

Bei beiden Konstruktionen sind, wie ersichtlich, die Eindhrevwalzen kreisförmig um eine Hauptwelle drehbar gelagert, von welcher das ganze System in Bewegung versetzt werden kann. Die Eindhrevwalzen der Lückschen Konstruktion sind von der Art, wie sie bereits unter Fig. 118 auf S. 283 abgebildet und beschrieben worden sind, und besitzen einzelne Sprossen, durch welche

das Ende der Pappe beim Eindrehen zwecks Festhaltens hindurchgeschoben wird. Die Eindrehwalzen der Calbeschen Pfanne bestehen aus perforierten und geschlitzten Aufwickelzylindern, die also gleichfalls im Inneren mit Imprägniermasse angefüllt sind und ein glattes Aufwickeln der Pappe ermöglichen, wodurch ein Anfall von minderwertiger Pappe infolge Einreißens vermieden werden soll.

Die Pfanne wird bis etwa 20 cm unter dem Rand mit heißer Imprägniermasse gefüllt erhalten, und ihre Beheizung erfolgt in jeder modernen Fabrik durch Dampfschlangen, die am Boden liegend montiert sind. Aus einem in unmittelbarer Nähe derselben aufgestellten Behälter (Vorwärmer) wird der Bestand an Imprägniermasse jeweils nach Bedarf ergänzt. Die Beschickung

Fig. 125.



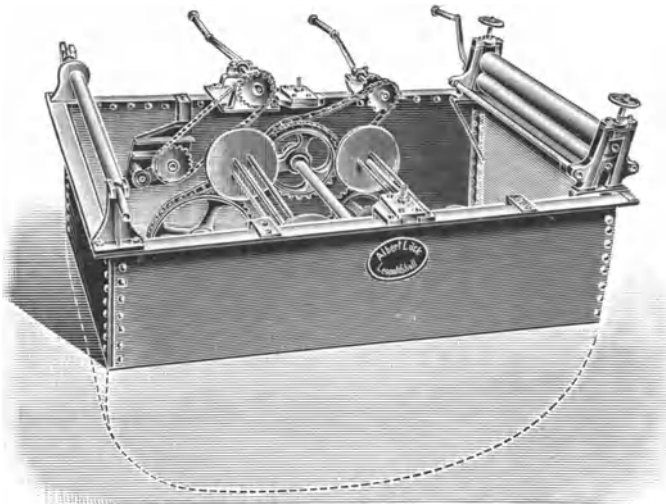
Dachpappenimprägnierapparat (Calbe).

mit der zu imprägnierenden Rohpappe erfolgt in der Weise, daß eine ganze Rolle derselben, wie sie angeliefert wird, in die den Abstreichwalzen gegenüberliegenden Lagerböcke mit Hilfe einer abnehmbaren Welle eingehängt wird. Das lose Ende der Rolle wird dann in die Sprossen oder den Schlitz der ihr am nächsten liegenden Eindrehwalze eingeschoben und diese so in Drehung versetzt, daß sich die Pappe von unten her aufwickelt. Beim Eindrehen der Rohpappe befindet sich die Eindrehwalze stets zu zwei Dritteln ihres Durchmessers in der Imprägniermasse, so daß die Pappe mit letzterer stets vollständig überzogen ist, bevor sie auf der Walze anlangt. Sobald eine Walze beschickt ist, wird das Walzensystem nach vorwärts gedreht, so daß die nächste Eindrehwalze an deren Stelle tritt und so fort, bis alle Eindrehwalzen bewickelt sind. Dabei taucht jede Eindrehwalze unmittelbar nach ihrer Beschickung in das heiße Imprägnierbad unter und beschreibt einen

Kreislauf durch dasselbe, bis sie, nachdem alle nachfolgenden Walzen in gleicher Weise beschickt sind, auf der entgegengesetzten Seite wieder auftaucht, um, völlig imprägniert, die Abstreichwalzen zu passieren. Das Ausdrehen der imprägnierten Pappe auf der einen Seite erfolgt demnach stets gleichzeitig mit dem Eindrehen von neuer Rohpappe auf der anderen Seite, wodurch das Durchziehen derselben zu einer kontinuierlichen Arbeit gemacht worden ist. Bei genügender Anzahl von Eindrehwalzen in einem System genügt die Zeit zwischen diesen beiden Operationen vollständig, um ein absolutes Durchtränken der Rohpappe bis ins Innere zu ermöglichen.

Bei den hier gegebenen Abbildungen eines modernen Imprägnierapparates für Dachpappe ist, wie ersichtlich, gleichfalls Handbetrieb vorgesehen, und vielfach wird ein derartiger Apparat in der Praxis auch durch Hand bedient. In modernen Fabriken ist jedoch die Bewegung der einzelnen Elemente, besonders der Ausdrehwalzen, vielfach aber auch der Eindrehwalzen, durch Maschinenkraft (meist Elektromotore) durchgeführt, welche gleichzeitig auch

Fig. 126.



Dachpappenimprägnierapparat (Lück).

andere zur Anlage gehörige Teile, wie die Separation und den Transport des Sandes, versorgt. Man kann also einen großen Teil der teuren Handarbeit ausschalten, und dies ist um so eher möglich, als die Apparate so sorgfältig und stabil gearbeitet sind, daß sie sich ohne weiteres für Maschinenbetrieb eignen.

Für die Bedienung dieser modernen Apparate sind bei Handbetrieb gleichfalls nur drei Mann erforderlich, wovon einer ausschließlich das Eindrehen der Rohpappe zu besorgen hat; aber sie leisten das Doppelte als die vorbeschriebene alte Imprägnierpfanne, im Durchschnitt etwa 150 qm pro Stunde, so daß ein weiterer Mann zum Abtragen der fertigen Rollen vom Imprägniertisch erforderlich ist. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß sich die Arbeit des Imprägnierens, Besandens usw. in ganz gleicher Weise abspielt, wie dies bereits früher geschildert worden ist. Werden diese Imprägnier-

apparate für maschinellen Betrieb eingerichtet, so erhöht sich weniger ihre Leistungsfähigkeit — über ein gewisses Maß der Produktion kann man bei der nötigen Sicherheit für eine einwandfreie Ware nicht hinaus — als vielmehr die Ersparnis an Arbeitslöhnen, die um so beträchtlicher wird, je weitergehend der maschinelle Betrieb durchgeführt ist. Aber auch hier sind gewisse Grenzen

gezogen, und ganz umgangen kann die Handarbeit bei dieser Art der Fabrikation nicht werden.

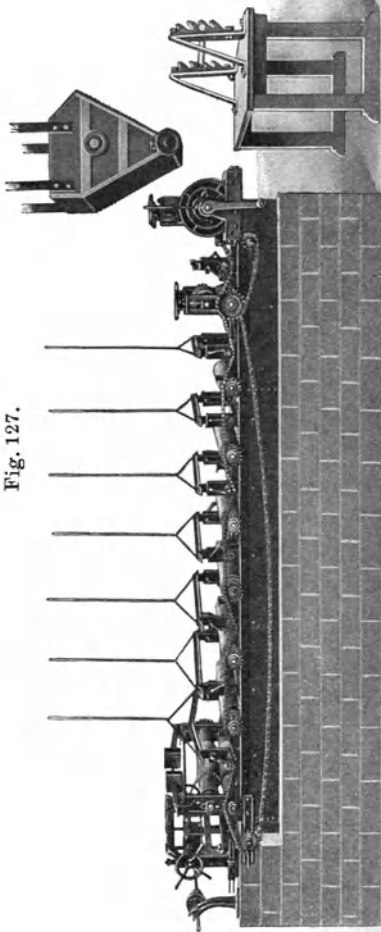
Die kontinuierlich und maschinell arbeitenden Imprägnierpfannen nach dem Durchzug-(Tauch-)system der Firma Heinrich Hirzel, G. m. b. H. in Leipzig-Plagwitz weichen vollkommen von den vorbeschriebenen Revolverapparaten ab. Es ist hier zunächst die alte kastenartige Form der Pfanne beibehalten worden, aber an Stelle der Spulen und wandernden Eindrehwalze ist ein neues, sehr sinnreiches, ununterbrochen arbeitendes Durchzugssystem getreten.

Fig. 127 zeigt den Hirzelschen Imprägnierapparat in der Gesamtansicht. Am hinteren Ende der eingemauerten oder fest montierten Imprägnierpfanne befindet sich ein Lagerbock zur Aufnahme der Rohpapprollen, mit dem eine Heftmaschine in Verbindung steht, die den Zweck hat, das Ende einer abgelauften Rolle mit dem Anfang einer neuen Rolle zu verbinden, so daß keine Unterbrechung im Betrieb erfolgt.

Am vorderen Ende der Pfanne

sind die bekannten Ausdrehwalzen zum Abstreichen des überschüssigen Teers angebracht; sie sind bei der Herstellung unbesandeter Pappen mit Dampf geheizt, um einen Teil der flüchtigen Substanzen aus dem Imprägnierteer noch zu verdampfen, so daß die sie verlassende Pappe oberflächlich so klebfrei geworden ist, um ohne Besandung aufgerollt werden zu können. Über den Ausdrehwalzen und zwischen der freistehenden Wickelvorrichtung und der Imprägnierpfanne befindet sich auch hier der automatische Sandstreuapparat.

Fig. 127.



Dachpappenimprägnierpfanne für kontinuierlichen Betrieb.

Im Inneren der Imprägnierpfanne ist ein System von Leitrollen angeordnet, vermittelt deren die Pappe durch die heiße Imprägniermasse hindurchgeführt wird; je nach der Stärke der Rohpappe wird die Zahl dieser Leitrollen verschieden gewählt. Bei schwachen Pappen genügen zwei bis drei Rollensysteme, während sehr starke Pappen über acht und mehr Rollen geführt werden müssen. Diese Rollensysteme sind so ausgeführt, daß sie an Gegengewichten in die Höhe gezogen und im Gleichgewicht gehalten werden können, wie dies aus Fig. 128 ersichtlich ist. Der Feuergefährlichkeit wegen erfolgt die Heizung der Pfanne in der Regel mit Dampf.

Fig. 128.

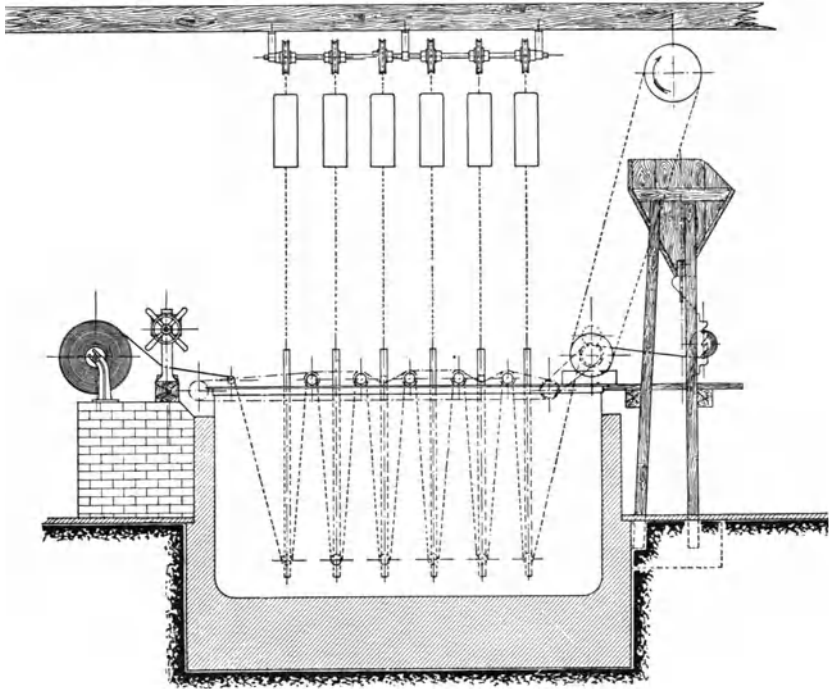


Fig. 128 läßt den Gang der Fabrikation deutlich erkennen. Der ganze Vorgang spielt sich bis auf das Abschneiden, Aufwickeln und Abtragen der fertigen Rollen auf rein maschinellern Wege ab. Die Leistung derartiger Apparate ist demzufolge eine sehr beträchtliche und beträgt nach Angabe der Firma Heinrich Hirzel, G. m. b. H. etwa 500 qm mittelstarker Dachpappe in der Stunde.

Die Gewichtszunahme der Rohpappe beim Teeren und Sanden ergibt sich aus der Tabelle S. 294.

1 cbm getrockneter und gesiebter Sand, wie er zur Dachpappenfabrikation geeignet ist, wiegt etwa 1600 kg, woraus sich die Menge des erforderlichen Sandes dem Maß nach leicht berechnen läßt. Natürlich ist die Aufnahme an Teer und Sand nicht eine so regelmäßige, daß sich das fertige Fabrikat einfach dem Gewicht nach sortieren ließe; man hat gleichzeitig auch die Stärke der Dachpappe beim Sortieren in Betracht zu ziehen, wenngleich auch das Gewicht

der einzelnen Rollen stets den besten Anhalt gibt. Es ist begreiflich, daß die Menge der Teeraufnahme schwankt, je nach der mehr oder weniger lockeren Beschaffenheit der Rohpappe und der Stellung der Abstreichwalzen, und daß auch die Sandaufnahme zu diesen Faktoren in enger Beziehung steht. Man hat es also bis zu einem gewissen Grade in der Hand, aus schwacher Rohpappe eine starke Dachpappe von hohem Gewicht zu erzeugen, und es ist daher auch verständlich, daß alle Dachpappe nach der Fertigstellung noch sortiert werden muß. Zwischen den in obiger Tabelle angegebenen Gewichten der geteerten und besandeten Pappes kommen natürlich fast alle Zwischenstufen vor, was bei der rohen Arbeit des Teerens und Besandens nicht anders erwartet werden kann. Es muß erwähnt werden, daß aus dieser Unsicherheit zwischen der Stärke und dem Gewicht der Dachpappe häufig Differenzen zwischen Produzent und Konsument resultieren, die gewiß durch die neueren Arbeitsmaschinen um vieles gemildert worden sind, sich aber nicht ganz beseitigen lassen, weil sie im System liegen, das auch in der neueren Form noch eine gewisse Ursprünglichkeit erkennen läßt.

Rohpappe Nr.	Es wiegen 10 qm etwa			10 qm nehmen auf	
	roh kg	geteert kg	geteert und gesandet kg	Teer kg	Sand kg
00 = 50 . .	10,0	28,0	48,0	18,0	20,0
0 = 60 . .	8,8	23,5	42,0	15,2	19,0
I = 75 . .	6,6	20,25	38,0	13,65	18,0
II = 90 . .	5,5	18,5	34,0	13,0	15,5
III = 120 . .	4,2	16,5	30,0	12,3	13,5
IV = 150 . .	3,3	13,75	25,0	10,45	11,25
V = 200 . .	2,5	9,25	20,0	6,75	10,75
VI = 250 . .	2,0	8,5	17,0	6,5	8,5

Anschließend an die vorstehenden Ausführungen über die Einrichtung und den Betrieb einer modernen Teerdachpappenfabrik geben wir hier noch eine Gesamtdarstellung einer solchen Arbeitsstätte an Hand der Ausführungsform der Firma Albert Lück, die in Fig. 129 abgebildet ist.

Der Dampfkessel *A* liefert den Dampf zum Betrieb der Maschine *B* und zur Heizung der Imprägnierpfanne *G*, die Maschine *B* die Kraft für die Sandzubereitungsanlage *C* (Darre und Sichtmaschine), den Elevator *D*, die Transportschnecke *E*, die Sandstreumaschine *F* und das Walzwerk sowie die Abstreichwalzen an der Imprägnierpfanne *G*. Der Vorwärmer *H* für den Teer steht so hoch, daß sein Inhalt direkt in die Imprägnierpfanne abgelassen werden kann und wird vom Abdampf der letzteren geheizt. *J* bedeutet einen Stapel fertiger Dachpappe. Die Zeichnung ist nach den bisherigen Ausführungen ohne jede nähere Erklärung verständlich.

Der durch Kähne, Fuhrwerk oder Eisenbahnwagen angefahrte Sand (statt dessen auch andere Bestreungsmittel, wie Koksstaub, Sägespäne, Korkmehl, zerkleinerter Glimmer usw. verwendet werden können) wird in unmittelbarer Nähe der Sandtrockenanlage *C* entladen und dieser möglichst lufttrocken durch einen Elevator zugeführt; er passiert diese und die sich anschließende Sichtmaschine selbsttätig durch seine eigene Schwere und

gelangt, befreit von gröberen und feineren Teilen, in die Grube vor dem Elevator, welcher ihn auf die Transportschnecke nach den Sandstreuemaschinen oder einem (in der Zeichnung nicht angegebenen) Silo hebt.

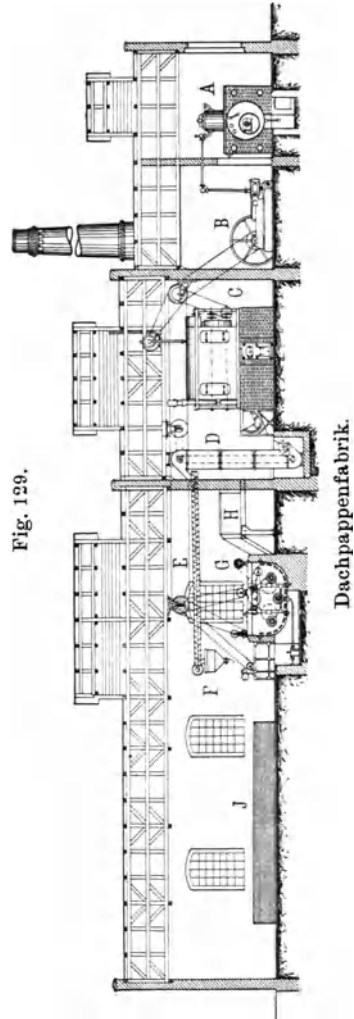
Die Besandung der geteerten Pappe erfolgt zwischen den Abstreichwalzen und der Wickelwalze durch den selbsttätigen Sandstreuapparat, der bereits auf S. 285 beschrieben worden ist. Hinter der Imprägnierpfanne schließt sich der Lagerraum an, in welchem die fertige Dachpappe vom Stapel aufgerollt wird.

b) Asphaltdachpappe.

Wir fassen unter dieser Bezeichnung die Produkte zusammen, die im Gegensatz zur Teerdachpappe durch doppelte Tauchung hergestellt werden und zu denen die aus natürlichen Asphalten und Petrolresiduen gewonnenen zu rechnen sind.

Die hier zu beschreibende Arbeitsweise hat sich, lange bevor man bei uns an einen maschinellen Betrieb der Dachpappenfabrikation dachte, in den Vereinigten Staaten ausgebildet, ohne daß davon viel an die Öffentlichkeit gedrungen wäre. Man hat dort die Frage auf einem andern Wege gelöst, über den bereits in der letzten Auflage dieses Werkes einige Einzelheiten mitgeteilt werden konnten.

Die Hauptschwierigkeiten des maschinellen Betriebes, das häufige Zerreißen der durch das Imprägnieren geschwächten Pappe, hat man hier dadurch vollkommen überwunden, daß man das Imprägnieren sowie das Überziehen der Pappe in zwei vollkommen getrennten Operationen ausführt. Das Imprägnieren geschieht in besonderen Imprägniermaschinen durch eine Flüssigkeit, die man durch Auflösen von Asphalt in den leichteren Destillaten des Rohteers oder Roherdöls erhält. Diese Flüssigkeit dringt sehr schnell auch in der Kälte in die Lufträume der ungeleimten Rohpappe ein, und da sie sehr wenig konsistent ist, lockert sie die Struktur derselben viel weniger als heißer und dicker Steinkohlenteer. Die Folge davon ist, daß die Rohpappe mit erheblicher Geschwindigkeit die Imprägnierflüssigkeit passieren, und daß sie in der Maschine selbst ohne Gefahr des Zerreißens viel straffer gespannt sein kann, als bei Verwendung des dicken Teers, wodurch ein Schräglaufen derselben auf den Rollen absolut vermieden wird. Die Abstreichwalzen sind sehr eng gestellt, so daß die Oberfläche der Pappe frei von überschüssiger

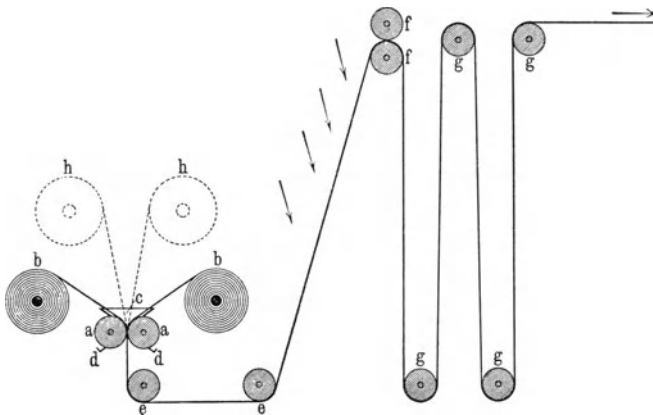


Imprägnierflüssigkeit bleibt, wodurch im Verein mit der großen Flüchtigkeit des Lösungsmittels für den Asphalt jedes Zusammenkleben der Pappe in der Rolle ausgeschlossen ist.

Die auf diese Weise vorpräparierte Rohpappe wird nicht auf künstlichem Wege getrocknet, sondern sie bleibt für drei bis vier Wochen in einem gut ventilerten Lagerschuppen aufrecht stehend gelagert. Nach dieser Zeit hat sich ihre Festigkeit so bedeutend vermehrt, daß sie ohne jegliche Gefahr des Zerreißen weiter behandelt werden kann; bei künstlicher Trocknung dagegen verliert sie durch rasche Verdunstung des Lösungsmittels und dadurch bedingte Öffnung der Poren wieder viel von der erlangten Festigkeit.

Man verwendet nur eine Stärke von Rohpappe, die auf die erwähnte Weise präpariert ist, und erzielt die verschiedenen Stärken (Sorten) von fertiger Dachpappe durch Zusammenkleben von zwei, drei oder vier Lagen derselben

Fig. 130.



Schema der amerikanischen Fabrikation.

mit Hilfe von besonders präpariertem Asphalt in speziellen Maschinen. Die fertige Ware führt demgemäß die Bezeichnungen „1 ply“, „2 ply“, „3 ply“ usw. und wird in Rollen von beliebiger Länge und der Breite von 32 Zoll geliefert.

Fig. 130 zeigt den Vorgang bei dieser Fabrikation. Im Erdgeschoß des Fabrikgebäudes ist in kräftigem, eisernem Gestell ein mit Dampf geheiztes Walzenpaar *a a* montiert, welches durch verstellbare Federn mit größerer oder geringerer Kraft gegeneinander gepreßt und durch einen Zahnradantrieb in entgegengesetzte, nach unten wirkende Bewegung versetzt wird. Zwischen dem Walzenpaar und an dieses möglichst dicht anschließend, sitzen die 80 cm langen (entsprechend der Breite der Rohpappe) eisernen, trichterförmigen Führungsplatten *c* in unverrückbarer Lage. Rechts und links vom Walzenpaar *a a* sind die Rollen *b b* mit imprägnierter Rohpappe gelagert, deren Enden beim Beginn der Arbeit in den Trichter, zwischen das Walzenpaar, eingeführt werden. Über den Führungsplatten *c* und dem Walzenpaar *a a* ist ein Gefäß angebracht, welches die verflüssigte, besonders präparierte Asphaltmasse zum Zusammenkleben der Pappe enthält und dessen Abfluß nach Bedarf reguliert werden kann. Ferner befindet sich an dieser Stelle noch ein anderes Gefäß mit Sand oder einem anderen feinkörnigen, mineralischen Stoff, um durch Zufießenlassen desselben die Pappe verdicken oder beschweren zu können.

An der unteren Seite des Walzenpaares *aa* befinden sich die beiden Abstreicher *dd*, welche die Walzen stets von seitlich etwa ausgetretenem Teer rein halten, was für den Gang der Maschine von größter Wichtigkeit ist. Unter dem Boden des Erdgeschosses wird die zusammengeklebte Papplage von den beiden Leitrollen *ee* aufgenommen und in schräg aufsteigender Bahn zwischen das auf dem Dachgeschoß aufgestellte Walzenpaar *ff* geführt. Dieses hängt am selben Antrieb wie das Walzenpaar *aa* und macht daher genau die gleiche Anzahl Umdrehungen, wodurch die Pappe zwischen *aa* und *ff* fortwährend sich in gleicher ziemlich straffer Spannung befindet. Auf dem Wege von Walze *e* zu *ff* findet eine Abkühlung des Fabrikates statt. Auch kann an dieser Stelle eine Bestreuung mit feinem Sand oder einem ähnlichen Material vorgenommen werden. Die folgenden Leitrollen *gg gg* führen die Pappe in Zickzack nach oben und unten, so daß dieselbe, bevor sie an der Stelle anlangt, wo die Wickelwalze angebracht ist, einen Weg von 160 bis 200 m zurückgelegt hat, welcher erforderlich ist, um die Pappe vollständig abzukühlen, oder nach erfolgter Berieselung mit Wasser wieder zu trocknen. Auf der gleichfalls durch die Maschine betriebenen Wickelwalze kann die Pappe in beliebigen Längen abgeschnitten werden. Auf der Skizze bemerkt man in punktierten Linien noch die Papprollen *hh*, welche zwischen das Walzenpaar *aa* eingeführt werden, wenn es sich um die Herstellung drei- und vierlagiger Dachpappe handelt.

Der ganze Erfolg hängt von der absolut genauen Lagerung bei *aa*, *bb* und *ff* ab, welcher demzufolge die größte Aufmerksamkeit geschenkt werden muß; doch ist die Sache in diesem Falle in bezug auf den geraden und faltenlosen Lauf der Pappe auf und zwischen den Walzen lange nicht so ängstlich als bei in einer Operation fertiggestellter Dachpappe. Von Wichtigkeit ist auch noch, daß man die zwei bis vier Rollen imprägnierter Rohpappe von möglichst großer, aber sehr verschiedener Länge nimmt, einesteils, um möglichst selten neue Rollen einlegen zu müssen, und anderenteils, um zu verhindern, daß sie alle zu gleicher Zeit von der Rolle abgelaufen sind, wodurch sämtliche Spulwalzen zu gleicher Zeit frisch beschickt werden müßten. Läuft aber jedesmal nur eine Rolle ab, so kann diese sehr rasch ausgewechselt werden, und der Betrieb gestaltet sich zu einem ununterbrochenen.

Bei der Herstellung von Dachpappen aus natürlichen Asphalten, wie sie heute in Amerika betrieben wird und auch schon in Europa zur Einführung gelangt ist, hat man das Prinzip der doppelten Tauchung, wie es bei dem eben geschilderten Verfahren geschieht, aus begreiflichen Gründen beibehalten müssen; dagegen wird die Deckschicht nicht erst nach dem vollkommenen Erkalten und Trocknen der imprägnierten Rohpappe aufgebracht, sondern beide Operationen erfolgen unmittelbar nacheinander, und es ist sogar sehr wesentlich, daß die imprägnierte Pappe nicht mehr als nötig abkühlt, um den Verband zwischen den beiden Asphalt-schichten so innig als möglich zu gestalten. Auch ist es nicht, wie dort, erforderlich, sich nur einer Stärke von Rohpappe zu bedienen, um Dachpappen von verschiedener Dicke herzustellen, man kann im Gegenteil Rohpappen von beliebiger Stärke anwenden, wie dies bei den älteren Verfahren zur Herstellung von Dachpappe gleichfalls geschieht, oder die Asphaltdeckschicht in verschiedener Stärke ausführen.

Als Rohpappe zum Tränken dient auch hier ausschließlich Wollfilzpappe, die saugfähiger für Asphalt ist als Zellulosepappe und auch geschmeidiger bleibt.

Die Pappe wird für kontinuierliche Arbeit in großen Rollen *A* von etwa 300 bis 400 kg angeliefert und durch die in der Pfanne *B* sich befindliche Tränkmasse gezogen, die auf eine Temperatur von etwa 125 bis 135° gebracht und gehalten wird. Durch verstellbare Rollen *C* kann man den Weg, je nach der

Fig. 131.

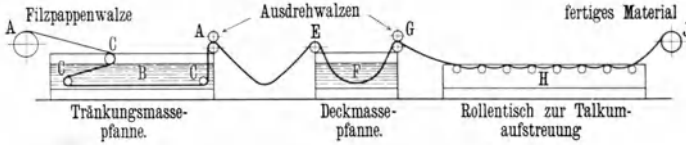
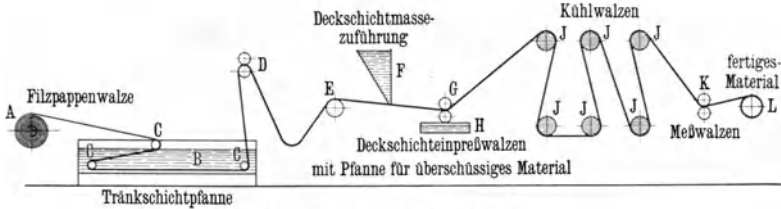


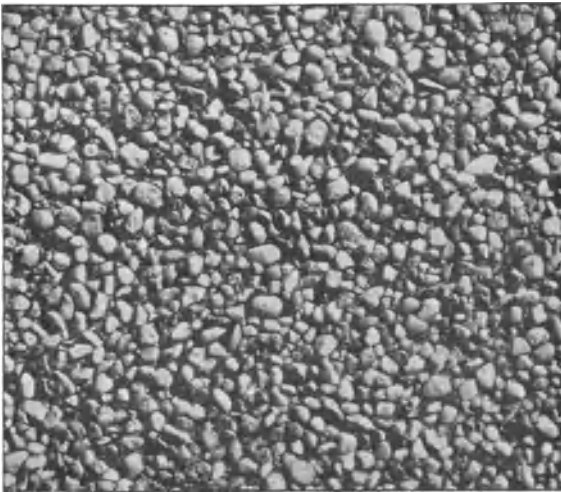
Fig. 132.



Schema für Asphalt Dachpappe.

Dicke der Pappe, beliebig verkürzen oder verlängern, wie dies aus der schematischen Darstellung auf Fig. 131 und 132 ersichtlich ist. Nachdem die Pappe die Ausdrehwalzen passiert hat, läßt man sie einige Meter frei durchhängen, damit das auf der Oberfläche bleibende noch flüssige Material eingesaugt wird, und führt sie darauf über die Walzen *D* zur Aufnahme von Deckmasse.

Fig. 133.



Äußeres der Asphaltpappe.

In den meisten Fällen wendet man keine besonderen Pfannen für die Deckmasse an, sondern läßt die Masse direkt auf die Pappe fließen wie bei *F*, Fig. 132, und sie dort von den Walzen *E* verteilen. Der Überschuß fließt in eine, unter der unteren Walze aufgestellte Pfanne *H*, die gleichzeitig auch dazu dient, die Rückseite der Pappe mit Streumaterial zu decken. Sobald die Deckmasse zu erstarren beginnt und sich zusammenzieht, erhält die Pappe ein eigenartig geripptes Aussehen, wie dies aus Fig. 133 ersichtlich ist, so daß oft die Meinung ausgesprochen wurde, dieses Aussehen werde durch besonders gerippte Walzen

erzeugt. Schließlich wird die Pappe noch abgekühlt (bei *F*, Fig. 131) und zugleich mit Speckstein versehen. Man vereinigt beide Prozesse dadurch, daß man Specksteinkästen direkt an die Kühlwalzen anschaltet, wie dies auf Fig. 132 bei *H* dargestellt ist. Nach dem Verlassen der Kühlwalzen wird die Pappe aufgewunden bei *L* und durch besondere Meßwalzen *K* geführt, welche gleichzeitig angeben, wieviel Meter schon aufgespult sind, und anzeigen, wann eine neue Rolle aufgesteckt werden muß. Die zur Imprägnierung nötige Tränkmassse schwankt je nach der Dicke der Pappe für den Quadratmeter von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ kg. Der Bedarf an Deckmasse dagegen ist für dünne und dicke Pappe ziemlich der gleiche und beträgt etwa $\frac{1}{2}$ kg.

Für die Herstellung von Asphalt Dachpappe aus natürlichen Asphalten nach dem oben geschilderten Verfahren hat die Firma Heinrich Hirzel, G. m. b. H. Leipzig-Plagwitz, unter Zugrundelegung ihrer oben erwähnten kontinuirlichen Imprägnierpfanne nach dem Durchzugsverfahren eine sehr leistungsfähige Anlage geschaffen, über die sie uns die folgenden freundlichen Mitteilungen macht.

Die maschinelle Herstellung der Asphalt Dachpappe ist infolge des hohen Schmelzpunktes der hier in Frage kommenden Imprägniermaterialien eine ganz andere, als die vorher für gewöhnliche Teerdachpappen beschriebene. In erster Hinsicht ist die Heizungsfrage zu berücksichtigen; die sonst so bequeme Dampfheizung kommt hier nicht in Frage, weil Temperaturen in den Imprägnierungspfannen erreicht werden müssen, die zwischen 160 und 180° C liegen, die man mit Dampf nur sehr schwer erzielen könnte. Die Beheizung mit direktem Feuer bietet die bekannten Nachteile wegen der hierdurch bedingten Gefahr für Entstehung von Bränden. Es bleibt daher für den vorliegenden Zweck nur übrig, die Beheizung mit Heißwasser vorzunehmen. Bei einer derartigen Anlage für die Erzeugung von Asphalt Dachpappe muß man auch gleich Vorsorge treffen für geräumige Kessel zum Vorschmelzen des Asphalts.

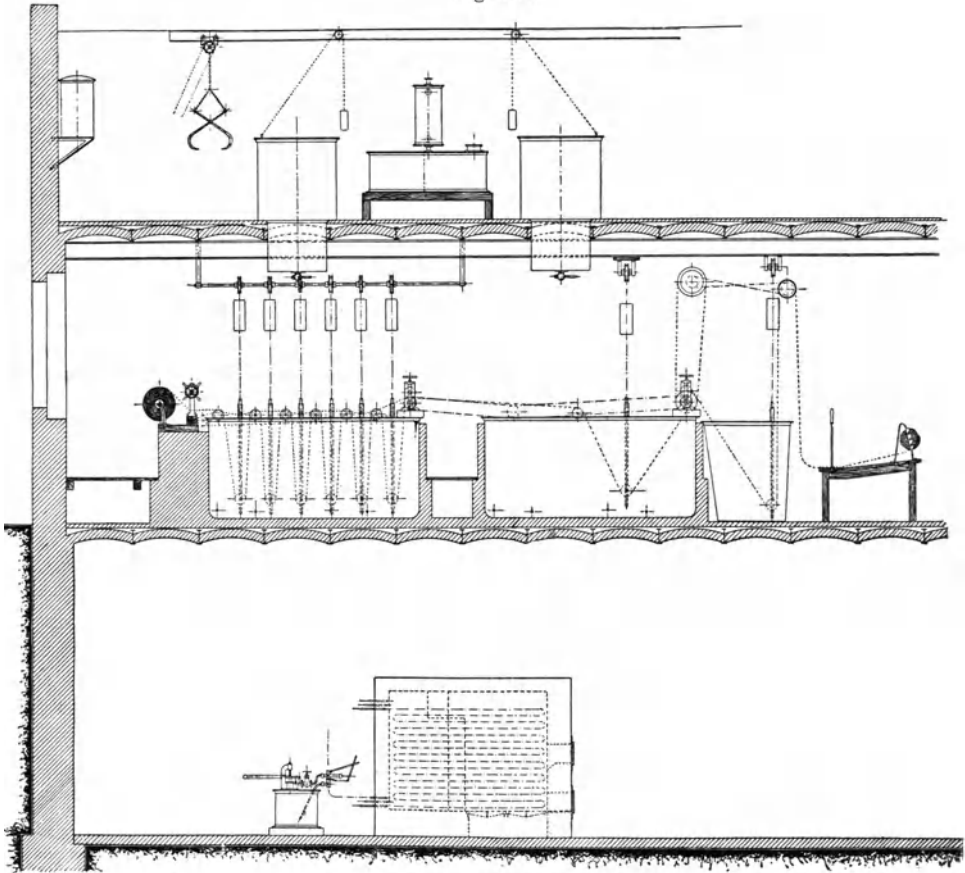
Auf der in Fig. 134 abgebildeten Anlage ist eine von der genannten Firma gebaute Apparatur dargestellt, mit welcher man doppelt getauchte Asphalt Dachpappe erzeugen kann. Die Anlage selbst ist in drei Stockwerken untergebracht, und zwar: zu ebener Erde die Imprägnierungsapparatur, in dem darüber befindlichen Stockwerk die Schmelzkessel für Asphalte und in dem Kellerraum der Heißwasserbeheizungsöfen für alle Apparate, in welchen Wärme benötigt wird.

In die Schmelzkessel wird mittels eines kleinen Aufzuges der Asphalt in Fässern direkt eingebracht und dort ausgeschmolzen. Der eine Kessel dient zur Aufnahme der Vorimprägnierungsmasse, der andere für die harte Überzugsmasse. Die Schmelzkessel selbst befinden sich ganz nahe über den entsprechenden Verarbeitungspfannen, damit der Weg, welchen die geschmolzene Masse zum Füllen der Pfannen zu nehmen hat, möglichst kurz ist, weil die Asphalte sich sehr schnell abkühlen und erstarren würden.

Die Imprägnierungsapparatur setzt sich zusammen aus der Vorimprägnierungspfanne, welche ganz die gleiche Konstruktion zeigt, wie der bereits beschriebene kontinuierlich arbeitende Dachpappenimprägnierungsapparat für gewöhnliche Dachpappe der gleichen Firma. Es wird die Rohpappe in dieser ersten Pfanne zunächst vorimprägniert und durch eine heizbare Walze abgepreßt. Dann wird die Pappenbahn in die Pfanne mit der Deckmasse

geleitet und erhält hier den harten Überzug. Die Dicke desselben kann durch eine zweite heizbare Ausdrehwalze geregelt werden und hierdurch erhält die Dachpappe die den Asphalt Dachpappen allein so charakteristische Ledernarbung. Die heiße, aus den Walzen kommende Dachpappe wird noch gekühlt, alsdann mit Talkum bestreut und aufgewickelt. Für die rationelle Erzeugung dieser Asphalt Dachpappen kommen nur kontinuierlich arbeitende Pfannensysteme in Frage.

Fig. 134.

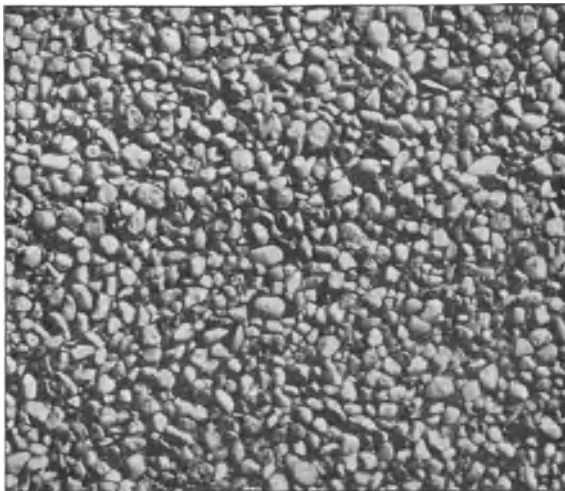


Asphalt Dachpappenfabrik.

Außer diesen einfachen Asphalt pappen werden in Amerika auch sogenannte Ready-Roofings hergestellt, d. h. Pappen, die gleich mit einer Kiesschicht versehen und fertig zum Verlegen sind. Sie bestehen aus einer mit Tränkmasse versehenen Lage von Nessel, die mit Deckmasse überzogen wird. Beim Austreten aus den Walzen, die die Deckmasse auftragen, trifft die Nessel mit einer gleichfalls getränkten und mit Deckmasse versehenen Wollfilzpappschicht zusammen und wird mit dieser durch ein Walzenpaar unter Druck vereinigt. Da die Deckmasse noch flüssig ist, besorgt sie von selbst das Verkitten. Man läßt dann auf die oberste Schicht der Wollfilzpappe aus einem Schüttelsieb Kies im Überschuß fallen, der sich an die noch weiche Deckmasse anheftet

und dort festklebt. Der Überschuß, der nicht festhaftet, fällt ab und wird wieder verwendet. Diese Art von Pappen kann man nicht über Kühlwalzen gehen lassen, da diese den Kies abkratzen würden und auch keine genügende Wärmeübertragung durch den Kies hindurch stattfinden würde, sondern man läßt sie in kontinuierlichem Lauf über Rollen an der Decke herabhängen, bis sie an der Luft vollständig ausgekühlt sind und aufgewickelt werden können. Fig. 135 zeigt das äußere Ansehen eines derartigen fertigen Dachbedeckungsmaterials. Im übrigen wird in Amerika die Besandung oder Bekiesung der Dachpappe erst nach der Ausführung der Dacheindeckung aufgebracht, was wegen der Ersparnis an Frachtkosten nicht ohne Vorteil ist. Daß man dabei in Amerika in der Lage ist, bei dem großen Mineralreichtum dieses Landes unter Anwendung von Glimmer, Quarz, Hornblendegestein u. dgl. besondere Effekte zu erzielen, ist bekannt.

Fig. 135.



Äußeres der amerikanischen Ready-Roofings.

Man wird aus dieser Schilderung die Überzeugung gewonnen haben, daß auch die Verfahren zur Herstellung von Dachpappe auf maschinellem Wege es heute zu einem hohen Grad der Vollendung gebracht haben, und daß die Dachpappenfabrikation damit aus dem Rahmen einer handwerksmäßig betriebenen Manufaktur in die Reihe der mit allen technischen Hilfsmitteln arbeitenden Industrien getreten ist.

Wenn gleichwohl eine allgemeine Einführung des maschinellen Betriebes in diese Industrie noch nicht Platz gegriffen hat, so wird dies durch besondere Verhältnisse bedingt, insbesondere dadurch, daß gegenwärtig noch eine sehr große Zahl alter, kleiner Betriebe existiert, die mit zwar primitivsten, aber längst amortisierten Einrichtungen arbeiten.

Auf Verbesserungen in der Herstellung von Dachpappen u. dgl. sind eine große Anzahl von Patenten entnommen worden, von denen wir hier nur die neueren anführen wollen.

O. Schreiber¹⁾ verwendet zur Herstellung kautschukähnlicher Imprägniermassen für Dachpappe die pechartigen Rückstände der Steinkohlenteer- und Erdöldestillation, denen er die Rückstände der Destillation animalischer Stoffe, wie Stearinpech, Wollschweißfettpech u. dgl. und endlich mineralische Stoffe, wie Ozokerit, Erdwachs u. dgl. zusetzt. Die zusammengeschmolzene Masse wird durch Einleiten von Luft, eventuell unter Zusatz

¹⁾ D. R. - P. Nr. 108378.

oxydierend wirkender Stoffe oxydiert, während zum Schluß noch eine Behandlung mit Formaldehyd folgt.

Die Standard Paint Company¹⁾ macht wetterfeste, farbige Belagstoffe aus mit Kohlenwasserstoffen u. dgl. getränkten Grundstoffen unter Verwendung von in dünner Schicht braun aussehendem Stearinpech, das durch Verwitterung ausbleicht unter Zusatz von Farbstoffen, wie Metalloxyden u. dgl.

Eine wetter- und feuerbeständige Dachpappe stellt E. Kutznitzki²⁾ her, indem er diese mit einem Überzug versieht, der das Zersetzen und Verflüchtigen der in der imprägnierten Dachpappe enthaltenen Teeröle usw. verhindert. Der Überzug besteht aus schuppenförmigem, körnigem oder gemahlenem Graphit, der unmittelbar nach erfolgter Imprägnierung, bzw. sofort nach dem Ausziehen der Pappe aus dem Imprägnierkessel aufgestreut wird.

Weißer und farbiger, wetterfester, durch Teerpech nicht zerstörbarer Anstrich auf Dachpappe erzeugt H. Engelhardt³⁾ dadurch, daß er die Dachpappe zunächst mit einer Schicht aus Harz und wasserlöslichen Silikaten versieht, auf die dann der weiße oder farbige Anstrich aufgebracht wird. Es soll dadurch mit Sicherheit vermieden werden, daß nach kurzer Zeit die Teermasse mit ihrer braunen Farbe durchschlägt.

3. Die Herstellung der Isolierplatten.

Die Isolierung von Fundamentmauerwerk, Brücken- und Kellergewölben u. dgl. gegen aufsteigendes Grund- bzw. eindringendes Tagewasser wird vielfach, wie dies im Kapitel „Gußasphalt“ beschrieben worden ist, durch eine Schicht von Asphaltmastix bewerkstelligt. Um unter dem Druck der auflastenden Massen nicht aus den Fugen des Mauerwerks herausgepreßt zu werden, bedarf diese Isolierschicht einer bedeutenden Festigkeit, welche durch Zusatz von Kies und anderen mineralischen Füllstoffen erreicht wird. Darunter leidet naturgemäß das Anschmiegsvermögen, die Dehnbarkeit und Bruchfestigkeit des Materials, so daß es der wechselnden Belastung, sowie den Bewegungen des Mauerwerks bei Erschütterungen, z. B. bei Brückengewölben unter der Wirkung des Verkehrs, oder Senkungen, wie sie bei ungünstigem Baugrund unvermeidlich sind, nicht zu widerstehen vermag und Risse und Sprünge auftreten, die die Kontinuität der Isolierschicht vereiteln.

Diesem Nachteil wurde mit der Erfindung der Asphaltisolierplatten durch die Firma Büsscher und Hoffmann abgeholfen, deren leitender Gedanke darin liegt, die Biegsamkeit und das Anschmiegsvermögen der Isolierschicht dadurch zu erhöhen, daß man als Träger für den Asphalt ein langfaseriges Material zur Anwendung brachte, welches allen Bewegungen des Mauerwerks folgen konnte, ohne seinen Zusammenhang zu verlieren. Es ist historisch interessant, daß dies Verfahren, die Kurzbrüchigkeit des Asphalts zu vermindern, bereits den alten Babyloniern bei ihrem Hausbau bekannt war. So heißt es z. B. bei Miesbach⁴⁾: „Sie (die Steine) wurden bei Ausführung der Mauer an Stelle des Mörtels mit heißem Asphalt verbunden, eine Substanz, welche man aus den reichen Naphthaquellen nahe am Ißfluß, acht Tagereisen von Babylon, gewann, und nach mehreren Schichten Ziegeln legte man zwischen diese

¹⁾ D. P.-A. St. Nr. 10 104, 1909. — ²⁾ D.-P.-Anm. A. Nr. 6371, 1907. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 219 181, 1907. — ⁴⁾ La fabrication des briques et des tuiles depuis son origine. Wien 1855.

und den Asphalt Binsen und Palmblätter, um einen stärkeren Zusammenhalt zu erzielen.“

Als Träger für den Asphalt, der sowohl aus natürlichem, meist Trinidadgoudron, als auch aus Steinkohlenteerasphalt bestehen kann, benutzt man den gleichen Rohstoff, wie zur Dachpappenfabrikation, Rohpappe oder Wollfilzpappe, besser aber den sogenannten Asphaltfilz, den wir bereits an anderer Stelle erwähnt haben, seltener Gewebe, wie Nessel oder Jute. Man fertigt die Platten sowohl in einfacher als auch in doppelter Lage an und gibt im letzteren Falle zuweilen zwischen die beiden Pappschichten zur Erhöhung der Festigkeit eine Einlage von Drahtgewebe, oder um größere Undurchlässigkeit zu erzielen, eine solche von dünnem Walzblei (A. Siebel). Bei vorschriftsmäßig hergestellten Platten sind alle derartigen Einlagen überflüssig, da das faserige Material, welches als Träger der Asphaltschichten zu dienen hat, in weiterem Sinne nur den Zweck verfolgt, die Biegsamkeit und besonders die Dehnbarkeit des Asphalts zu erhöhen, damit er bei örtlichen Senkungen des isolierten Mauerwerks der Bewegung zu folgen vermag, ohne die Kontinuität zu verlieren, ein Zweck, der bei der im allgemeinen geringen Dehnbarkeit der hier in Frage kommenden Metalle nie erreicht werden wird.

Um einen innigen Verband zwischen Mörtel und Isolierschicht zu erzielen, werden die Isolierplatten beiderseits statt mit Sand mit grobem Kies, wie er bei Gußasphaltarbeiten verwendet wird, sogenanntem Asphaltkies, bestreut.

Man fertigt die Asphaltisolierplatten für jede beliebige Mauerbreite passend, indem man die Einlage vorher in der gewünschten Breite zuschneidet; entsprechend dem großen Gewicht der fertigen Platten beträgt deren Länge bei 0,81 bis 1,0 m Breite jedoch selten mehr als 3,33 m. Bis zu einer Stärke von etwa 10 mm können dieselben in Rollen, darüber hinaus und namentlich in doppellagiger Ware müssen sie entweder flach ausgebreitet zwischen Sand gelagert oder in gleicher Weise mit Papiereinlage zwischen Planken an einem kühlen Orte aufbewahrt und versandt werden. Das Zuschneiden der einzelnen Streifen erfolgt bei Pappe und Filz am besten mit der Kreispappschere, bei Jute und ähnlichem Fasermaterial dagegen mit der gewöhnlichen Schere.

Von größter Wichtigkeit ist es bei Verwendung von künstlichem Asphalt, das Asphaltgemisch zum Überziehen der Streifen in der geeigneten Weise und Zusammensetzung herzustellen, so daß es unter dem Einfluß höherer Lufttemperatur nicht auseinanderfließt und in der Kälte nicht so spröde wird, daß die Platten beim Biegen brechen. Eine Asphaltmasse, wie wir sie bereits früher als Asphalt- oder Pflasterkitte kennen gelernt haben, dürfte dem Zweck vollkommen entsprechen. Als sehr geeignet wird folgende Mischung empfohlen: 500 Tle. mittelhartes Steinkohlenteerpech, 300 Tle. Schlämmkreide, 200 bis 400 Tle. präparierter Teer (Dachlack); der Zusatz von Teer schwankt je nach der Jahreszeit, in welcher die Platten verlegt werden sollen, und ist geringer im Hochsommer, größer in den kälteren Monaten.

Zur Isolierung von leichtem Mauerwerk gegen aufsteigende Feuchtigkeit wird vielfach die aus 50er Rohpappe hergestellte, ganz schwere Dachpappe benutzt, welche daher auch Isolierpappe genannt wird. Eine leichte, aber für die meisten Zwecke vollkommen ausreichende Sorte von Isolierplatten wird aus schwerer unbesandeter Dachpappe (Lederpappe aus 50er und 60er Rohpappe) in ganz ähnlicher Weise wie die Dachpappe selbst hergestellt. In einer kurzen, nur etwa 1,5 m langen Pfanne von ganz gleicher Einrichtung wie die

Imprägnierpfannen für Dachpappenfabrikation, wird die Asphaltmasse zum Schmelzen gebracht. Die in Längen von $3\frac{1}{3}$ m geschnittene Lederpappe wird unter einer Tauchwalze durch die Masse gezogen und gelangt zwischen die ganz weit gestellten Abstreichwalzen, die vorteilhaft geheizt sein können, und von da auf den mit erwärmtem Asphaltkies beschickten Tisch, auf welchem sie auch auf der oberen Seite mit heißem Asphaltkies, entweder per Hand oder vermittelt der Streumaschine bestreut werden. Das Aufwickeln der bekiesten Platten erfolgt nicht auf der zweiteiligen, festgelagerten Wickelwalze, sondern um einen einfachen hölzernen, runden Stab auf einer Kiesunterlage, wodurch auch Kies auf etwa ungenügend gedeckte Stellen auf der unteren Seite der Pappe durch das eigene Gewicht der Platten fest eingedrückt wird, so daß die fertigen Platten ein durchaus gleichartiges, gefälliges Aussehen gewinnen.

An dem Stabe werden sie darauf vom Tische abgehoben und auf dem flachen Boden auf einer Unter- und Zwischenlage von heißem Kies aufgerollt und übereinander zu Stößen aufgestapelt, bevor sie dann nach völligem Erkalten mit einer Einlage von Packpapier in Rollen zum Versand gebracht werden. Um eine gleichmäßige, lückenfreie Bekiesung zu erzielen, ist es absolut erforderlich, den Asphaltkies in gänzlich staub- und lehmfreiem Zustande zu verwenden, den denselben vor dem Gebrauch auf einer Darre oder in einem Kessel gut anzuwärmen. Ein kalter, gut gereinigter Kies haftet zwar für den ersten Augenblick an der noch heißen Asphaltschicht, fällt aber nach dem Erkalten beim Umrollen wieder ab, da der Asphalt infolge der raschen Abkühlung durch den kalten Kies diesen nicht fest genug zu binden vermag. Unter Verwendung von 60er Rohpappe beträgt das Gewicht der so hergestellten Asphaltisolierplatten etwa 12 kg pro Quadratmeter und deren Stärke einschließlich der Kiesschicht etwa 7 bis 8 mm.

Stärkere Isolierplatten, d. h. solche mit dickerer Asphaltschicht, werden aus Dachpappe, die besandet sein kann, oder Asphaltfilz auf einem Tische durch Streicharbeit hergestellt. Der Tisch besitzt eine Breite von 1,1 m bei einer Höhe von 0,7 m und einer Länge von 15 m und ist nach der Seite hin, nach welcher die Arbeit vorwärtsschreitet, leicht geneigt. Die Tischplatte muß von 4 cm starken Bohlen in gleichmäßiger Ebenheit hergestellt sein und besitzt auf der einen Längsseite einen feststehenden Rand von Winkelnisen, gegen welchen die zu asphaltierende Pappe o. dgl. fest angeschoben wird. Dachpappe und Filz werden gleichfalls in entsprechend zugeschnittenen Stücken, und zwar im ganzen auf eine Länge von 10 m auf den Tisch gebracht und mit den Rändern fest aneinandergeschoben. Der Anstrich mit der Asphaltmasse hat sehr gleichmäßig von beiden Längsseiten des Tisches aus gleichzeitig mit in Draht gebundenen Streichbürsten mit seitlichem Stiel zu erfolgen, und zwar vom höchsten Punkte des Tisches aus, dem Gefälle desselben folgend. Der Asphalt wird in Trageimern beigebracht und in kleinen Portionen auf der Platte ausgegossen, die sofort verstrichen werden müssen; die Erzielung einer gleichmäßig starken Schicht erfordert immerhin einige Übung seitens der Arbeiter. Ohne Aufenthalt erfolgt dicht hinter dem Anstrich die Bestreuung der Schicht seitens eines anderen Arbeiters mit angewärmtem Kies. Es geschieht dies unter Anwendung eines Siebes zur besseren Verteilung der einzelnen Kiesteilchen.

Nachdem die sämtlichen Platten des Tisches auf diese Weise einseitig mit einer Asphalt- und Kiesschicht überzogen worden sind, erfolgt ein

Abwalzen derselben mit der Handwalze unter Anwendung eines leichten Druckes, um den Asphaltkies in die heiße Asphaltschicht einzupressen. Diese (Fig. 136) ist eine einfache Walze von hartem Holz, etwa 480 mm lang bei 120 mm Durchmesser, welche an einem hölzernen Stiel drehbar ist. Bevor die Platten gewendet werden, um sie auch auf der anderen Seite asphaltieren und bekiesen zu können, muß man sie einigermaßen abkühlen lassen, damit sie bei dieser Hantierung nicht zerreißen, da die Pappe oder der Filz beim Bestreichen mit der heißen Asphaltmasse sehr weich und locker wird. Man hat natürlich stets mehrere derartige Tische in Bereitschaft und arbeitet inzwischen an einem zweiten, während die Platten auf dem ersten Tisch zur Abkühlung zu liegen haben.

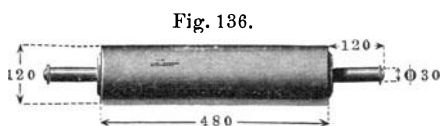
Das Umwenden der Platten auf die andere Seite erfolgt bei der letzten Platte des Tisches, hinter welcher noch etwa 5 m Tischfläche frei liegen, so, daß die Arbeiter die Platte an ihrem oberen Ende fassen und dieses über das untere Ende hinwegziehen. Dabei fällt der nicht gebundene Kies zu beiden Seiten ab, während die Platte dann umgekehrt auf das freie Ende des Tisches zu liegen kommt. Sind alle Platten in dieser Weise gewendet und die Ränder derselben wieder an den seitlichen Falz und gehörig aneinandergeschoben, so erfolgt der zweite Anstrich in genau der gleichen Weise. Im übrigen sind dieselben in derselben Art fertigzustellen, wie dies schon vorher beschrieben worden ist.

Bei der Verwendung werden die Platten, um eine ganz homogene Abdeckung des Mauerwerks zu erzielen, mit ungefähr 10 cm Überdeckung

übereinandergeschoben und die Ränder mit der gleichen Masse verklebt, welche zur Herstellung der Platten dient. Dadurch entstehen an den Überlappungsstellen, wo also zwei Lagen Platten übereinander liegen, Erhöhungen, welche bei der Isolierung von Fundamentmauern in der Regel ohne Bedeutung sind, aber sehr störend werden können, wo es sich um die Isolierung großer Flächen, wie z. B. Brücken- und Kellergewölbe, Kasematten usw. handelt, weil hier die Platten nicht allein an der Breit-, sondern auch an der Längsseite überlappt werden müssen, wodurch es vorkommen kann, daß an einzelnen Stellen vier, mindestens aber drei Lagen übereinander kommen. Die dadurch verursachten Unebenheiten in der Isolierungsschicht können mithin sehr beträchtlich sein.

Für diese Zwecke werden die Isolierplatten daher meistens mit einem Falz angefertigt, welcher in den der benachbarten Platte eingreift und mit Asphaltkitt verklebt wird. Es verursacht keinerlei besondere Umstände, die Platten in dieser Weise herzustellen. Schon beim Belegen der Tische werden die einzelnen Pappstreifen an den Quernähten 10 cm übereinandergeschoben. Die ganze Längsnaht dagegen wird längs des seitlichen Winkeleisens am Tisch mit einem 10 cm breiten Flacheisen (bzw. von der Breite des gewünschten Falzes) überdeckt und im übrigen verfahren wie beschrieben. Auf diese Weise bleiben die überdeckten Flächen frei von Asphalt und Kies und bilden einen natürlichen Falz, der an allen vier Seiten der Platten abwechselnd oben und unten erscheint.

Unter Verwendung 50er oder 60er Dachpappe (Nr. 00 oder Nr. 0) beträgt das Gewicht der auf diese Weise hergestellten Isolierplatten etwa 22 bis 24 kg pro Quadratmeter bei einer Stärke von 10 bis 12 mm, einschließlich der Kies-



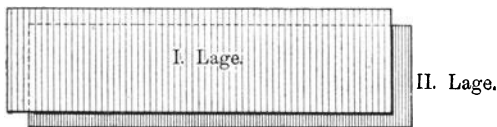
Kieswalze.

schicht. Platten mit Filzeinlage dagegen wiegen bei gleicher Stärke höchstens 17 bis 18 kg pro Quadratmeter, was natürlich auf das geringere Gewicht des Asphaltfilzes (1,4 bis 1,5 gegen 4,8 bis 5 kg pro Quadratmeter) zurückzuführen ist. Derartige Platten können zwar noch in Rollen aufgewickelt zum Versand gebracht werden, allein es empfiehlt sich mehr, den Versand so zu bewerkstelligen, daß die Platten (je vier bis fünf Stück) platt zwischen je zwei Planken von entsprechender Größe gelegt werden, die aneinander befestigt sind mit einer Zwischenlage von Packpapier. Auf diese Weise ist jede Beschädigung der Platten beim Transport und der Entladung ausgeschlossen, während bei loser Verladung derselben zwischen Sand oder Sägespänen beim Entladen durch unkundige Hände oft großer Schaden angerichtet wird.

Doppellagige Asphaltisolierplatten, d. h. solche mit zwei Lagen Faserstoff zwischen je drei Lagen Asphalt, werden sowohl aus Dachpappe als auch aus Asphaltfilz zuweilen hergestellt. Ihre Anfertigung erfolgt genau in der vorher beschriebenen Weise; nachdem die eine Seite der Platten mit Asphalt und Kies überzogen ist und die Platten gewendet sind, erfolgt zunächst das Aufkleben der zweiten Lage und nach entsprechendem Abkühlen das Asphaltieren und Bekieseln derselben. Bei diesen Platten ist die An-

bringung eines Überdeckungsfalzes natürlich unerlässlich; derselbe ergibt sich aber ganz von selbst, wenn die beiden Lagen auf die aus der Zeichnung (Fig. 137) ersichtlichen Weise aufeinander geklebt werden.

Fig. 137.



Doppellagige Falzisolierplatte.

Doppellagige Asphaltisolierplatten können nur plattgelegt aufbewahrt und transportiert werden. Sie besitzen eine Stärke von etwa 15 bis 18 mm bei einem Gewicht von etwa 32 kg pro Quadratmeter für Pappereinlage und von etwa 23 kg pro Quadratmeter für Filzeinlage.

Über die Zugfestigkeit und Dehnbarkeit dieser verschiedenen Isoliermaterialien gibt eine Untersuchung Aufschluß, die im Auftrag der Firma Büsscher u. Hoffmann an der königl. Prüfungsstation für Baumaterialien in Berlin ausgeführt worden ist und deren Resultate in nachfolgender Tabelle zusammengestellt sind:

Versuchsstück 50 cm lang, 14 cm breit	Stärke mm	Gewicht pro Qua- dratmeter kg	Angewendete Belastung bis zur Zerstörung kg	Stattgehabte Dehnung bei der Zerstörung Proz.
Asphaltfilzplatten nach Büsscher u. Hoffmann	7—13	14—18	313,5	20
Kiesplatten (Pappplatten von Büs- scher u. Hoffmann)	5	10	115,4	4,1
Dachpappe, Kl. I (00)	3,5	5	134,8	1,5
Siebel'sche Platten mit Bleieinlage	4	6	105,7	3,8

Hieraus ergibt sich die Überlegenheit der Asphaltfilzplatten und die Richtigkeit der weiter oben geäußerten Ansicht über den geringen Wert der Metalleinlagen.

Elftes Kapitel.

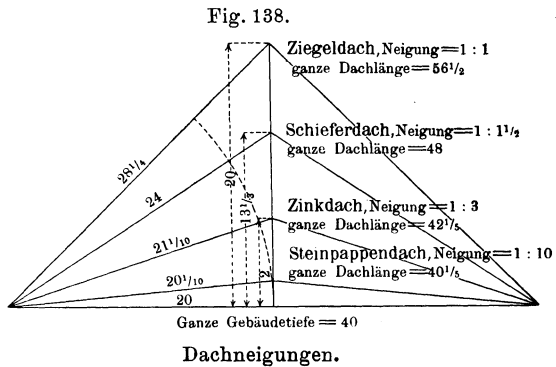
Die Anwendung der Dachpappe und der Isolierplatten.

Die Dachpappe dient im allgemeinen als wasserdichtes, stationäres Deckmaterial und findet als solches ihre hauptsächlichste Anwendung, wie auch schon ihr Name besagt, in der Bauindustrie zur Dachbedeckung, und zwar sowohl für sich allein (Pappdächer), wie auch in Verbindung mit asphaltartigen Materialien (Doppelpappdächer, Kiesdächer, Holzzementdächer), oder mit Ziegel und Schiefer, in welchem letzterem Falle sie eine das Eindringen von Schnee und Ruß in die Bodenräume verhindernde Rolle zu spielen hat.

Im Laufe der Zeit haben sich vornehmlich drei Arten der Eindeckung mit Dachpappe ausgebildet, nämlich das einfache Pappdach, das doppellagige Pappdach und das Kiespappdach, zu dem wir auch das sogenannte Holzzementdach zu rechnen haben. Gegenüber anderen der üblichen Bedachungsarten haben die Pappdächer mancherlei Vorzüge aufzuweisen, deren wesentlichste die folgenden sind:

1. Die große Billigkeit, die sich schon daraus ergibt, daß der

Einheitspreis an Deckmaterial für die gleiche Dachfläche bei Dachpappe wesentlich geringer ist als bei den meisten anderen Dachbedeckungsmaterialien. Noch größer wird die Ersparnis, wenn man das ganze Dach einschließlich der Dachkonstruktion in Betracht zieht. Die vorstehende Skizze (Fig. 138) zeigt die Dachneigungen, die verschiedene Deckmaterialien fordern, und die daraus resultierenden Dachfläche. Die Dachneigung beträgt:



für das Pappdach	1 : 10	und erfordert bei 100 qm Grundfl.	100,5 qm	Dachfl.,
" "	Zinkdach	1 : 3	" "	105,5 " "
" "	Schieferdach	1 : 1,5	" "	120 " "
" "	Ziegeldach	1 : 1	" "	141,5 " "

Steile und schwere Dächer erfordern außerdem auch eine entsprechend stärkere Holzkonstruktion, höhere und stärkere Giebelwände, Schornsteine, Dach- und Etagenwände, mithin einen Mehrverbrauch an Material. Die

leichte und flache Konstruktion des Pappdaches ermöglicht ferner die Herstellung von Dächern mit sehr großer Spannweite zu verhältnismäßig niedrigen Kosten.

2. Das geringe Eigengewicht des Papp- und Holzzementdaches gegenüber anderen Dachkonstruktionen, worüber folgende Zusammenstellung nach Karmarsch und Heeren¹⁾ Auskunft gibt. Es wiegt 1 qm einschließlich Deckmaterial, Schalung bzw. Lattung und Gespärre:

bei Doppelziegeldach	127 kg
„ einfachem Ziegeldach	102 „
„ Schieferdach auf Schalung	76 „
„ Strohdach mit Lehm	76 „
„ Stroh- und Rohrdach	61 „
„ Zinkdach auf Schalung	41 „
„ Holzzementdach	33 „
„ Pappdach	30 „
„ Wellblechdach	22—24 „

3. Die große Einfachheit in der Ausführung und Unterhaltung, die es gestattet, große Flächen in der denkbar kürzesten Zeit einzudecken und wieder herzustellen.

4. Die absolute Kontinuität der gesamten Fläche, durch welche das Eindringen von Regenwasser, Schnee und Ruß in die Bodenräume verhindert wird.

5. Die Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff des Feuers und der Atmosphärien, woraus sich eine große Feuersicherheit für die damit gedeckten Gebäude ergibt. Die schwere Entzündbarkeit der Dachpappe wird schon von Gilly besonders hervorgehoben und sie wird ausdrücklich anerkannt durch die Reskripte der Ministerien verschiedener Staaten, welche die Zulassung der Pappdächer als Surrogat für harte Dachung aussprechen.

Es mag für den ersten Augenblick befremdlich erscheinen, inwiefern ein Material, das doch in der Hauptsache aus leicht brennbaren Stoffen besteht, irgend welche Feuersicherheit besitzen und gewähren kann, aber es ist ohne weiteres klar, daß die mineralisierte Oberfläche der Dachpappe diese sehr wohl vor der Entzündung von außen her, die ja allein in Betracht kommt, zu schützen vermag. Man sieht leicht ein, daß die dicht geschlossene Fläche des Pappdaches jeden durch Brand verursachten Luftzug von unten her abschneidet und dadurch die Entzündung des Gespärres und der Dachschalung erschwert und verlangsamt. Auch bietet das Holzwerk selbst infolge seiner leichten Konstruktion dem Feuer viel weniger Nahrung als bei anderen, z. B. den sehr schweren Ziegeldächern. Man darf auch nicht übersehen, daß die Pappdächer infolge ihrer geringen Neigung viel leichter zugänglich und von oben her zu verteidigen sind und es auch gestatten, etwaige Brände in benachbarten Gebäuden von ihrer Höhe herab zu bekämpfen.

Besonders günstig in dieser Hinsicht stellen sich die doppellagigen Kiespapp- und Holzzementdächer, weil die dicke Kiesschicht derselben jede Entzündung auf der Oberfläche überhaupt unmöglich macht. Sie erfordern zwar infolge ihres hohen Gewichtes einen kräftigen Dachstuhl, müssen aber aus

¹⁾ Techn. Wörterbuch 3, 792.

technischen Gründen mit dem minimalsten Gefälle ausgeführt werden und beanspruchen daher auch die geringste Dachfläche.

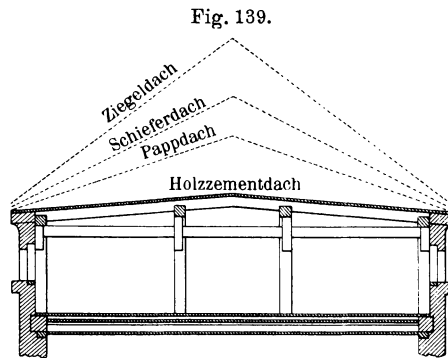
Die folgende Skizze, Fig. 139, zeigt das Neigungsverhältnis und die dadurch entstehende Verminderung der Deckfläche bzw. des Dachstuhles bei einem Holzzement- oder Kiespappdach gegenüber den sonst üblichen Dachdeckungen.

Bei einem Grundstück von etwa 100 qm Grundfläche würde die zu deckende Fläche ungefähr folgende sein:

147 qm	bei Ziegeldach,
118 "	" Schieferdach,
108 "	" Pappdach,
104 "	" Holzzementdach.

Das Holzzement- und Kiespappdach besitzen demnach die geringste Dachfläche, und da bei diesen auch die Unterhaltungskosten, welche jedes andere Dach erfordert, wegfallen, so ist diese Eindeckung die weitaus billigste. Vor Dächern anderer Konstruktion bieten dieselben aber noch andere Vorteile. Sie können u. a. mit Gartenerde oder Rasen überdeckt, leicht zur Anlage von Dachgärten oder Erholungsplätzen herangezogen werden, was besonders in großen Städten eine nicht zu unterschätzende Annehmlichkeit ist. Infolge ihrer Undurchlässigkeit für Kälte und Wärme eignen sie sich nicht allein für Fabriken und Lagerräume aller Art, sondern auch zur Bedachung von Wohnhäusern, bei denen sie dem Architekten gestatten, sich an den klassischen Baustil Italiens und Griechenlands enger anzulehnen. Für steilere oder weittragende leichte Dächer ist dagegen mehr die Eindeckung mit Dachpappe und speziell das Doppelpappdach zu empfehlen.

Man hat dem Pappdach von gewisser Seite zum Vorwurf gemacht, daß es durch seine flache Konstruktion und monotone Farbe die Schönheit der Gebäude, des Landschafts-, Straßen- und Städtebildes beeinträchtigt und darauf hingewiesen, wie gerade die steile Dachform den Bauwerken der alten Griechen und Römer zu idealer Schönheit verholfen habe und wie sie besonders am gotischen Dom geheiligt worden ist. Es ist aber bekannt, daß auch die Baumeister des klassischen Altertums und des Mittelalters überall dort, wo ihnen die Steilheit des Daches nicht durch die Beschaffenheit des Deckmaterials aufgedrängt worden ist, sich der flachen Dächer bedienten, so in Italien, Südfrankreich, Spanien, dem Heiligen Land, wo wir sehr häufig den steilen Giebel vor ein flaches Dach als Ziermauer aufgeführt finden. Auch in England erlaubte es der große Nationalreichtum schon im Mittelalter vom Metall, namentlich dem Kupfer, als Dachbedeckungsmaterial weitgehenden Gebrauch zu machen, und so finden wir auch hier das flache Dach bevorzugt.



Neigung der Kiespappdächer.

Die Bauten der größten Meister der antiken Schule des vorigen Jahrhunderts zeigen die Anwendung des flachen Daches über Landhäusern, Palästen und Monumenten und es ermöglicht hier die gleiche Schönheit der Formen, wie das steile Dach, wenn es wie dieses durch Künstlerhand geschaffen wird.

Bezüglich des Einwurfs der monotonen Farbe ist darauf hinzuweisen, daß auch das graue Schieferdach, das Metaldach oder das rote Ziegeldach die gleiche Monotonie aufweisen und sich nach längerem Gebrauch durch den Einfluß der Atmosphärien, des Staubes und Schornsteinrußes in der Farbe kaum wesentlich vom Pappdach unterscheiden. Man hat es beim Pappdach bis zu einem gewissen Grad in der Hand, die rote Farbe des Ziegel- oder die graue des Schieferdaches durch eine entsprechende Bestreuung oder farbigen Anstrich nach Belieben zu imitieren, und besonders die Asphaltdachpappen dürften geeignet sein, mit dem Vorurteil gegen Pappdächer, das vor allem von dem Verein für Heimatschutz genährt wird, endgültig zu brechen.

Auch die ununterbrochen glatte Fläche des Pappdaches wird zuweilen als ermüdend für das Auge bezeichnet; sie ist in gleichem Maße bei Metaldächern, ausgenommen dem Wellblechdach, vorhanden und wird hier nicht beanstandet; übrigens hat man auch für das Pappdach Eindeckungsverfahren erfunden, die sich selbst für steilste Dachkonstruktionen verwenden lassen und durch reiche Abwechslung der Musterung da, wo es not tut, dem künstlerischen Empfinden völlig gerecht werden. Wir erwähnen hier nur das „Andurozierdach“ der Firma N. Schefftel in Wien, das wir an anderer Stelle noch besprechen werden. Man wird ohne weiteres zugeben müssen, daß ein derartiges Pappdach sich hinsichtlich des gefälligen Äußeren mit jedem Schieferdach messen kann.

Man wird nicht in allen Fällen zum flachen Pappdach greifen. „Wer üppige Häuser für reiche Bauherren auszuführen hat oder Staats- und städtische Gebäude, darf für hohe Dächer schwärmen, auch wenn sie beträchtlich mehr als anders gestaltete kosten. Wer aber mit dem Rechenstift in der Hand den Entwurf so einrichten muß, daß die aufgewendeten Baukosten und ihre Verzinsung dem Betrag entsprechen, den die Landwirtschaft oder Industrie herauswirtschaften müssen, um bestehen zu können, der erhält andere Anschauungen über den künstlerischen Wert oder Unwert dieser oder jener Bauformen und Baumaterialien ... Das Kunstwerk hängt nicht von üppiger Größe und reicher Formgebung ab, das Kunstwerk erweist sich als solches durch seine wohlabgewogenen Verhältnisse auch bei den bescheidensten Mitteln“¹⁾.

Die Zukunft der Dachpappe als zweckmäßiges und billiges Bedachungsmaterial ist daher trotz aller Einwürfe von gegnerischer Seite gesichert.

1. Die Ausführung von Pappdächern.

Die Eindeckung von Dachflächen mit Dachpappe geschieht, wie erwähnt, im allgemeinen auf dreierlei Art; entweder als einfaches Pappdach, oder als doppel- und mehrlagiges Pappdach, oder endlich als Kiespapp- und Holzzementdach.

Hauptfordernis für eine gute Eindeckung in Dachpappe oder Holzzement ist eine gute Unterlage für die Dachfläche. Für ein gewöhnliches

¹⁾ Vgl. Hasak, Heimische Dachformen, Berlin 1910.

Pappdach kann der Dachstuhl äußerst leicht hergestellt werden, muß aber in sich und mit dem Mauerwerk oder sonstigem Unterbau durch Ankerschrauben so verbunden sein, daß weder ein Lostrennen oder Durchbiegen, noch Abheben durch Sturm stattfinden kann. Die Entfernung der Sparren soll von Mitte zu Mitte 0,80 bis 1 m betragen. Die Schalung muß aus trockenen, 20 bis 25 mm starken, nicht zu breiten, tadellosen Brettern von gleicher Stärke bestehen, die nicht bloß gut gesäumt, sondern gefügt oder am besten mit Nut und Feder versehen sein müssen.

Für das Gefälle eines Pappdaches sind bestimmte Grenzen nicht gezogen, und es sind z. B. für Dachpappe aus natürlichen Asphalten alle sonst benutzten Verhältnisse zulässig; das beste Gefälle ist aber 1:3 bis 1:5, d. h. auf 1 m Sparrenlänge 20 bis 33 cm Fall.

Für Holzzement- und Kiespappdächer muß der Holzverband der Dachkonstruktion, entsprechend dem höheren Gewicht, kräftiger und stärker sein; es ist bei der Konstruktion darauf Rücksicht zu nehmen, daß derartige Dächer begangen werden und zu anderweitiger Benutzung zu dienen haben. Die Dachschalung kann daher nicht auf Sparren, sondern sie muß auf Balken zu liegen kommen, denen unter Umständen die gleiche Belastung, wie in bewohnten Räumen dem Fußboden zugemutet wird. Dieser Umstand ist maßgebend für die Berechnung der statischen Momente der Konstruktion. Auch die Dachschalung muß entsprechend stärker sein und ist durchgehends zu spunden, damit die Pappen- oder Papierlagen bei etwaigem Werfen einzelner Schalbretter nicht beschädigt werden. Die Neigung der Holzzement- und Kiespappdächer soll etwa 1:15 bis 1:20 betragen, woraus sich ein Gefälle von 5 bis 6,6 cm für 1 m Balkenlänge ergibt.

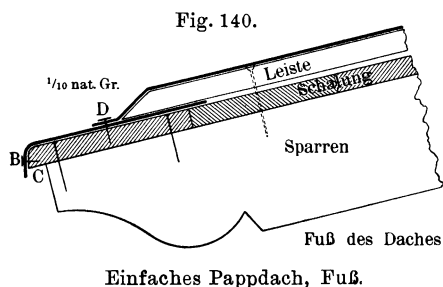
Beim Verschalen der Dachfläche ist in allen Fällen darauf zu achten, daß keine vorstehenden Kanten an den Stoßfugen verbleiben und auch alle sonstigen Unebenheiten der Schalung vor dem Eindecken sorgfältig entfernt sind. Die Ausführung der Pappeindeckung kann ebensowohl auf einem gestreckten Windelboden ausgeführt werden, der sorgfältig geglättet ist und unter Umständen billiger als Bretterschalung zu stehen kommt. Dies bietet den Vorteil, die Temperatur der Böden viel gleichmäßiger zu halten, als dies bei der dünnen Bretterschalung möglich ist. Holzzement- und Kiespappeindeckungen, die nicht auf der Schalung befestigt werden und somit von den Bewegungen derselben unabhängig sind, können auf jeder beliebigen Unterlage, wie Kiesbeton, Gipsdielen usw., ausgeführt werden. Die Ausführungsmöglichkeiten für die Eindeckung mit Dachpappe sind daher vielseitiger als für alle anderen Bedachungsmaterialien, von denen die meisten eine besondere Konstruktion für den Unterbau erfordern.

Die billigste und zugleich einfachste Ausführungsform ist

das einfache Pappdach.

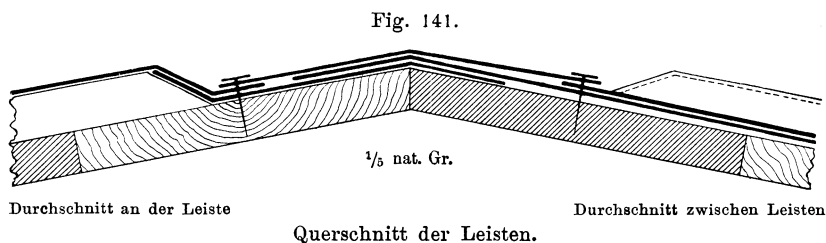
Diese Bedachungsart kommt in der Regel nur bei Schuppen und leichten Gebäuden in Anwendung oder bei solchen Anlagen, die nur von vorübergehendem Bestand sind, wie Ausstellungshallen u. dgl. Die Dachhaut besteht aus einer einzigen Lage von Dachpappe, die auf zweierlei Art eingedeckt sein kann, entweder auf Leisten, wobei sie unabhängig von den Bewegungen der Dachfläche ist, oder glatt auf die Dachschalung aufgenagelt und an den Stößen überlappt.

Bei Eindeckung auf Leisten wird zunächst, längs der Dachtraufe, der sogenannte Fuß aus möglichst langen, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ m breiten Pappstreifen angelegt, wie dies aus Fig. 140 ersichtlich ist. Die Streifen werden an der Traufkante scharf nach unten umgebogen, so daß sie bei *C* mindestens 10 mm



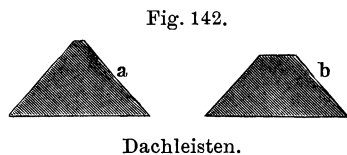
über die untere Kante vorstehen und bei *B* in Abständen von je 50 mm auf der Traufkante festgenagelt. Wo zwei Bahnen aneinanderstoßen, werden sie auf 100 mm überlappt und mittels Asphaltkitt aneinandergeklebt.

Dann werden die Dachleisten, deren Querschnitt aus Fig. 142 a u. b ersichtlich ist, möglichst inmitten der Sparren, mit der Breitseite aufliegend, auf 1 m Entfernung von Mitte zu Mitte aufgenagelt; sie werden nach der Sattel- und Traufseite des Daches zu abgeschrägt, wie dies aus den Fig. 140 und 141 zu ersehen ist. Die Endleisten an beiden Seiten des Daches dagegen werden, abschneidend mit der Dachkante, auf einer der schmalen



Seiten liegend festgenagelt, so daß die Breitseite im Winkel nach dem Inneren des Daches fällt.

Zwischen die so befestigten Leisten wird die Dachpappe möglichst in ganzen Rollen von 8 bis 10 m vom Fuß ausgehend nach oben aufgerollt, mit einem Holzhammer scharf in die zwischen Schalung und Leisten entstehenden Winkel eingearbeitet und in Abständen von je 30 mm auf den Leisten mit Pappnägeln festgeheftet. Um das Dach bei über den Unterbau greifender Oberfläche gegen Sturmschaden zu sichern, empfiehlt es sich, diese vorstehenden



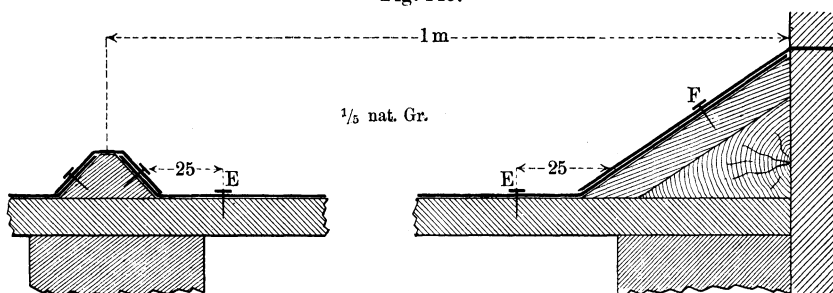
Dachflächen mit Pappbahnen von geringerer Länge einzudecken; da, wo die einzelnen Pappbahnen aneinanderstoßen, also Quernähte entstehen, was stets nur auf der Mitte eines Schalbrettes der Fall sein darf, wird die untere Lage in Abständen von je 50 mm auf die Schalung festgenagelt, die obere mit mindestens 100 mm Überdeckung auf der ersteren festgeklebt, so daß die ganze Nagelung überdeckt und jede Möglichkeit der Undichtheit beseitigt ist.

In ähnlicher Weise werden die an den oberen scharfen Kanten der Dachleisten zusammentreffenden Stöße der einzelnen Papprollen mit einem schmalen, scharf umgebogenen Pappstreifen überkittet, so daß auch hier jeder Nagel

verdeckt ist. Bei Satteldächern (vgl. Fig. 141) läßt man die Papplagen am Fuß auf jeder Seite des Daches 100 bis 150 mm übergreifen, nagelt die untere, klebt die obere, wie angegeben, mit Asphaltkitt fest und überdeckt beide noch mit einem 250 mm breiten Firststreifen in Asphaltkitt.

Das einfache Pappdach mit glatter Eindeckung ohne Leisten wird in etwas anderer Weise hergestellt. Während beim sogenannten Leistendach

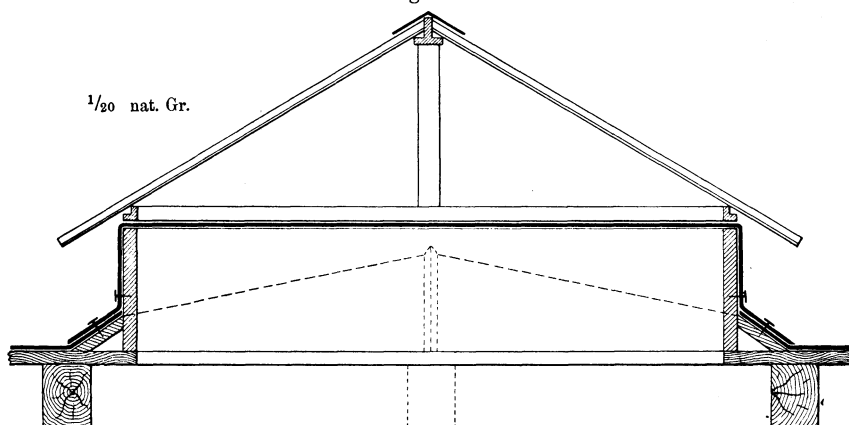
Fig. 143.



Anschluß an Mauerwerk.

die Dachpappe, mit Ausnahme des Pappfußes, in vertikaler Richtung zur Traufkante aufgebracht und befestigt wird, geschieht dies hier durchweg parallel zur Traufkante auf die folgende Art. Der Pappfuß wird, wie beschrieben, angelegt und die folgenden Papprollen werden in ganzer Breite und mög-

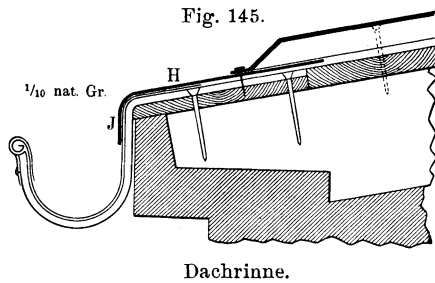
Fig. 144.



Anschluß an Oberlicht.

lichst langer Bahn, zur Vermeidung von Querstößen am Fuß beginnend, nach oben fortschreitend, zwischen Rand- und Kehlleisten aufgebracht; ihre Befestigung auf den Schalbrettern und unter sich geschieht in der bereits beschriebenen Weise. Man läßt die obere Lage auch in diesem Falle 10 cm über die untere hinweggreifen und nagelt die untere in Abständen von je 5 cm. Wo Querstöße unerlässlich sind, überklebt man die untere auf 10 cm mit der oberen und nagelt die erstere höchstens an den Kreuzungen auf der Mitte der Schalbretter fest.

Anschlüsse an benachbartes oder durchbrechendes Mauerwerk, z. B. Schornsteine, oder an Oberlichtfenster, werden durch Anbringen von Holzkehlen vermittelt, wie dies aus den Fig. 143 und 144 zu ersehen ist. Die Papplagen der anstoßenden Felder müssen die Holzkehlen auf eine gewisse

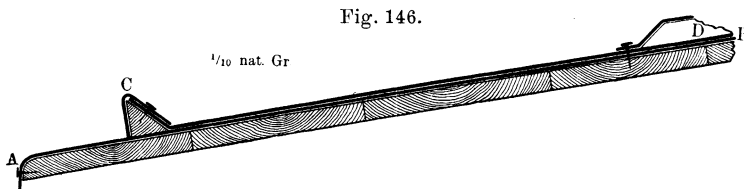


Breite überdecken und werden von einem Deckstreifen überfangen, der, wie ersichtlich, im Mauerwerk gut eingedichtet oder über das Gehäuse des Oberlichtes nach unten geführt wird.

Die beim Zusammentreffen zweier Dächer im Winkel entstehenden Dachkehlen sind nach Anlage des Fußes zunächst mit einer $\frac{1}{2}$ m breiten Pappbahn auszukleiden und diese darauf mit einer $\frac{3}{4}$ m breiten

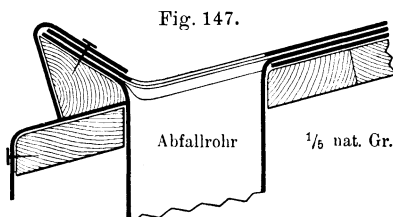
Bahn zu überkitten; die weitere Ausführung geschieht dann wie vorstehend beschrieben.

Dachrinnen können, wie üblich, freihängend unter der Dachtraufe angebracht, können aber auch in kräftigen, auf der Schalung befestigten



Papprinne auf dem Dache liegend. Durchschnitt.

Eisenlagern nach Fig. 145 mit eingedeckt werden. Der Fuß muß auf den Schenkel der Rinne, wie bei *H* ersichtlich, aufgekittet und darf nicht etwa aufgenagelt werden. Bei nicht zu großer Dachfläche empfehlen sich die billigeren und leicht mit der Ein-



Abfallrohr an der Papprinne.

deckung auszuführenden Papprippen nach Fig. 146. Der Fuß *AB* wird in diesem Falle in 1 m Breite angelegt und darauf mit entsprechendem Gefälle die Stirnleiste *C* angebracht, die für gewöhnlich eine der üblichen Dreikantleisten sein kann; bei großer Spannweite des Daches müssen dann mehr Fallrohre geschaffen werden.

Der Einbau der Zinkabfallrohre in eine solche Papprinne ergibt sich aus Fig. 147, die ohne weitere Erklärung verständlich ist.

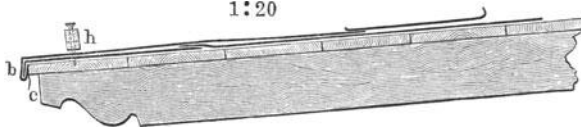
Das Doppel- und mehrlagige Pappdach.

Zur Ausführung von Doppelpappdächern verwendet man in der Regel als Unterlage Lederpappe, sogenannte Klebepappe, die mit der Decklage aus gewöhnlicher Dachpappe durch Asphaltkitt gut verdichtet wird.

Mit einer halben Bahn (0,5 m breit) Lederpappe beginnt man die Arbeit an der Traufkante und biegt diese an der Vorderkante des Traufbrettes um (Fig. 148 bei *b*), so daß sie mit der Unterkante derselben abschneidet. Der auf der Schalung liegende Rand wird in Entfernungen von je 8 bis 10 cm mit Pappnägeln festgeheftet (Fig. 149 bei *c*) und eine zweite Bahn Lederpappe, aber in ganzer Breite aufgebracht, welche die halbe Bahn mit 6 bis 8 cm überdeckt und am oberen Rand wie die letztere auf der Schalung festgenagelt, an der unteren Seite dagegen mit Asphaltkitt auf der ersten Bahn befestigt wird, wie dies beim einfachen Pappdach beschrieben worden ist. In gleicher Weise werden auch alle folgenden Lagen aufgebracht. Ist die ganze Dach-

Fig. 148.

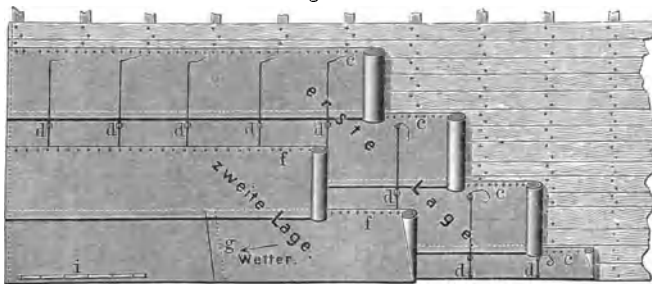
1:20



Doppelpappdach, Fuß.

fläche in einfacher Lage auf diese Weise fertiggestellt, so beginnt man mit dem Aufbringen der Sicherheitsdrähte, welche die Papplage vor der Wirkung etwa von unten eindringenden Windes schützen soll. Man verwendet dazu gewöhnlichen, ausgeglühten Draht, wie solcher zur Ausführung von Wandverputz gebraucht wird, und verfährt wie folgt:

Fig. 149.



1:100

Aufsicht der Deckung.

Nagelung.

Von einem Giebelende anfangend werden die Drähte in Abständen von 1 m von der Traufe bis zum First gezogen und auf der Dachfläche mit verzinnnten Schiefer- oder Schloßnägeln, die mit Unterlagscheiben aus Lederabfällen oder Pappe von 15 bis 20 mm Durchmesser versehen sind, befestigt, so zwar, daß der Draht jeweils mit einer Schlinge um dieselben gezogen wird, bevor man die Nägel endgültig festschlägt. Die Nägel werden in Entfernungen von 1 m stets unterhalb der geklebten Nähte der ersten Papplage eingeschlagen, wie dies aus Fig. 149 bei *dd* ersichtlich ist.

Beim Aufbringen der zweiten Lage Klebepappe beginnt man gleichfalls an der Traufkante in ihrer ganzen Breite, bricht die untere Kante der Pappe in zwei Falten, deren erste man zwischen Traufbrettvorderkante und untere Lage Lederpappe schiebt (vgl. Fig. 148 bei *c*) und nagelt beide zusammen in

Abständen von je 40 mm fest. Darauf wird die untere Lage in ihrer ganzen Breite mit heißer Klebmasse bestrichen und die Decklage nach faltenfreiem Aufdrücken, genau wie bei der ersten Lage, an ihrem oberen Rand festgeheftet, wie dies in Fig. 149 bei *c* und *f* gezeigt wird. In gleicher Weise werden alle folgenden Bahnen aufgebracht; ergeben sich dabei Quernähte, so sind dieselben schräg anzulegen, so zwar, daß die der Wetterkante zugeneigte Bahn die überdeckende ist, vgl. Fig. 149 bei *g*.

Für Anschlüsse an Mauerwerk, Oberlichter, Anbringung der Dachrinnen und Fallrohre usw. gilt das für das einfache Pappdach Gesagte.

Die Konstruktion der Doppelpappdächer wurde von C. F. Weber dadurch bedeutend verbessert, daß er die untere Papplage durchweg von der Traufkante aufwärts in nur halben Bahnen ausführt und dadurch einen festeren Zusammenhang der Dachfläche mit der Schalung erzielt. Dementsprechend erfolgt auch das Einbinden in Draht in Abständen von nur je 50 cm. Die einzelnen Drähte laufen diagonal von jeder Giebelseite des Daches und überspinnen die ganze Dachfläche mit einem rautenartigen Netz. Die zweite Lage der Pappe wird in ganzen Bahnen senkrecht zur ersten Lage und zur Traufe wie vorstehend aufgeklebt.

Nach Fertigstellung der Dachfläche ist dieselbe, sowohl beim einfachen wie beim doppel- und mehrlagigen Pappdach durch Befegen sorgfältig zu reinigen, auf unvorschriftsmäßig ausgeführte Stellen zu prüfen und darauf mit einem Anstrich von heißem Dachlack mit darauffolgender Bestreuung durch trockenen, lehmfreien Sand zu versehen.

Das doppel- und mehrlagige Pappdach ist eine äußerst solide Dachbedeckung, die sich für Gebäude jeden Umfanges und jeder Gattung eignet, und allen berechtigten Anforderungen an eine solche in jeder Weise gerecht wird. Die zwischen den einzelnen Papplagen liegende Schicht von Klebmasse hält die Pappe dauernd in Nahrung, schützt dieselbe gegen den Einfluß der Atmosphärien und gewährt eine wasserdichte Abdeckung von größter Dauerhaftigkeit.

Das Holzzement- und Kiespappdach.

Unabhängig von der Erfindung der Dachpappe, aber damit durch Verwendung der gleichen Rohmaterialien in Verbindung stehend, hat sich das von Heusler erfundene sogenannte Holzzementdach ausgebildet, das im allgemeinen aus einer Anzahl Lagen gewöhnlichen Rollenpapiers besteht, die mit Holzzement (s. diesen) überstrichen und aufeinandergeklebt und mit einer Kiesschicht überschüttet sind.

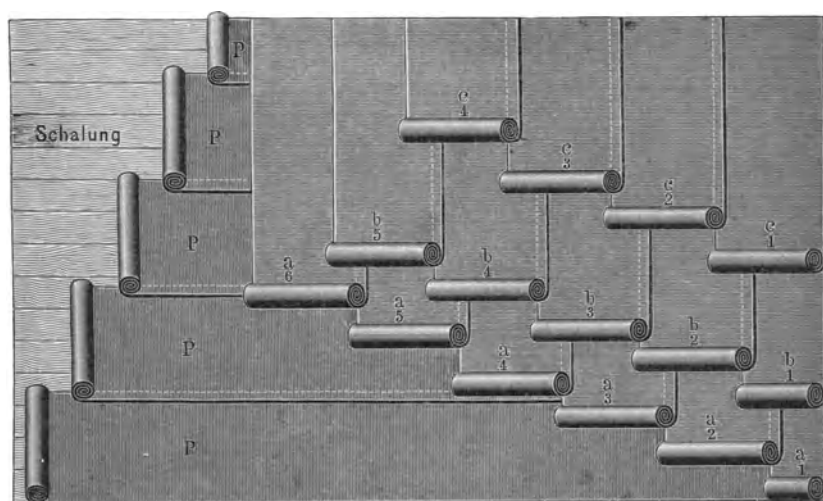
Die Ausführung dieser Bedachungsart ist keineswegs einfach und beansprucht für eine tadellose Arbeit professionell geschulte, tüchtige Dachdecker. Dafür ist sie aber so gut wie unverwüsthlich und bedarf bei fachkundiger Ausführung in langen Jahren keiner Unterhaltung und Reparatur. Sie kann auf jeder glatten Unterlage mit entsprechendem Gefälle, gleichviel ob Holzverschalung, Mauerwerk oder Metall, zur Verwendung gelangen.

Die Arbeitsweise ergibt sich aus Fig. 150. Auf die gut eingebnete Unterlage (hier Schalung) wird eine 6 mm starke Schicht von feinem Sand oder eine Lage starker Dachpappe *P* parallel zur Traufkante lose und möglichst glatt ausgebreitet zum Zweck, die darauf zu verlegende Holzzement-

eindeckung von der Schalung oder Unterlage zu isolieren. Diese Papplage wird mit heißer Holzzementmasse dick bestrichen und darauf winkelrecht die erste Lage Papier, mit einer halben Lage beginnend und mit 10 bis 15 cm breiter Überdeckung an den Rändern, festgelegt. Es ist dies die in Fig. 150 mit $\frac{a}{1} \frac{a}{2} \frac{a}{3}$ bezeichnete Lage. Diese Lage wird zur Vermeidung des Aufbausens durch den Wind an den Trauf- und Giebelkanten mit gewöhnlichen Pappnägeln angeheftet, ebenfalls mit Holzzement bestrichen und hierauf die zweite Lage Papier, gleichfalls im Verband, d. h. mit Überdeckung, in dreiviertel Papierbreite beginnend, in Fig. 150 mit $\frac{b}{1} \frac{b}{2} \frac{b}{3}$ verzeichnet, aufgebracht. In der gleichen Weise wird auf die vierte Lage, in der Zeichnung mit $\frac{c}{1} \frac{c}{2} \frac{c}{3}$ bezeichnet, verlegt.

Die einzelnen Papierlagen sind immer glatt auszubreiten und entstandene Blasen mittels einer weichen Bürste zu glätten oder mit der Hand nach den

Fig. 150.

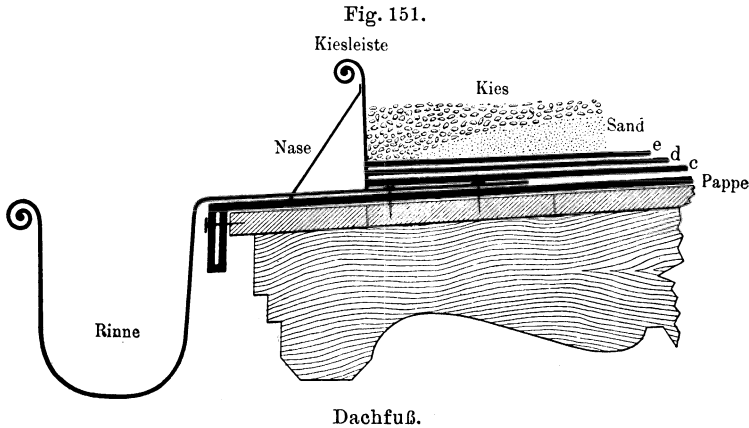


Holzzementdach.

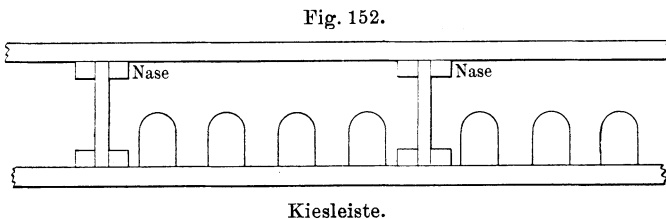
Rändern hinzutreiben. Das Begehen der einzelnen Papierlagen ist auf das Notwendigste zu beschränken, und es müssen daher die einzelnen Lagen gleich stückweise hintereinander aufgebracht werden und nicht jede für sich allein.

Unmittelbar auf den letzten Holzzementüberzug wird eine etwa 3 bis 4 cm hohe Schicht von feinem, etwas lehmhaltigem Sand aufgebracht und auf diese eine 3 bis 5 cm starke Kiesschicht leicht aufgewalzt, die sich fest auf den Sand auflagert. An den Traufkanten wird die Eindeckung durch Zinkleisten befestigt, welche, da sie freistehen und die Last der Kiesschicht zum Teil zu tragen haben, aus Zink Nr. 15 gefertigt werden müssen. An deren Stelle kann man auch 7 cm hohe und 5 cm breite Leisten von geschnittenem Eichenholz nehmen, die unten in Entfernungen von 20 bis 30 cm 5 cm lange und 4 cm breite Ausschnitte haben, um dem Traufwasser den Durchgang zu ermöglichen. Zur Ableitung des Wassers wird vor der Traufkante eine Dachrinne von Zink angebracht, welche entweder auf dem Hauptsims aufliegt oder mit Rinneisen an die Sparrenköpfe befestigt ist. Ihre Befestigung erhält sie

durch einen sogenannten Dachfuß, welcher etwa 15 bis 20 cm auf das Dach und über die Papplage greift und an der Schalung durch Pappnägel befestigt ist; die drei Papierlagen *cde* (Fig. 151) werden winkelrecht zur Traufkante nach der First zu darübergerlegt und mit der Traufkante bündig abgeschnitten. Längs der letzteren wird die Kiesleiste von durchbrochenem Zink (Fig. 152) mit den Nasen direkt auf den Dachfuß aufgelötet und mit einer etwa 15 cm breiten Kiesschicht überschüttet, welche das Wasser besser ablaufen läßt als Sand, der auch leicht bei starkem Regen durchgespült werden könnte.



Zum Anschluß des Holzzementdaches an über Dach ragende Brandmauern oder Schornsteine dienen Zinkblechstreifen, die sowohl 15 cm über die Dachfläche als auch an dem Mauerwerk in die Höhe greifen und in dessen Fugen durch Mauerhaken und Zement zu befestigen sind. Auf diese setzen sich die drei Lagen Papier, wie am Dachfuß, fest und es wird dadurch vermieden, daß



die Sand- und Kiesschichten mit dem Mauerwerk in Berührung kommen und das Spritzwasser dieses erreicht.

Die Herstellung eines Holzzementdaches kann nur bei möglichst windstillen, trockener und warmer Witterung vorgenommen werden. Wind bauscht die Papierlagen auf und sie werden oft zerrissen; sind sie durch Regen naß geworden, so dehnen sie sich stark aus, werden faltig und der Holzzementanstrich kann nicht haften und die Papierlagen durchtränken, wodurch letzteren die Verbindung untereinander mangelt und das Dach in der Folge leicht schadhafte wird.

Die Neigung des Holzzementdaches soll nicht unter 1:20 betragen, damit bei andauernder Hitze im Sommer der Holzzement nicht unter der Sandschicht abfließt. Die Sparren müssen, da die Last des Daches einschließlich Schnee-

und Winddruck etwa 210 kg auf den Quadratmeter beträgt, wie bei Ziegeldächern unterstützt werden und einen Querschnitt von mindestens 16×12 cm besitzen; in gleicher Weise sind auch die Pfetten auszubilden.

Der geringen Steigung wegen gestattet das Holzzementdach die Ausnutzung der Bodenräume für Wohnzwecke. Es werden in diesem Fall die Sparren unten verschalt, berohrt und verputzt, wodurch der zwischen Dach und Zimmerdecke liegende Raum fast hermetisch abgeschlossen und der Luftzirkulation keine Gelegenheit gegeben würde. Dem dadurch zu befürchtenden Verstocken des Holzes beugt man vor, indem man den Zwischenraum durch Anbringen von Luftlöchern an den Front- und Giebelmauern ventiliert.

An Stelle des Holzzementdaches hat sich in letzter Zeit immer mehr das sogenannte Kiespappdach eingeführt, das den gleichen Vorzug wie das erstere, unabhängig von der Unterlage zu sein, besitzt, dabei bedeutend leichter als dieses ist, sich schneller ausführen läßt und bei der Eindeckung nicht so an die herrschende Witterung wie dieses gebunden ist. Wie es scheint, war die Firma Büsscher u. Hoffmann die erste, die mit Vorteil die Holzzementdächer durch Kiespappdächer von mindestens gleicher Güte und Dauerhaftigkeit ersetzte. Die Eindeckung erfolgt bei dem für Holzzement üblichen Gefälle der Dachfläche mit zwei Lagen Pappe, wie bei der Beschreibung des Doppelpappdaches angegeben; das Festheften der unteren Lage der Pappe auf der Schalung erfolgt nur durch wenig Nägel am oberen Rande, und der Drahtschutz fällt fort, weil die Belastung der Dachfläche durch die Kiesschicht diesen überflüssig macht. Der Anschluß an Mauerwerk oder auf dem Dachfuß erfolgt, wie beim Holzzementdach, und in gleicher Weise werden auch die Kiespappdächer mit einer Kieseiste versehen. Die Ausführung derartiger Dächer kann mit Asphaltisolerplatten, deren Herstellung wir bereits an anderer Stelle besprochen haben, geschehen. Meist werden dieselben aber nach Art der mehrlagigen Pappdächer eingedeckt und die Kiesschicht hinterher in eine dick aufgetragene Schicht von heißem Asphaltkitt eingewalzt.

Solche Dächer werden vielfach in den Vereinigten Staaten von Amerika ausgeführt, wo die Benutzung der Dächer als Dachgärten für Erholungszwecke in großen Städten einen bedeutenden Umfang angenommen hat. Wir geben in folgendem eine Beschreibung der Ausführung an Hand einer Spezifikation der Barrett Manufacturing Company in New York. Die Bedachung kann, wie beim Holzzementdach, sowohl auf einer Bretterverschalung als auch auf einer Unterlage von Zementbeton erfolgen.

Die Aufbringung des Dachbelags auf einer Bretterschalung geschieht folgendermaßen. Zuerst wird auf der ganzen Dachfläche eine einfache Lage von geleimtem, nicht imprägniertem Dachpapier (1 qm wiegt etwa 700 g) in der Weise aufgelegt, daß die einzelnen Lagen an den Seiten und Enden je einen Zoll übereinandergreifen und nur an den Kreuzungsstellen, um sie in ihrer Lage festzuhalten, mit Nägeln geheftet. In Fig. 153 und 154 ist diese Lage mit *A* bezeichnet.

Nun wird die zweite Lage *B*, bestehend aus geteerter Pappe, in der Weise aufgebracht, daß die einzelnen Rollen sich je bis zur Hälfte überdecken und gleichfalls nur an den freiliegenden Ecken mit Nägeln befestigt, soweit dies nötig ist. Über die ganze Fläche der so verlegten Pappe wird darauf ein Anstrich von geschmolzenem Teerkitt *C* gegeben und gut aufgedrückt. Auf

diesen Überzug von präpariertem Pech kommt dann eine dreifache Lage *D* von imprägnierter Pappe der stärksten Sorte, welche so verlegt wird, daß sich die einzelnen Rollen zu je ein Drittel überdecken und an den oberen Längskanten in ungefähr 8 Zoll Entfernung vom Rand alle 3 Fuß (= etwa 1 m) auf der Schalung festgenagelt werden.

Nach erfolgter Nagelung werden die einzelnen Papplagen mit heißem Teerkitt *E* unterstrichen und glatt aufgedrückt. Schließlich wird die ganze Oberfläche mit einer dicken Lage heißer Pech- oder Asphaltmasse überzogen, in die eine Schicht von geeignetem Kies *F* eingewalzt wird. In vielen Fällen, z. B. wenn die Dachfläche für besondere Zwecke benutzt werden soll, wird der Kies vorteilhaft durch eine Lage glasierter Fliesen ersetzt, welche in der

Fig. 153.

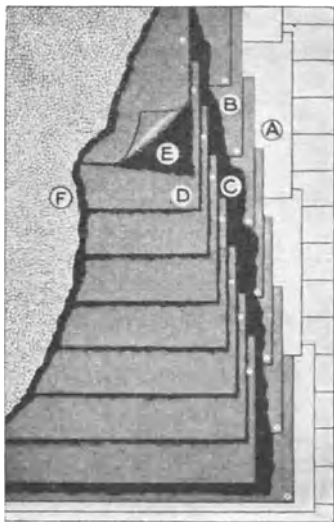
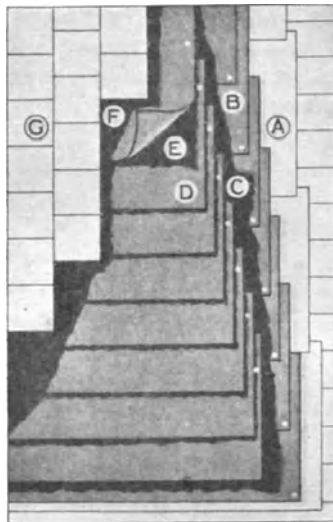
Amerikanisches Kiespappdach
auf Holz.

Fig. 154.

Amerikanisches Kiespappdach
mit Plattenbelag.

heißer Asphaltmasse oder einer aufgetragenen Schicht von Zementmörtel verlegt werden, wie dies in Fig. 154 zur Anschauung gebracht wird.

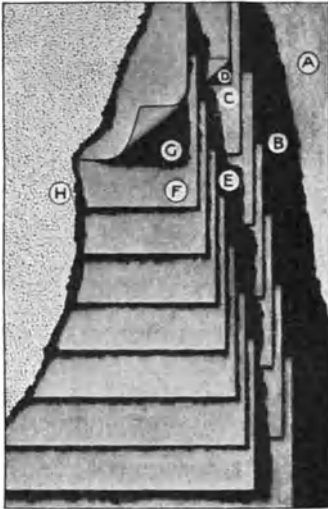
Auf massiver Unterlage, d. h. auf Zementbeton u. dgl., geschieht die Verlegung in der durch Fig. 155 versinnlichten Weise. Die Decke *A* wird zunächst mit einem gleichmäßigen Überzug *B* von präpariertem, heißem Pech versehen und auf diesen zwei Lagen *C* geteeter Pappe in der Weise aufgebracht, daß sich die Bahnen je zur Hälfte überdecken; die Befestigung der Lagen unter sich und mit der Unterlage erfolgt ausschließlich durch Schichten von Klebmasse *D*, und jede Nagelung fällt aus begründlichen Gründen fort. Nun folgt der Anstrich *E* und darauf das Eindecken der dreifachen Lage Teerpappe *F* mit jedesmaliger Verkittung durch Asphaltmasse bei *G* und zuletzt die Ausführung der Kiesschicht *H* in der vorbeschriebenen Weise.

Bei sachgemäßer Ausführung dieser Arbeit sollen auf je 1 qm Dachfläche nicht weniger als etwa 10 kg präpariertes Pech und 20 kg Kies verbraucht werden. Die Vorzüge dieser Bedachungsart und ihre Ausführung bespricht aus-

fürlich Regierungsbaumeister Kropff¹⁾); er hebt besonders ihre große Dichtigkeit, die bequeme und leicht kontrollierbare Art der Ausführung, ihr Anpassungsvermögen an die neueren Bauweisen in Beton, Eisenbeton, Steineisen für Dachkonstruktionen hervor, das anderen Bedachungsarten nicht in gleichem Maße zukomme. Dann sei dabei die Möglichkeit gegeben, ohne Rinnenanlage auszukommen, da man das Gefälle nach innen verlegen und das Dachwasser durch ein an die Hausentwässerung anzuschließendes Rohr abführen könne.

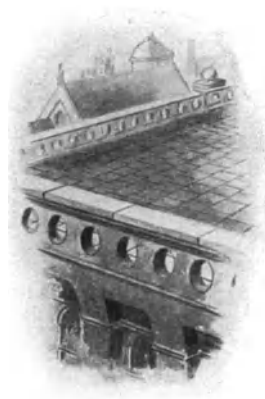
Unter den wirtschaftlichen Vorzügen gegenüber anderen Bedachungsarten werden namentlich auch die vielen Verwendungsmöglichkeiten derartiger Dächer zu Dachgärten, Sport-, Trocken- und Bleichplätzen, zu Luft- und Sonnenbädern, Arbeitsstätten für industrielle und andere Zwecke hervorgehoben. Auch die künstlerische Wirkung dieser flachsten von allen

Fig. 155.



Amerikanisches Kiespappdach
auf Betonunterlage.

Fig. 156.



Amerikanisches Kiespappdach,
ästhetische Wirkung.

Bedachungsarten wird gewürdigt und an einer Reihe von Prachtbauten amerikanischer Großstädte deren vornehm ästhetische Wirkung gezeigt. Es mag genügen, zur Erläuterung des Gesagten in Fig. 156 eine kleine Illustrationsprobe aus den Prospekten der Barrett Manufacturing Company zu bringen, bei der die Schönheit der Form neben der praktischen Verwendbarkeit recht sinnfällig zum Ausdruck gebracht wird.

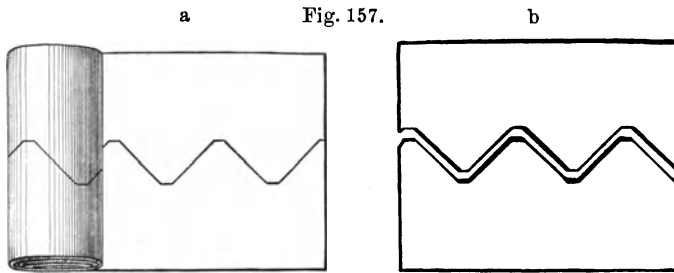
Im Anschluß an diese Ausführungen und als weiteren Beweis für die Möglichkeit der architektonisch schönen Wirkung des Pappdaches geben wir nachstehend noch die Beschreibung einer Ausführungsform, bei der auf äußere Schönheit und technische Vollkommenheit in gleicher Weise Wert gelegt worden ist. Es ist dies

das Zierpappdach,

wie es von der Firma N. Schefftel in Wien erfunden und ausgebildet worden ist und unter dem Namen „Anduroziedach“ ausgeführt wird.

¹⁾ Bitumen 1911, S. 85.

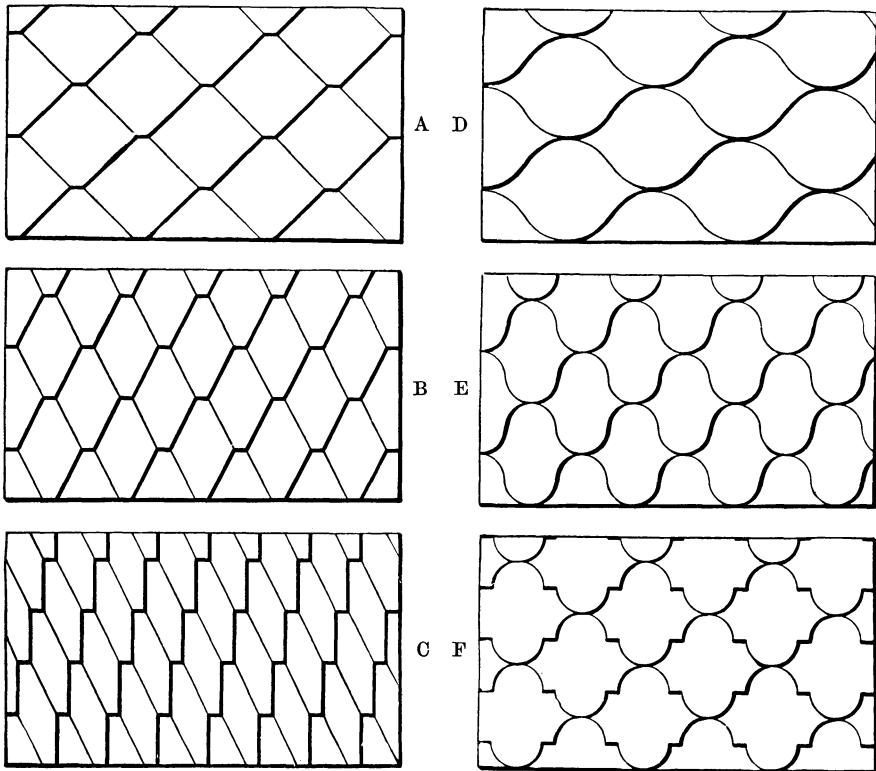
An Versuchen zur Erhöhung der Schönheitswirkung eines Pappdaches hat es auch schon früher nicht gefehlt, die sich aber meist auf die Erzielung



Anduro-Dachpappe.

einer besseren Wirkung durch besondere Färbung unter Verwendung farbiger Dachlacke und farbiger und besonders wirksamer Bestreuungsmittel bezogen.

Fig. 158.

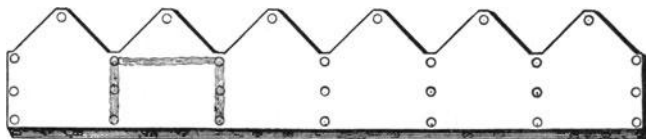


Anduro-Dachpappenmuster.

Die bemängelte Monotonie der glatten Eindeckung wurde damit nicht beseitigt. Dagegen gelang es der genannten Firma, in ihrem Andurozierdach eine Eindeckungsform zu schaffen, die bei einfachster Art der Ausführung eine Wirkung erzielt, die allen künstlerischen Anforderungen gerecht wird.

Das Andurozierdach gehört nach Art der Ausführung zu den mehrlagigen Pappdächern, insofern es aus einem doppelten und dreifachen Belag aus unter sich verklebter und mit verdeckter Nagelung versehener, unbesandeter und aus einer besonderen Imprägniermasse hergestellter Dachpappe besteht.

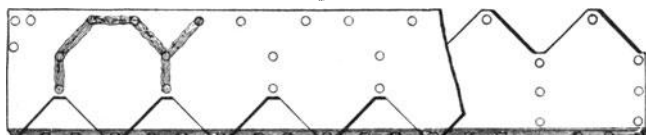
Fig. 159.



Anduro-Pappdach, Fuß.

Es hat nach Angabe des Erfinders noch den weiteren Vorteil, daß es die Dachfläche nur mit 2 bis 3 kg gegenüber 140 bis 170 kg beim Holzzement- und etwa 5 kg beim Kiespappdach auf den Quadratmeter belastet und sich bei jeder, auch der steilsten Dachneigung verwenden läßt.

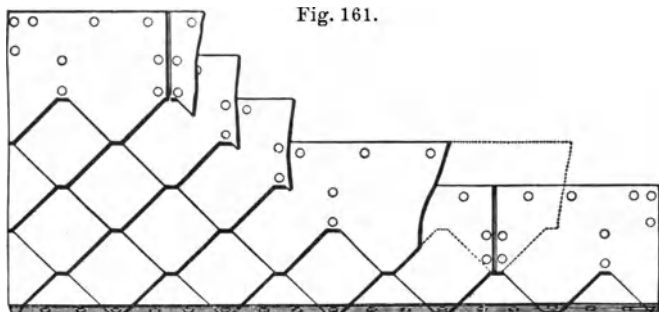
Fig. 160.



Anduro-Pappdach, zweite und folgende Lagen.

Die zur Ausführung dieses Zierdaches erforderliche Dachpappe wird bereits in der Fabrik, je nach Art der gewünschten Musterung des Daches, zugeschnitten und in ganzen Rollen, wie Fig. 157 a und b zeigt, zur Arbeitsstelle gebracht. Beispiele von verschiedenen Dachmusterungen gibt Fig. 158

Fig. 161.



Anduro-Pappdach, fortgeschrittene Eindeckung.

A bis F, deren Reichhaltigkeit jedes Auge befriedigen wird. Wir geben nachfolgend die Beschreibung der Eindeckung, die sich auf das Muster A bezieht.

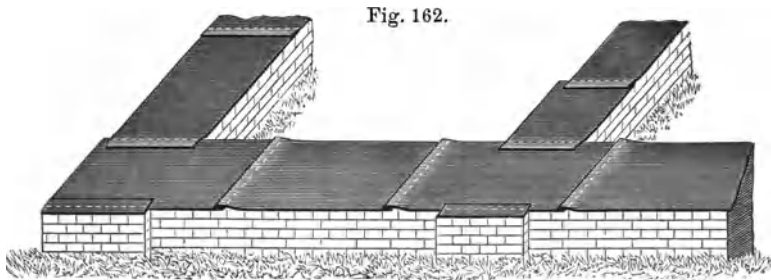
Man beginnt an der Traufe, indem man eine Bahn mit der geraden Seite nach unten in der üblichen Weise befestigt, wie in Fig. 159 dargestellt ist. Bevor mit der Verlegung weiterer Lagen fortgeföhren wird, werden alle Quernagelungen, sowie die vorletzte horizontale Nagelreihe mit Klebstoff überstrichen, wie dies durch Schraffur angedeutet ist.

Die zweite und alle folgenden Bahnen werden mit den Zacken nach unten, wie dies aus Fig. 160 ersichtlich ist, aufgebracht, wobei jedesmal die Nagelung der vorhergehenden Lagen durch die folgenden verdeckt wird. Das Nageln und Kleben geschieht auch hier in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise. Fig. 161 gibt ein Bild der vorgeschrittenen Eindeckung und läßt erkennen, daß Anstückungen nur an den schmalsten Stellen der Bahnen vorgenommen werden dürfen, weil nur diese von den Lappen der folgenden Bahnen voll überdeckt werden; man sieht ferner, daß beim Zusammenstoßen zweier Bahnen diese nicht übereinander zu legen, sondern aneinander zu fügen sind.

Die Ausführung derartiger Zierdächer macht die Verwendung einer Spezialdachpappe erforderlich, deren Herstellung wir an anderer Stelle bereits beschrieben haben. Das Anduroziedach ist voraussichtlich nicht die einzige Möglichkeit, auch der Dachpappeneindeckung, da, wo es erforderlich ist, ein gefälliges Äußere zu geben, aber es muß als ein Fortschritt auf diesem Wege begrüßt werden, und in diesem Sinn glaubten wir dessen Erwähnung nicht umgehen zu sollen.

2. Die Anwendung der Isolierplatten und Dachpappen zum Schutz des Mauerwerks.

Wie bereits erwähnt, finden die Isolierplatten eine ausgedehnte Anwendung zur Abdeckung von Fundamentmauern, Brücken-, Keller- und sonstigen Gewölben und Mauerwerk überhaupt gegen eindringende oder aufsteigende Feuchtigkeit an Stelle der früher ganz allgemein üblichen Isolierung



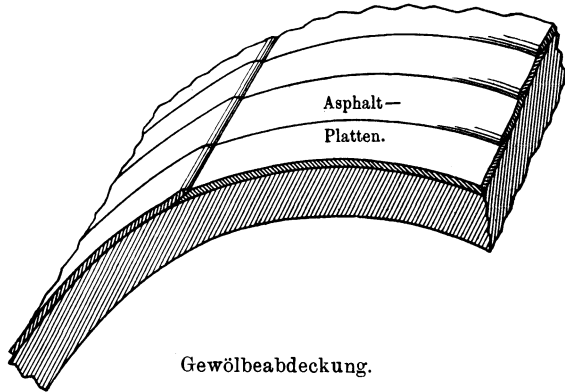
Fundamentmauerabdeckung.

mit einem Asphaltestrich, dessen Wirksamkeit sie infolge ihrer größeren Kontinuität weit übertreffen. Die Isolierung mit Asphaltisolerplatten bietet noch den weiteren Vorteil, daß die Arbeit von den Bauleuten selbst in jedem Augenblick und ohne Asphalteure ausgeführt werden kann und somit jede Verzögerung der Bauarbeit durch nachfolgende Isolierungsarbeiten vermieden wird.

Bei der Abdeckung von Fundamentmauern werden die Platten ohne weiteres, wie dies aus Fig. 162 ersichtlich ist, in entsprechender Breite zugeschnitten, derart auf die Mauern verlegt, daß sich ihre Enden auf etwa 10 cm überdecken; bei der großen Last des aufliegenden Mauerwerks ist es nicht erforderlich, die Enden noch besonders zu verkitten, da eine innige Verbindung derselben von selbst erfolgt.

Beim Abdecken von Gewölbeflächen aller Art ist zunächst für eine möglichst glatte Oberfläche durch Ausgleich mit Zementmörtel zu sorgen. Das Verlegen der Platten erfolgt dann entweder nach der aus Fig. 163 ersichtlichen Art, oder wie dies in Fig. 164 gezeigt wird, durch Übereinanderschieben in den vorgesehenen Falz. In beiden Fällen wird die Überdeckung noch in ihrer ganzen Breite und Länge mit heißem Asphaltkitt aufeinander geklebt und der Stoß hinterher mit einem 6 bis 8 kg schweren, an einer Eisenstange befestigten heißen Bügeleisen derart überfahren, daß die Plattenwände erwärmt und fest aneinander gedrückt werden. Dabei ist es, um ein Ankleben der Asphaltmasse an die Bügeleisen zu verhindern, erforderlich, die Überlappung mit trockenem Sand zu bestreuen. Wird die Arbeit bei kalter Witterung ausgeführt, so empfiehlt es sich, die Platten am Feuer oder in einem warmen Raum vorher etwas anzuwärmen. Ihre Biegsamkeit wird dann so groß, daß sie sich mit Leichtigkeit den verschiedenartigst gestalteten Flächen anschmiegen. Die ganze Oberfläche kann schließlich noch mit einem dünnen Asphaltüberzug versehen werden.

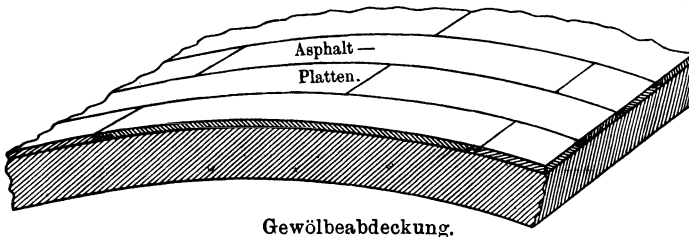
Fig. 163.



In dieser Weise ausgeführt, bildet die Isolierung eine einzige zähe Haut, die sich über die ganze Fläche ausbreitet und von etwaigen Erschütterungen

Wird die Arbeit bei kalter Witterung ausgeführt, so empfiehlt es sich, die Platten am Feuer oder in einem warmen Raum vorher etwas anzuwärmen. Ihre Biegsamkeit wird dann so groß, daß sie sich mit Leichtigkeit den verschiedenartigst gestalteten Flächen anschmiegen. Die ganze Oberfläche kann schließlich noch mit einem dünnen Asphaltüberzug versehen werden.

Fig. 164.



derselben nicht betroffen wird. Ein Austrocknen des Mauerwerks vor der Verlegung der Platten ist nicht erforderlich, unter Umständen aber erwünscht, und kann auf natürlichem Wege oder durch Anwendung von Kokskörben u. dgl. erreicht werden. Man wird Isolierplatten mit Pappereinlage nur da verwenden, wo eine nachträgliche Senkung des Mauerwerks nicht zu befürchten ist; in allen anderen Fällen wird man sich der Isolierplatten mit Wollfilzeinlage bedienen, deren Nachgiebigkeit gegen derlei Einflüsse eine unbeschränkte ist.

Es treten auch Fälle ein, bei denen unterirdische Bauausführungen, z. B. bei Untergrundbahnen, Kellereien, Eisenbahnunterführungen u. dgl. gegen

das Eindringen des Grundwassers gesichert bzw. dauernd trockengelegt werden müssen. In solchen Fällen können Isolierplatten nur dann noch zur Anwendung kommen, wenn die Menge des eindringenden Grundwassers nicht zu groß ist. Hier wird die Isolierung zweckmäßiger nach einem Verfahren ausgeführt, dessen Grundprinzipien wir bereits bei Ausführung der doppel- und mehrlagigen Pappdächer bzw. des Kiespappdaches auf massiver Unterlage besprochen haben. Eine Isolierung durch Bekleidung des Sohl- und Seitenmauerwerks hinter einer Verblendung mit Mauerwerk oder Beton mit Asphaltmörtel ist wegen des großen Wasserdruckes und infolge des durch fortwährende Erschütterung zu befürchtenden Reißens der Isolierschicht meist nicht zugänglich; zur Erzielung einer größeren Kontinuität und Anpassung an die besonderen Verhältnisse ist hier vielmehr eine Isolierung am Platz, die aus einer größeren Anzahl in sich beweglicher Lagen aus imprägnierter Pappe mit Zwischenschichten von Asphaltkitt besteht.

Die Abhaltung des Grundwassers während der Bauausführung durch eine wirkungsvolle Wasserhaltungsanlage darf als bekannt vorausgesetzt werden. Im übrigen wird die Isolierung hier auf genau die gleiche Weise ausgeführt, wie dies bereits für die erwähnten Dachausführungen beschrieben worden ist. Das, wenn erforderlich, durch Einbringen von Kokskörben u. dgl. getrocknete Beton- oder Steinmauerwerk der Bauausführungen wird zunächst an der Innenseite mit heißem Asphaltkitt überzogen und die einzelnen Lagen Isolierpappe in der vorbeschriebenen Weise in faltenloser und überall dicht anschließender Anlagerung aufgebracht und befestigt. Die Stärke und Anzahl der Papplagen hängt hier von den besonderen Umständen ab und ist ausschließlich Sache der Erfahrung. Mit besonderer Vorsicht sind die Übergänge der Isolierschichten von den senkrechten Seitenwänden zur horizontalen Bodenfläche zu behandeln, und es ist überflüssig, darauf hinzuweisen, daß eine solche Arbeit nur von erfahrenen Asphalteuren und gewiegten Fachmännern ausgeführt werden kann.

Auf die kofferartige Auskleidung der Bodenfläche und Seitenwände bis hinauf zum Widerlager für das Gewölbe oder die Abdeckung in Eisenbetonkonstruktion folgt die Ausführung der inneren Verkleidung durch Blendmauerwerk oder Beton. Die Abdichtung der Decke gegen eindringendes Tagewasser erfolgt in gleicher Weise, wobei ebenfalls auf die Erzielung eines dichten Verbandes zwischen den einzelnen Isolierschichten der Seitenwände und der Decke mit größter Sorgfalt zu achten ist. Sie müssen ebenso wie die einzelnen Lagen der Bodenfläche und Seitenwände, da, wo sie aneinanderstoßen, mit der nötigen Überlappung in der Längsrichtung der Gewölbe ineinandergreifen und dicht verkittet werden.

Dies hat man bisher in der Weise erreicht, daß man nach Aufbringung der Tunneldecke die einzelnen Lagen der Isolierschichten der Seitenwände an ihrem oberen Ende durch Beheizen mit einem warmen Eisen aufweichte und auseinandernahm und die von obenher kommenden Isolierschichten der Decke dazwischenschob und verklebte. Dabei kam es häufiger vor, daß diese Arbeit nicht ohne Beschädigung der Papplagen durch Einreißen abging, wodurch der dichte Verband zwischen Decken- und Seitenwandisolierung gefährdet wurde. Um dies zu verhüten, bedient sich die Firma A. F. Malchow in Staßfurt-Leopoldshall (D. P.-Anm. M. 46 207, 1911) eines besonderen Verfahrens, das in folgendem besteht:

Um bei Ausführung der Deckenisolierung einen einwandfreien Verband zwischen den einzelnen Decklagen mit jenen der Seitenwände durch das übliche Ineinanderschieben zu erzielen, werden bei Abdichtung der Seitenwände die oberen Enden der Pappen- oder Filzlagen unter sich und zwischen dem äußeren Schutzmauerwerk (in der Regel Beton auf Brettverschalung zwischen eingerammten I-Trägern) mit einem in der Breite der Überlappung

Fig. 165.



zusammengefalteten Streifen Papiers mit nach oben gerichtetem Falz hinterklebt und die vereinigten Schichten durch eine Leiste an einer der Betonschicht bündigen und mit dieser eingemauerten Bohle in der Tunnelrichtung befestigt. Sobald dann mit dem Kleben der Deckenbekleidung begonnen werden kann, werden die zusammengelegten Papplagen unter der Befestigungsleiste abgeschnitten und fallen auseinander, worauf dann die Decken- und Seitenbekleidung in der üblichen Weise ineinandergeschoben und verklebt werden können.

Zur Ausführung derartiger Isolierungsarbeiten eignen sich erfahrungsgemäß natürliche und künstliche Asphalte in gleicher Weise. Man hat die Befürchtung ausgesprochen, daß der Steinkohlenteerasphalt, ähnlich wie bei Pappdächern, sich nach und nach verändern und seine isolierenden Eigenschaften zum Teil einbüßen würde. Das ist nach den bisherigen Erfahrungen grundlos, weil bei dem hermetischen Abschluß des Materials innerhalb des Mauerwerks und unter dem Boden eine derartige Veränderung nach den bisherigen Erfahrungen nicht Platz greift. Die Verwendung des einen oder anderen Materials zu diesem Zweck wird daher mehr von anderen Erwägungen abhängig sein.

Um den Verputz auf Wänden in Innenräumen gegen das Durchschlagen der Nässe zu schützen, ist ein gewöhnlicher Asphaltanstrich, da er auf den feuchten Wänden nicht haftet, nicht anwendbar. Zum Verblenden solcher Wände und auch von Holzwerk unter dem Verputz verwendet man in der Regel Dachpappe als Isolierschicht, die man mit Nägeln befestigt und auf

Fig. 166.

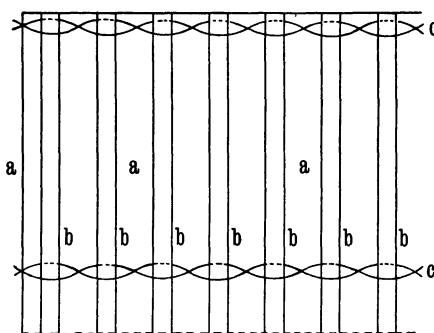
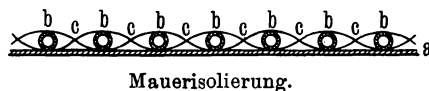


Fig. 167.



der dann der Verputz nach Anbringung eines Rabitzgeflechtes oder einer Rohrverschalung erfolgt. Dabei ist häufig der Verband zwischen Isolierung und Verputz nur mangelhaft und hält Stößen oder Erschütterungen nicht stand.

Zur Erzielung eines innigen Verbandes bei gleichzeitiger Ventilation eines derartigen Mauerwerks hat man besondere Materialien aus Dachpappe hergestellt, die, an sich fertig zum Verlegen, nur des Befestigens und nachträglichen Verputzens bedürfen; hierher gehören die sogenannten „Anker-Falzbautafeln“ der Firma C. F. Weber A.-G., Leipzig-Plagwitz, sowie die „Kosmosplatten“ von A. W. Andernach, Beuel a. Rh., die aus mehrlagiger, zahnartig gebrochener, asphaltierter Dachpappe bestehen und in Rollen oder Tafeln in den Handel gebracht werden. Fig. 165 zeigt ihre Form im Querschnitt sowie die Art ihrer Befestigung an feuchter Wand; wie ersichtlich, kann der in die keilförmigen Vertiefungen eindringende Mörtel nicht abfallen, und es bilden die unausgefüllt bleibenden Hohlräume gleichzeitig eine gute Ventilation.

Ein ähnliches Material hat sich H. Schneider in Dresden schützen lassen; es besteht gleichfalls aus Isolierpappe, die durch Teerung mit einem Rohr- oder Holzstabdrahtgeflecht verbunden und in ähnlicher Weise wie die Dachpappe selbst hergestellt wird. Die imprägnierte Pappe gelangt aus der Imprägnierpfanne auf einen Tisch, auf dem sie statt mit Sand in geeigneter Weise mit dem geteerten Rohrgeflecht zusammentrifft und damit durch eine Walze fest verbunden wird. Die Fig. 166 und 167 zeigen die Form der Platten in Aufsicht und Querschnitt.

Zwölftes Kapitel.

Anderweitige Verwendung des Asphalts.

In den diesem vorangehenden Kapiteln haben wir die Hauptverwendungsgebiete des Asphalts eingehend geschildert. Damit sind die Verwendungsmöglichkeiten dieses vielseitigen Materials noch keineswegs erschöpft; es gibt noch eine Reihe von Industrien und Gewerben, in denen der Asphalt in dieser oder jener Form eine wichtige Rolle spielt, wenngleich auch die dabei in Frage kommenden Mengen gegenüber den von den vorbesprochenen Gebieten geforderten nur von geringer Bedeutung sind.

Wir wollen die wichtigsten Gebiete für eine anderweitige Verwendung des Asphalts hierunter besprechen, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

I. Lacke, Firnisse und Anstrichmittel.

Lacke sind Flüssigkeiten, die, auf irgend einen Gegenstand in dünner Schicht aufgetragen, nach kurzer Zeit infolge Verdunstung des Lösungsmittels unter Hinterlassung eines festen, glänzenden oder matten, farblosen oder gefärbten, durchsichtigen oder undurchsichtigen Überzuges erhärten, dessen Zweck es ist, entweder eine Schutzwirkung gegen äußere Einflüsse, oder eine ästhetische Wirkung, oder beides zugleich zu erzielen. Im Gegensatz hierzu bezeichnet man als Firnisse, die im übrigen den gleichen Zwecken dienen, solche Flüssigkeiten, bei denen die Erhärtung in dünner Schicht nicht auf einem Verdunstungsprozeß beruht, sondern durch eine chemische Veränderung ohne Mitwirkung von Lösungsmitteln, in der Hauptsache durch eine molekulare Veränderung infolge der Wirkung des Sauerstoffs und des Lichts hervorgerufen wird. In diesem Sinne gehören die aus den Asphaltten herstellbaren Produkte in die Klasse der Lacke.

Von den schätzbaren Eigenschaften der Asphalte kommt für die Fabrication von Lacken und Anstrichmitteln vor allem ihre große Indifferenz gegen den Angriff der Atmosphären und die Wirkung saurer und alkalischer Flüssigkeiten, ihre glänzend schwarze Farbe und ihre rostschützende Wirkung in Frage, die darauf beruht, daß der Asphalt nahezu denselben Ausdehnungskoeffizienten besitzt wie das Eisen. Die ungemein vielseitige Anwendung der Asphaltelacke ist bekannt und ebenso ihre Unersetzbarkeit in der chemischen Industrie und den Gewerben. Schönbrunn¹⁾ berichtet eingehend über seine Erfahrungen mit Asphaltlacken in der Bauindustrie. Ihre Bedeutung für die Elektrotechnik werden wir an anderer Stelle kennen lernen.

¹⁾ Tonind.-Ztg. 1902, S. 26 u. 1349.

Bei der Verwendung von Asphaltlacken als Anstrichmittel sind einige Punkte zu berücksichtigen. M. Toch¹⁾ hat gefunden, daß man dabei nicht allein Rücksicht auf die Wärme, sondern auch auf die Lichtwirkung der Sonne zu nehmen hat. Asphaltlacke, die, im Dunkeln aufgestrichen, jahrelang unverändert bleiben, waren, dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt, schon nach 20 Tagen zerstört, was mit einer Zersetzung des Bitumens unter der intensiven Wirkung der Sonne zusammenhängt, wodurch freier Kohlenstoff ausgeschieden wird und der Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet. Man kann die Zersetzung aufhalten durch einen Zusatz von fetten Ölen, wie Leinöl, Holzöl oder Fischöl, die sich durch hohe Lichtbeständigkeit auszeichnen.

Die Zersetzung von Asphaltlacken durch das Sonnenlicht hat Graefe besonders an Petroleumtanks, eisernen Leitungsrohren und Maschinenteilen in den Tropen beobachten können. Dieselbe Farbe, die sich im Dunkeln unbegrenzte Zeit, im Norden verhältnismäßig gut hielt, wurde in den Tropen in kurzer Zeit zersetzt. Bessere Resultate erzielt man, wenn man von vornherein solche Asphalte nimmt, die infolge ihrer Bildungsweise schon an sich fester und kohlenstoffreicher sind, wie Grahamit oder Gilsonit u. dgl., oder die infolge ihres Vorkommens schon längere Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt waren.

Die glänzend schwarze Farbe des Asphaltlackanstriches stört zuweilen bei großen Flächen aus ästhetischen Gründen, wo man sonst gern von seinen wertvollen Eigenschaften Gebrauch machen möchte. Ein Überfahren des Asphaltanstriches mit anderen Farben in Öl ist nicht ohne weiteres angängig, weil der Asphalt in Ölen löslich ist und auf dem Anstrich mit brauner Farbe durchschlägt. Man hat Mittel und Wege gefunden, diesem Übelstand durch Aufbringen isolierender Zwischenschichten vorzubeugen.

Für die Herstellung von Asphaltlacken verwendet man sowohl natürliche als auch künstliche Asphalte, für die billigen Massenprodukte fast ausschließlich die letzteren. Die feinen und allerfeinsten Lacke können nur aus natürlichen Asphalten hergestellt werden, und jedes Surrogat ist hier vom Übel. Derartige Lacke stehen auch so hoch im Preise, und die Anforderungen, die an ihre Qualität gestellt werden, sind so weitgehende, daß sich die Verwendung von künstlichen Asphalten aus Erdöl- und Teerrückständen schon ganz von selbst verbietet. Man kann nicht in Abrede stellen, daß die künstlichen Asphalte viele wertvollen Eigenschaften, z. B. die Widerstandsfähigkeit gegen Atmosphärien und die Wirkung saurer und alkalischer Flüssigkeiten, den Schutz gegen Rostbildung, die Wasserdichtigkeit und das hohe Isolationsvermögen für den elektrischen Strom u. dgl. mit den natürlichen Asphalten in hohem Grade teilen, und man wird sie überall da, wo man nur von diesen Eigenschaften Gebrauch machen will, ihres billigeren Preises wegen vorziehen, besonders dann, wenn es sich um große Arbeiten handelt. Andererseits muß man zugeben, daß die Verwendung pechartiger Substanzen zur Lackfabrikation sich dort verbietet, wo sie ihrer relativ geringen Härte und Elastizität und ihres niedrigeren Erweichungspunktes wegen für eine besondere Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit in gedachtem Sinne nicht geeignet sind.

¹⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1908, Nr. 7.

Eine besondere Aufbereitung des Rohmaterials zur Lackfabrikation, außer dem unter Umständen nötigen Zerkleinern, findet in der Regel nicht statt. C. Roth hat die Beobachtung gemacht, daß Anstriche mit Lacken aus natürlichen und künstlichen Asphalten auf Röhren und Behältern, die dem Einfluß saurer Sumpfböden, stark alkalischer Abwässer sowie kohlenensäure- und sauerstoffreicher Wässer ausgesetzt waren, unter Hinterlassung einer Restschicht zerstört wurden. Er hat ferner gefunden, daß diese Restschicht nach abermaligem Lösen in geeigneten Flüssigkeiten und Auftragen auf Eisenflächen, die dann den gleichen Einflüssen ausgesetzt wurden, sich als dauernd widerstandsfähig gegen dieselben erwies. Auf Grund dieser Erfahrungen ist ihm unter dem Aktenzeichen D. R.-P. Nr. 251710 im Jahre 1912 ein deutsches Reichspatent erteilt worden auf ein Verfahren zur Herstellung von Anstrich- und Imprägniermitteln aus bituminösen Körpern, wie rohen oder gereinigten natürlichen Erdpechen, festen Teerdestillationsrückständen u. dgl., bei dem er davon ausgeht, daß diese Mittel ihrem Zweck um so eher entsprechen, je mehr sie schon von vornherein gegen die Angriffe verdünnter Säuren und Alkalien sowie in Wasser gelöster gasförmiger Stoffe gefestigt sind.

Natürliche Asphalte und feste Teerrückstände entsprechen, wie Roth ausführt, zwar im allgemeinen diesen Anforderungen, enthalten aber nach Erfahrung und auch ihrer Entstehung und Herkunft nach noch mehr oder weniger Bestandteile, die der lösenden oder zerstörenden Wirkung der Gemengteile des Wassers unterliegen und aus den Anstrichen unter Hinterlassung einer unzulänglichen Schutzschicht abwandern.

Sein Verfahren bezweckt eine vorgängige Reinigung der bituminösen Stoffe von diesen Substanzen und ist daher an dieser Stelle zu besprechen. Pech und Asphalte werden zunächst, wenn erforderlich, in gekühlten Räumen aufs feinste gemahlen und darauf mit sauren oder alkalischen Flüssigkeiten in zeitlich getrennten Operationen unter zeitweisem Umrühren oder Durchblasen von Luft tage-, wochen- oder monatelang bei Temperaturen, die wesentlich unter ihrem Schmelzpunkt liegen, in Berührung gebracht; im allgemeinen entspricht eine Temperatur von 25 bis 26° am besten diesem Zweck.

Die Konzentration der sauren und alkalischen Flüssigkeiten, wie Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure, deren oberste Grenze mit dem Beginn einer Zersetzung unter Gasentwicklung gegeben ist, richtet sich nach dem Grad der verlangten Widerstandsfähigkeit des Materials. Die Schutzwirkung derartiger Anstriche gegen verdünnte Säurelösungen wird praktisch erreicht, wenn die fein pulverisierten Materialien zwei Monate lang in der beschriebenen Weise bei etwa 25° mit Salzsäure von 1,125, Schwefelsäure von 1,116 oder Salpetersäure von 1,054 spez. Gew. am besten nacheinander in Berührung gebracht werden, wobei die Benutzung verdünnter Salpetersäure gleichzeitig den Zweck hat, Bestandteile, die später durch den im Wasser gelösten Sauerstoff oxydiert würden, schon während der Zubereitung des Rohmaterials in unlöslicher Form zu entfernen. In gleicher Weise können Schutzanstriche gegen die Wirkung von Stoffen gefestigt werden, denen sie später ausgesetzt sind, z. B. sauren Sumpfböden unter Verwendung von Eisenvitriollösung und aufgeschlämmter Sumpferde, Lösungen von Eisenvitriollösung und aufgeschlämmter Sumpferde, Lösungen von saurem Sulfat, Essigsäure, Milchsäure, Oxalsäure, Kohlensäure usw., bei letzterer eventuell unter Verwendung von Druck.

Die Festigung der Anstrichmittel gegen alkalische Flüssigkeiten geschieht unter Verwendung von Natronlauge vom spez. Gew. 1,1, einer Ammoniaklösung von 25 Proz. oder einer Kalkmilch aus 50 Tln. gebranntem Kalk auf 100 Tle. Wasser, in tage-, wochen- oder monatelanger Einwirkung auf die geschilderte Weise, bei Ammoniak im geschlossenen Kessel und unter Anwendung eines mechanisch betriebenen Rührwerkes.

Nach dieser Behandlung mit den einzelnen Agentien für sich allein oder in zeitlich getrennter Aufeinanderfolge wird die Lösung vom festen Rückstand getrennt und letzterer bis zu neutraler Reaktion ausgewaschen. Ein Teil der zerstöbaren Substanzen ist in Lösung gegangen, ein anderer Teil befindet sich in unlöslicher Form im Rückstand. Letzterer wird nach dem Trocknen mit geeigneten Lösungsmitteln, wie leichten Teerölen, Benzin, Terpentinöl, Mono- oder Dichlorbenzol usw., behandelt und durch Filtration von den unlöslichen Zersetzungsprodukten getrennt. Zur Erhöhung der Geschmeidigkeit und Elastizität können geeignete Zusätze, wie Leinölfirnis, paraffinhaltige Körper, Schwefel u. dgl., gegeben werden, wie das später noch besprochen werden wird.

Bezüglich der erwähnten, für die Fabrikation von Asphaltlacken in Frage kommenden Lösungsmittel läßt sich das Folgende sagen:

Das teure Terpentinöl wird in neuerer Zeit mehr und mehr, wenigstens bei der Herstellung von Asphaltlacken durch Lackbenzine aus Erdöl und Steinkohlenteer verdrängt. Es zeigt sich, daß besonders jene Lackbenzine zu bevorzugen sind, die bei gleichem Siedepunkt das höchste spezifische Gewicht haben, da ihre Lösungsfähigkeit bedeutend größer ist, als die von Benzinen mit niederem spezifischen Gewicht. Diese hohe Lösungsfähigkeit wird bei natürlichen Produkten teilweise durch die Anwesenheit von aromatischen und hydroaromatischen Kohlenwasserstoffen bedingt. Solche Benzine haben vor allen Dingen auch den Vorteil, daß sie nicht, wie die leichten Benzine, Asphaltene aus den Asphalten ausfällen. Nach Sommer (Privatmitteilung) müssen an solche Lösungsmittel folgende Anforderungen gestellt werden:

1. Reinheit und Abwesenheit von Produkten schlechter Raffination.
2. Abwesenheit von gelösten Gasen sowohl wie von schwerflüchtigen Rückständen.
3. Möglichst hoher Flammpunkt.
4. Leichte Verdampfbarkeit bei hohem Lösungsvermögen und Gleichmäßigkeit der verschiedenen Chargen in der Produktion.

O. Sprenger¹⁾ stellt einen Teerölfirnis, der, mit Farben oder Asphalt gemischt, einen dauerhaften billigen Anstrich für Holz, Stein, Eisen, insbesondere für Schiffsböden ergibt, aus den zwischen 180 bis 200° siedenden Destillaten des Steinkohlen-, Braunkohlen- und Holzteers, nach deren vorheriger Reinigung mit Natronlauge und Schwefelsäure, wie folgt her:

In 100 Tln. des gereinigten Öles löst man etwa 5 bis 10 Tle. eines tierischen oder pflanzlichen fetten Öles (wie z. B. Talg, Wollfett, Tran, Rüböl, Leinöl usw.). In diese Lösung läßt man je nach Umständen 21 Gew.-Proz. konzentrierter Schwefelsäure einfließen und sorgt durch geeignete Kühlvorrichtung, daß die Temperatur dieses Gemisches nicht über 50° C steigt. Je nach der Art der angewendeten Öle wird die Temperaturerhöhung schneller oder langsamer

¹⁾ D. P.-Anm. S. 34 656, Kl. 22 h, 1911.

erfolgen. Um den Prozeß zu beschleunigen, genügt eine geringe Erwärmung des Gemisches. Bei dem eintretenden Oxydationsprozeß wird die Schwefelsäure zu Schwefeldioxyd reduziert, die sich durch ihren Geruch bemerkbar macht. Die Temperatur des Gemisches wird unter Rühren ungefähr eine Stunde lang auf etwa 50° C gehalten. Hierauf läßt man absetzen, zieht die am Boden befindlichen Säureharze ab, trägt in das Öl frisch gelöschten Kalkbrei ein, stellt das Rührwerk wieder an und oxydiert mit Ozon oder ozonhaltiger Luft. Das in dem Öl enthaltene Schwefeldioxyd wird durch das Ozon zu Schwefelsäure oxydiert, während ein Teil des angewandten Kalks die etwa noch vorhandenen sowie die durch die Oxydation gebildete Schwefelsäure bindet und sich am Boden des Gefäßes als Calciumsulfat absetzt. Das überschüssige Calciumhydroxyd verseift die im Öl enthaltenen Säuren. Man erhält so aus dem durch die Oxydation verharzten Teeröl einen Teerölfirnis, der von dem am Boden befindlichen Rückstand als klares, braungelbes Öl abgezogen wird.

Die Herstellung der Lacke, Firnisse und Farben geschieht in besonderen Fabriken, und die Beschreibung dieser Fabrikation gehört nicht hierher. Einzelne derselben werden gleichwohl in der Teer- und Asphaltindustrie im großen Maßstabe erzeugt. Wir müssen uns darauf beschränken, im nachfolgenden das Wissenswerteste aus diesem Gebiet zu erwähnen, und verweisen bezüglich aller Einzelheiten auf die vorhandene Fachliteratur. Der Einheitlichkeit halber werden wir mit den billigeren Massenartikeln aus künstlichen Asphalten beginnen und Anweisungen zur Herstellung feinerer und feinsten Produkte folgen lassen.

1. Lacke und Anstriche aus künstlichem Asphalt.

Der primitivste Anstrich für Stein, Holz, Eisen usw. ist roher Steinkohlenteer, wie er aus den Retorten der Gasanstalten oder den Koksöfen der Kokereien gewonnen wird. Er ist schon 1799 von Ph. Lebon, dem Miterfinder der Leuchtgasindustrie, zum Anstreichen des Holzes von Schiffen usw. zum Zwecke der Konservierung empfohlen worden, kann aber hierfür den sogenannten „schwedischen Schiffsteer“, einen Teer aus Nadelholz, welcher viel tiefer in die Poren eindringt und besser konservierend wirkt, nicht ersetzen.

Besser eignet sich der rohe Steinkohlenteer zum Konservieren von Stein- und Mauerwerk aller Art, auch als Schutzanstrich gegen die Einwirkung saurer Flüssigkeiten und Dämpfe in chemischen Fabriken usw., wozu er besonders, in heißem Zustande angewendet, von Kuhlmann¹⁾ empfohlen wird. Die für Säuretröge, Kondensationstürme, Chlorentwickler usw. bestimmten Steine werden ganz allgemein durch Kochen in Gasteer säurefest gemacht. Sie sollen dabei auch an Härte bedeutend zunehmen und nach dem Tränken sich sogar nicht mehr mit dem Meißel bearbeiten lassen, was aber gewiß zum großen Teil auf das Verschmieren des Werkzeugs mit der klebrigen Teermasse zurückzuführen ist.

Lunge hat den Steinkohlenteer zum Konservieren der Dachziegel gegen Witterungseinflüsse an Stelle der teuren Glasur empfohlen, ein Prozeß, der heute ganz allgemein ausgeführt wird und die Ziegel viel wetterbeständiger macht. Störend wirkt hier der Wassergehalt des Teers, wenn er nicht ent-

¹⁾ Wagners Jahresber. 1880, S. 430.

fernt wird; im übrigen muß der Teer aber seine leichtflüchtigen Bestandteile bis zu einem gewissen Grade behalten, da der Überzug sonst schwer trocknet und lange klebrig bleibt.

Um Dachziegel vollständig mit Teer zu durchtränken, muß der Teer kochen, während die Ziegel getaucht werden. Die Zeitdauer des Eintauchens richtet sich je nach dem Aufsaugungsvermögen des Ziegels. Es genügt, wenn die Ziegel gut erwärmt mit heißem Teer gestrichen werden, was am bequemsten und sichersten auf einem dachförmigen, eisernen Rahmen über einer langgestreckten Grudefeuerung (Braunkohlenkoksfeuer) geschieht, die mit Ziegeln derart behängt wird, daß auf jeder Seite eine Reihe Ziegel hängt. Die nach Bedarf erwärmten Ziegel werden von einem Arbeiter mit möglichst heißem Teer bestrichen, ein zweiter Arbeiter nimmt die Ziegel, wenn sie trocken sind, ab, und ein dritter legt neue Ziegel auf, oder bei kleinem Umfange der Arbeit verrichtet eine Person das Abnehmen und Aufhängen der Ziegel. Geteerte Mauerziegel müssen möglichst scharf gebrannt und klinkerartig sein und nach Bedarf und Benutzungsart längere oder kürzere Zeit mit dem Teer gekocht sein.

Das Tränken der Ziegelwaren mit Teer ist ursprünglich aus dem Grunde geschehen, um schwach gebrannte, wenig wetterfeste Ziegel zu verbessern, und sie wasserdicht zu machen. Die Wirkung des Teerüberzuges ist aber gleichzeitig eine wasserabstoßende, die verhindert, daß bei eintretendem Frost Wasser in den Poren friert und die obere mit Teer getränkte, weniger durchlässige Schicht abstößt und auf diese Weise den Ziegel zerstört. Sind poröse Ziegel glasiert, so blättert aus demselben Grunde die Glasur ab. Man soll daher nur scharf gebrannte Ziegel von möglichst geschlossenem Scherben teeren oder glasieren; die Haltbarkeit wird dadurch nur günstig beeinflusst, da ein nicht saugender Stein den Einflüssen der Atmosphäre stets am meisten trotzt.

Nach E. Dietrich¹⁾ haben sich Fußböden für Fabriken, Höfe usw. aus geteerten Ziegelsteinen gut bewährt. Die Steine werden am besten noch heiß, wie sie aus dem Ofen kommen, auf die obige Weise mit einer Mischung aus gleichen Teilen Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech imprägniert. Auf dem planierten Untergrund werden die Steine flach und möglichst dicht aneinandergelegt und dann die Fugen durch Überkehren mit trockenem Sand ausgefüllt, so daß dieselben oben für das Bindemittel, aus der gleichen Mischung bestehend, frei bleiben. Durch einen Anstrich mit dem heißen Imprägniermittel werden die Fugen ausgefüllt und dann das Pflaster für die ersten acht Tage mit einer dicken Sandschicht überdeckt. Nach dieser Zeit hat sich der Sand eingedrückt, der Boden zeigt eine grauschwarze Farbe und besitzt angenehme Elastizität. Derartig präparierte Ziegelsteine empfiehlt Dietrich auch zur Herstellung von Rinnesteinen zur Ableitung von Wasser in Fabriken, sowie in Verbindung mit Asphaltmörtel zu schwammsicherem Unterbau.

1000 Ziegelsteine in deutschem Normalformat saugen etwa 120 kg der Teermischung auf. Besonders bewährt haben sich in der chemischen Fabrik zu Aussig a. d. E. die geteerten Dachziegel, da sie gegen Säuredämpfe und Witterungseinflüsse beständig sind und die Dachkonstruktion bei Regen nicht stärker belasten, da sie kein Wasser aufnehmen. Die Eigenschaft des Abblätterns zeigen nach Dietrich nur einseitig bestrichene Ziegelsteine; bei

¹⁾ Industriebibl. 1879; Chem. Ind. 1879, S. 54.

allseitig geteerten oder mit Teer getränkten Steinen zeigt sich dieser Übelstand nicht.

W. Thörner und O. Kramer¹⁾ versetzen zum gleichen Zweck den Steinkohlenteer mit Sägespänen und kochen ihn bis zur Sirupkonsistenz ein.

Zum Anstreichen ganz ordinärer eiserner Gegenstände benutzt man vielfach rohen Steinkohlenteer, und will dieselben dadurch einestails vor dem Rosten schützen und ihnen andererseits ein gefälligeres Aussehen geben. Namentlich, wenn er heiß aufgetragen wird, gibt der rohe Steinkohlenteer auf derartigen Gegenständen einen dauerhaften und glänzenden Überzug. Dabei hat man die Erfahrung gemacht, daß diese Gegenstände unter der Lackschicht gleichwohl vom Rost zerfressen werden. Campe²⁾ empfiehlt daher die Anwendung von destilliertem Teer, welcher von jenen Bestandteilen befreit ist, die das Eisen, besonders bei Gegenwart von Luft, rasch angreifen und ein Abblättern des Anstrichs verursachen. Es ist dies das im rohen Teer enthaltene Ammoniakwasser, dessen rostbildende Eigenschaften bei Gegenwart von Luft ja bekannt sind.

Besser verwendet man für die genannten Zwecke entwässerten oder raffinierten Steinkohlenteer, der in größtem Maßstabe in den Teerdestillationen vor der weiteren Verarbeitung hergestellt wird, in der Regel aber nicht als Handelsprodukt auf dem Markt erscheint. Weit aus die größte Anwendung für alle diese Zwecke findet der präparierte oder regenerierte (wiederbelebte) Steinkohlenteer, den die Teerdestillationen als Massenartikel im größten Maßstab in den Handel bringen. Seine Herstellung ist nicht Sache der Asphaltindustrie. Er ist für sie, wie auch für die Eisenindustrie, wo er in umfangreicher Weise zur Herstellung des basischen Futters der Konverter, zum Anmengen des Formsandes und vor allem zum Goudronieren gußeiserner Waren verwendet wird, lediglich ein Rohstoff, der in weitaus größter Menge von der Bauindustrie aufgenommen wird und hier zu Schutzanstrichen aller Art, hauptsächlich aber zum Imprägnieren von Dachpappe und als sogenannter Dachlack zum Streichen der Pappdächer dient. Über die Herstellung dieser Produkte findet man ausführliche Mitteilungen in Lunge-Köhler, Industrie des Steinkohlenteers und Ammoniaks, 5. Aufl., Braunschweig 1912. Erhebliche Mengen dieses Materials werden, wie wir gesehen haben, heute auch im Straßenbau zur Oberflächenteerung, sowie zur Ausführung von Teermakadamstraßen verbraucht.

Mit dem Verwendungszweck ändert sich begrifflicherweise auch die nähere Zusammensetzung des präparierten Teers, was sich schon aus den handelsüblichen Bezeichnungen Eisenlack, Stahlwerksteer, Dachlack usw. ersehen läßt. So stellt man z. B. in England einen Imprägnierteer für Dachpappe dadurch her, daß man für starke Pappen 1000 kg Pech mit 1130 Liter raffiniertem Teer oder 260 Liter Kreosotöl, für schwache Pappen dagegen 900 kg Pech mit 270 bis 320 Liter Teer oder 180 Liter Kreosotöl zusammenschmilzt.

Für starke und schwere, beiderseits besandete Dachpappen nimmt man bei uns gern einen recht konsistenten Teer, der sich in dicker Schicht auf der Oberfläche der Pappe ablagert und reichliche Mengen Sand aufzunehmen imstande ist. Zur Herstellung schwacher Pappen dagegen, welche als Unter-

¹⁾ D. R.-P. Nr. 14 372. — ²⁾ Chem. Ind. 1888, S. 63.

lage für Schieferbedachung oder zur Ausführung von Holzzementdächern usw. dienen sollen und meistens nur einseitig oder gar nicht besandet werden, muß man einen möglichst dünnflüssigen Teer anwenden, damit die zusammengerollte Pappe nicht aneinanderklebt.

Nach Luhmann¹⁾ sind destillierter und präparierter Teer nicht ohne Einwand zur Fabrikation von Dachpappe und zum Unterhalten der Pappdächer, weil der Teer mit der Zeit zu einer harten, spröden Masse austrocknet, die schließlich durch Verwitterung zerstört wird. Sie sind als Grundlage zur Imprägnier- und Anstrichmasse wohl geeignet, sollten aber vor der Verwendung mit löslichen, harz- oder fettartigen Substanzen im Verein mit erdigen Stoffen, welche die Masse dickflüssiger und lapidarer machen, vermischt werden. Zu den ersteren rechnet er Teerpech, Asphalt, Kolophonium, Kienteer, mineralische Schmieröle, schweres Harzöl und Schwefel; zu den letzteren Schlämmkreide, gebrannten Kalk (?), Kalkstein, Tonschiefer, Ton usw. Natürlich können erdige Zusätze nur zu dem als Anstrichmittel für Pappdächer dienenden Teer zugelassen werden und hier insofern von Vorteil sein, als sie das Abfließen des Anstrichs von der schrägen Dachfläche verhindern. Sie müssen dann aber auch so gewählt sein, daß sie porös und saugkräftig genug sind, um nicht infolge ihrer spezifischen Schwere in dem Teer zu Boden zu sinken; in dieser Hinsicht werden namentlich China clay und Löß (Mergel) oder feiner Koks- oder Kohlenstaub von keinem anderen Material übertroffen.

Luhmann gibt folgende Vorschriften für Dachlacke, von denen die ohne erdige Zusätze hergestellten auch als Imprägnierungsmasse verwendet werden können.

	1	2	3	4	5	6	7
Destillierter Teer	70	75	70	50	50	70	50
Schmieröl	10	—	—	—	—	—	—
Harz (Kolophonium)	20	—	5	—	15	20	15
Trinidadasphalt	—	10	—	15	—	—	—
Kienteer	—	10	25	—	—	—	—
Harzöl	—	5	—	—	5	—	—
Gemahlener Ton	—	—	—	25	30	—	27
Leinölfirnis	—	—	—	—	—	8	7
Gemahlener Braunstein	—	—	—	—	—	2	1
	100	100	100	100	100	100	100

Es ist eine große Menge von einzelnen Imprägnierungs-, Anstrich- und Konservierungsmitteln für Dachpappe und Pappdächer erfunden worden, die alle auf der Verwendung von Steinkohlenteer als Hauptbestandteil beruhen.

Derartige Massen, von denen man nicht recht begreift, was patentfähig an der Zusammensetzung ist, finden sich viele im Handel, teilweise unter recht geschmackvollen Bezeichnungen, wie „Dachpappenschutz“, „Duresco-schutz“, „Pappoleumschutz“, „Universalanstrichmasse“, „Elastique-Bray“, „Kautschukanstrichmasse“, „Chloritzement“ usw.

Die mit solchen Anstrichmitteln versehenen Pappdächer zeigen natürlich stets eine schwarze, mehr oder weniger glänzende Farbe, die vielfach nicht

¹⁾ Fabrikation der Dachpappen und Anstrichmasse 1883, S. 151.

erwünscht ist, und zwar sowohl aus Gründen des Geschmacks, wie auch in praktischer Hinsicht. Man sucht z. B. den Pappdächern für manche Zwecke gern die rote, gelbbraune oder braune Farbe der Ziegeldächer, oder die graue Farbe der Schieferdächer zu geben; andererseits ist es eine unangenehme Eigenschaft der schwarzen Pappdächer, in den heißen Sommertagen so viel Sonnenwärme zu absorbieren, daß die darunter liegenden Räume, da ein Ausgleich der inneren und äußeren Luft bei dem absolut dichten Verschuß der Pappdächer nicht stattfinden kann, unerträglich heiß werden, was andererseits auch in gewissen Fällen, namentlich wo man mit sehr leichtflüchtigen Substanzen zu arbeiten hat, wie in Petroleumraffinerien, chemischen Wäschereien, Ammoniakfabriken, Teerdestillieren und anderen chemischen Fabriken, oft von großem Nachteil ist. In diesem Falle sucht man die Dächer mit einem möglichst weißen Anstrich zu versehen, der die Sonnenwärme zurückstrahlt und so die Innenräume vor Temperaturerhöhung schützt.

Derartige Anstriche lassen sich natürlich nicht aus Teer herstellen, sondern man erzeugt sie zumeist unter Zuhilfenahme von Harz (Kolophonium), Harzöl und Teerölen, denen man einen Zusatz von entsprechenden Mineralfarben gibt. Man erhält z. B. einen sehr brauchbaren Rotlack für Pappdächer, wenn man ein Gemisch von 150 kg Kolophonium (möglichst helle Ware) mit 100 kg schwerem (blauem) Harzöl zusammenschmilzt und diesem Produkt nach einigem Erkalten 75 kg eines leichten Teeröls (nach dem Vorlauf übergelassener Anteil) beimischt. In die Flüssigkeit rührt man dann, solange sie noch warm ist, 75 kg feinst gemahlene, roten Bolus ein, bis eine gleichmäßige, keine Knoten mehr aufweisende Anstrichfarbe entstanden ist. Besser noch reibt man den Farbstoff mit Hilfe einer Naßmühle in den Firnis ein. Durch Ersatz des Bolus durch gelben Ocker oder graues Schiefermehl oder andere billige Erdfarben kann man jede gewünschte Nuance eines farbigen Dachlacks erzielen.

A. Wolfahrt erzeugt farbige Dachpappenanstriche unter Anwendung von Benzollack oder Lackfirnis mit Farbezusatz in Rot, Grün, Braun, Gelb, Grau, Blau und Bronze, welche schnell trocknen und, auf Teerdachpappen und anderen Dachmaterialien aufgetragen, nicht abtropfen.

Einen hellen Dachpappenanstrich, der sich hauptsächlich für Räume eignet, die wegen Feuersicherheit und dergleichen im Sommer kühl gehalten werden müssen, stellt H. Genzen ¹⁾ aus einem in der Hauptsache aus Schwefelzink, Schwefelbaryum und Schwerspat bestehenden, besonders erzeugten Produkt in Verbindung mit Steinkohlenteerölen und Harzen her, der lange geschmeidig bleiben, nicht abtropfen und im Winter nicht brüchig werden soll.

Weitere Vorschläge in dieser Richtung sind bereits eingangs dieses Kapitels erwähnt.

Lacke und Firnisse aus künstlichem Asphalt für feinere Zwecke werden gleichfalls hergestellt.

Eine feinere Sorte Teerlack erhält man nach Lunge, wenn man Pech mit Leichtöl in der oben angegebenen Art zusammenschmilzt; man nimmt hierzu jedoch nicht das direkt aus den Teerblasen abdestillierte Öl, sondern die letzten Portionen des aus der Leichtölblase abdestillierten oder das vom Phenolnatrium abgezogene Öl, welche mithin ihre wertvolleren Teile schon

¹⁾ D. R.-P. Nr. 70 852.

abgegeben haben. Man kann auf 100 Tle. mittelhartes Pech etwa 60 Tle. Leichtöl rechnen. Dieser Firnis gibt eine glänzende und glatte Oberfläche und bildet einen sehr dünnen Überzug; seine Trockenzeit ist 4 bis 6 Stunden, und er ist schon für feinere Eisenwaren verwendbar.

Man kann auch noch schneller trocknende und dünner liegende Firnisse in allen Graden erhalten, wenn man einen Teil des Leichtöls durch Naphtha ersetzt, und kann dazu die geringste Sorte der Naphtha anwenden, oder auch eine solche direkt zu diesem Zweck darstellen, indem man bei der Dampf- rektifikation der leichten Steinkohlenteeröle über den sonst innegehaltenen Endpunkt hinausgeht. Regel ist dabei, zuerst alles zu verwendende Leichtöl in das Pech hineinzuarbeiten und dann erst die Naphtha zuzusetzen, indem man das Gemisch noch so warm bleiben läßt, als es mit der Flüchtigkeit der Naphtha verträglich ist. Außerdem ist sehr gründliches, längere Zeit anhaltendes Rühren notwendig, da die Naphtha sich nicht so leicht dem Firnis einverleiben läßt, wie die schwereren Öle; es kann sonst vorkommen, daß sich der Firnis in einen schwarzen Bodensatz und darauf schwimmende Naphtha trennt. Man kann es mit Hilfe selbst ganz ordinärer Naphtha leicht dahin bringen, einen in einer Stunde, ja in einer Viertelstunde trocknenden Eisenlack herzustellen, welcher für alle Eisenwaren verwendbar ist, wo seine schwarze Farbe nichts schadet.

Alle diese Sorten, die unter dem Namen „Black Varnish“ im Handel sind, haften ungemein fest am Eisen und erlangen nach dem Trocknen einen ziemlichen Grad von Härte, neben starkem Glanz und großer Glätte; letzteres gilt namentlich von der besseren Sorte.

E. Heußer¹⁾ extrahiert das Pech mit warmem, leichtem Teeröl oder Petrolbenzin (?). Die Lösung hinterläßt beim Verdampfen ein dem natürlichen Asphalt ähnliches Produkt, das sich zur Fabrikation von Eisenlacken viel besser eignet als gewöhnliches Pech, während der Filterrückstand (freier Kohlenstoff) eine schwarze Farbe von großer Deckkraft abgibt. Auch Kraemer und Spilker²⁾ empfehlen diese Arbeitsweise; so präpariertes Pech in Terpen- tinöl gelöst, gibt einen noch haltbareren Metallanstrich, der auf Metallflächen auch beim starken Biegen noch recht gut haftet.

Thenius³⁾ schmilzt 50 kg Asphalt aus Steinkohlenteer mit 20 kg Kolo- phonium bis zum ruhigen Fluß und fügt darauf 10 kg guten Leinölfirnis zu, so daß die Masse kocht, ohne überzusteigen. Nach einstündigem Kochen macht er einen Zusatz von 2 kg fein pulverisiertem Braunstein, wodurch ein Aufschäumen der Flüssigkeit erfolgt. Sobald dieselbe wieder in ruhigem Sieden begriffen ist, werden Proben auf eine Glasplatte geträufelt und gegen das Licht betrachtet. Sobald klare Lösung erfolgt ist und die Masse sich leicht vom Glase abheben läßt, unterbricht man das Sieden und läßt unter Umrühren so weit erkalten, daß die Flüssigkeit beginnt, in dickerem Zustande vom Rührer zu fließen. Unter fortwährendem Rühren gibt man nun 20 kg rektifiziertes Terpen- tinöl, und wenn sich dieses gänzlich damit vermischt hat, 20 kg leichtes Steinkohlenteeröl vom spezifischen Gewicht 0,85 bis 0,9 zu der Mischung, rührt gut um und läßt eine herausgezogene Probe erkalten. Man macht davon einen Probeanstrich auf Papier, der in 15 Minuten trocken

¹⁾ D. R.-P. Nr. 24231. — ²⁾ Muspratt, Chemie, 4. Aufl., 8, 14. — ³⁾ Ver- wertung des Steinkohlenteers. Wien, Pest, Leipzig 1878, S. 127.

sein muß, seinen Glanz nicht verlieren und nicht durch das Papier durchschlagen darf. Zeigt der Lack auf Papier matte Stellen, so ist die Auflösung noch nicht vollendet und man muß gelinde weiter erhitzen, oder einen Zusatz von Steinkohlenteeröl machen. Der fertige Lack wird noch warm durch Werg filtriert und in gut verschlossenen Gefäßen an kühlem Ort aufbewahrt. Außer zum Anstrich auf Metall eignet er sich noch für Papier, Holz, Leder, Glas usw.

Nach Watson Smith¹⁾ erhält man einen sehr guten Eisenlack durch Schmelzen von 6 Tln. dunkelfarbigem Kolophonium mit etwa $\frac{1}{2}$ Tl. Leinölfirnis und etwa 10 Tln. Schweröl, für feinere Arbeiten mit Zusatz von ein wenig Gummi, um ihm Glanz zu geben, und von beliebigen Farbstoffen, also auch Asphalt oder Pech.

Folgende „erprobte“ Vorschriften zur Herstellung von Eisenlacken gibt Nöthling²⁾: 24 Tle. Steinkohlenteerpech werden in 36 Tln. Benzol auf dem Wasserbade aufgelöst und die Lösung bei 15 bis 20° absetzen gelassen. Zu der vom Bodensatz getrennten Flüssigkeit fügt man eine Lösung von 2 Tln. hartem Elemiharz und 1 Tl. Kopaivabalsam in Benzol und verdünnt, wenn nötig, mit Benzol bis zur Streichfertigkeit. Oder: 10 Tle. wasserfreier Teer werden gekocht und 2 Tle. Graphit mit 1 Tl. Mennige hinzugefügt. Nach gutem Kochen versetzt man die Mischung mit 1 Tl. Schwefelblüte und 2 Tln. geglühtem Bimssteinpulver. Der Zusatz von Mennige und Bimssteinpulver dürfte zum mindesten zwecklos sein.

Nach Seligmann und Ziecke³⁾ erhält man einen billigen Ersatz für sogenannten Braunschweiger Lack durch acht- bis zehnstündiges Schmelzen von $12\frac{3}{4}$ kg Harzpech, $12\frac{3}{4}$ kg Steinkohlenteerpech bis zum Verschwinden des Wassers und Zufügen von 30 kg gekochtem Leinöl, dem zuvor je $4\frac{1}{2}$ kg Bleiglätte und Mennige zugesetzt worden sind. Man hält die Mischung so lange im Kochen (3 bis 4 Stunden), bis eine Probe sich zwischen den Fingern zu Fäden ziehen läßt, und verdünnt mit 40 kg Terpentinöl. Der Lack, der sich besonders für feinere Eisenwaren eignet, trocknet in etwa einer halben Stunde.

Am gleichen Ort⁴⁾ werden noch die beiden folgenden Rezepte, die sich auf die Verwendung anderer Pecher beziehen, angegeben. Zur Herstellung eines guten Luftmattlacks werden 20 kg dunkles Harz mit 1 kg Kalk unter Schmelzen auf bekannte Weise gehärtet. Dann werden 20 kg körniger Asphalt (Braunkohlenteerasphalt) und 6 kg dickes Lacköl zugesetzt und das Ganze auf etwa 260° erhitzt. Man läßt abkühlen und versetzt die Masse mit 20 kg Terpentinöl und darauf mit 20 kg Benzol, wobei darauf zu achten ist, daß beide Flüssigkeiten nur in ganz dünnem Strahl, unter tüchtigem Umrühren zufießen. Je sorgfältiger das Rühren geschieht, desto besser fällt das Korn der Lackschicht aus.

Die Herstellung eines Stearinpechlacks für hohe Temperaturen geschieht wie folgt: $4\frac{1}{2}$ kg Bleimennige, $4\frac{1}{2}$ kg Bleiglätte und 45 kg Stearinpech läßt man mittels überhitzten Dampfes von 400 bis 600° längere Zeit kochen und verdünnt nach dem Abkühlen auf 150 bis 200° mit 15 kg Schwerbenzin; sobald weitere Abkühlung eingetreten ist, fügt man Benzol bis zur richtigen Konsistenz zu. Der Lack trocknet hart mit glänzender Oberfläche

¹⁾ Lunge-Köhler, 5. Aufl., S. 537. — ²⁾ Der Asphalt, Leipzig 1899, S. 253. — ³⁾ Handbuch der Lack- und Firnisindustrie, S. 895. — ⁴⁾ S. 898 u. f.

und widersteht mehr als 500° trockener und 250° feuchter Hitze, ein Resultat, das auf keine andere Weise zu erreichen ist.

Kraemer und Spilker¹⁾ empfehlen die Verwendung von Fettgasteer zur Herstellung von Eisenlacken. Die Aktiengesellschaft für Asphaltierung und Dachbedeckung, vorm. Joh. Jeserich²⁾ erzeugt einen derartigen Lack durch Zusammenschmelzen von Fettgasteer mit Goudron und Schwefel. Die Masse ist gegenüber anderen ähnlichen Anstrichen gegen atmosphärische Einflüsse widerstandsfähiger und als Anstrich für Eisen wegen ihrer außerordentlichen Permeabilität besonders wertvoll, indem sie leicht in Öffnungen und Poren eindringt und auf Rost gebracht, denselben leicht durchdringt, lockert und loslöst.

In ähnlicher Weise gewinnt die Chemische Fabrik Großweissandt³⁾ ein Rostschutzmittel, indem sie Fettgasteer mit Chlorschwefel (S_2Cl_2) erhitzt und das entstehende Produkt in geeigneten Flüssigkeiten löst.

Nach Marchisis und Stevens⁴⁾ sollen gewöhnliche Teerfirnisse dadurch verbessert werden können, daß man sie mit Chlorkalk- oder Kochsalzlösung (?) kocht und darauf mit einer Lösung von Eisenvitriol wäscht. Es ist nicht ersichtlich, welche Wirkung sich die Erfinder von einer Kochsalzlösung versprechen.

T. L. Lee⁵⁾ ließ sich eine Mischung von präpariertem Steinkohlenteer, Kreosotöl, raffiniertem Benzol und „Chickasaw ockre“, einem speziell in Arkansas gefundenen Naturprodukt, als Anstrichfarbe für schwere Eisenkonstruktionen, wie Brücken, Dächer, Maschinen usw., schützen.

Unter dem Namen „Schwefelteer“ oder „Benzasphalt“ wird⁶⁾ eine durch Kochen von 2 Tln. Schwefel in 3 Tln. Steinkohlenteer erhaltene Lösung zum Schutz von Holz, Eisen und Stein gegen Fäulnis, Rost und Verwitterung empfohlen. Ein ähnliches Produkt wird in erheblichen Mengen unter dem Namen „Holzzement“ zur Ausführung der Holzzementdächer, aber auch als Anstrichmittel für manche anderen Zwecke technisch hergestellt, und da es ausschließliches Fabrikat der Asphaltindustrie ist, wollen wir hier näher darauf eingehen.

K. S. Häusler⁷⁾ hat zuerst einen Zusatz von Schwefel zur Verbesserung der dichtenden Eigenschaften des Teers angewandt. Eine von ihm als „Holzzement“ bezeichnete Mischung, welche er ursprünglich zum Verdichten von Fässern, seit 1839 aber auch als Bedachungsmaterial einführte, bestand aus 60 Tln. Steinkohlenteer, 15 Tln. Asphalt und 25 Tln. Schwefel. Später hat A. Winckler⁸⁾ den Chemismus der Wirkung des Schwefels aufgeklärt, indem er die Entwicklung von Schwefelwasserstoff dabei beobachtet und die Einwirkung auf eine Molekularkondensation unter Austritt von Wasserstoff zurückgeführt hat. Er benutzte die Reaktion zur Verbesserung des Teerasphalts und setzte zu dem nach Abdestillieren von etwa 30 Proz. aus dem Teer zurückbleibenden, bei 50° vollständig weichen Asphalt (also gleich dem englischen Asphalt, dem französischen brai liquide) nach und nach 5 Proz. Schwefel und erhitzte jedesmal so lange, bis keine Entwicklung von Schwefelwasserstoff mehr erfolgte. Man erhält dabei 75 Proz. vom Teer an

¹⁾ loc. cit. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 65 239 vom 10. November 1891. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 122 688 vom 29. Juli 1900. — ⁴⁾ Engl. Pat. vom 23. September 1870. — ⁵⁾ Amer. Pat. Nr. 701 743, 1902. — ⁶⁾ Wagners Jahresber. 1860, S. 554. — ⁷⁾ Vgl. Nöthling, Der Asphalt, S. 192. — ⁸⁾ Chem. Zentralbl. 1858, S. 337.

gutem Asphalt, welcher in kochendem Wasser nicht erweicht, während man ohne Schwefel nur die Hälfte des Gewichtes des Teers an gleich gutem Asphalt erhält. Ein weiterer Vorschlag, den Teer schon vor der Destillation mit 20 Proz. Schwefel zu versetzen, wobei nur Wasser und Schwefelwasserstoff übergehen, und ein dem Teer gleiches Gewicht an gutem Asphalt erhalten werden soll, ist augenscheinlich¹⁾ unpraktisch, teils wegen der Kosten, teils wegen des Angriffs auf das Eisen der Blasen und der Schädlichkeit des Schwefelwasserstoffs überhaupt. Nach Winkler soll auch Terpentinöl, mit der Hälfte seines Gewichtes an Schwefel versetzt, bei langsamer Destillation Schwefelwasserstoffgas und einen schwarzen, asphaltartigen Rückstand geben. Wie wir gesehen haben und fernerhin noch sehen werden, ist die kondensierende Wirkung des Schwefels auch von anderer Seite mehrfach benutzt worden.

Die Fabrikation des Holzzementes hat infolge der guten Eigenschaften (vgl. das vorige Kapitel), welche die von Häusler eingeführten Holzzement- oder Kiesdächer besitzen, große Dimensionen angenommen und geschieht im großen und ganzen noch heute nach dem alten Rezept. Er bildet eine schwarze, elastische und zähe Masse von annähernd der Konsistenz des Asphaltgoudrons, welche über Feuer leicht zu einem dünnen Teer zergeht und auch schon durch die Sonnenwärme geschmolzen wird. Er muß so beschaffen sein, daß er aus dem Spundloch der Fässer beim Umkehren als zähflüssige Masse langsam ausläuft, etwa wie ein richtiger Mehlteig.

Als Rohmaterialien zur Herstellung von Holzzement können im allgemeinen gelten Steinkohlenteerpech, entwässerter oder präparierter Teer, schweres Steinkohlenteeröl, Harz (Kolophonium) und Schwefel. Daneben finden vielfach auch andere Zusätze Anwendung, wie wir aus den später aufzuführenden Patenten ersehen werden. Wesentlich für ein Produkt, das auf die Bezeichnung „Holzzement“ Anspruch machen darf, sind die Grundbestandteile Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech, sowie sein Schwefelgehalt, der von manchen Baubehörden sogar in gewisser Höhe vorgeschrieben wird. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß nicht auch ein anderes Produkt ohne Schwefelgehalt die gleichen oder noch wertvollere Eigenschaften haben kann.

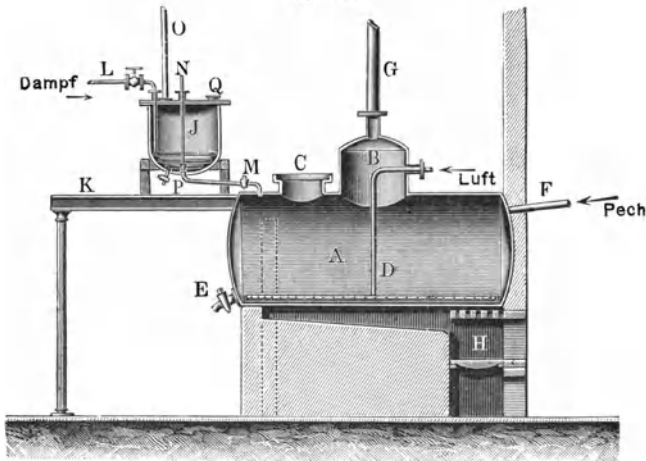
Luhmann²⁾ führt an, daß man bei der Fabrikation des Holzzementes anfangs in der Weise verfuhr, daß man rohen Steinkohlenteer im Wasserbad erhitzte, um ihn von Wasser und leichten Ölen zu befreien, und daß man die zurückbleibende Masse durch entsprechenden Zusatz von Schwefel verdickte. Diese Methode, die glaubhaften Mitteilungen zufolge noch heute in einigen Fabriken, welche vorgeben, im alleinigen Besitz des Häuslerschen Originalrezepts zu sein, in ihren Grundzügen zur Ausführung kommt, ist aber vollständig zu verwerfen; bei der Temperatur des siedenden Wasserbades ist es ein Ding der Unmöglichkeit, so beträchtliche Mengen von Schwefel in Steinkohlenteer zu lösen, als hier in Frage kommen, und was sich davon etwa gelöst hat, scheidet sich beim Erkalten wieder aus, ohne irgend welche chemische Veränderung in der Masse des Steinkohlenteers hervorgebracht zu haben. Es ist aber bekannt, daß die Wirkung des Schwefels gerade darin besteht, unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff die Bestandteile des Steinkohlenteers zu kondensieren und in dem natürlichen Asphalt in ihrem Verhalten

¹⁾ Vgl. Lunge-Köhler, 1. Bd., S. 541. — ²⁾ A. a. O., S. 210.

näher stehende Verbindungen überzuführen. Zudem läßt sich ein auf diese Weise hergestelltes Produkt, bei dem der Schwefel also nicht in Reaktion getreten ist, später nur unter großen Schwierigkeiten verarbeiten, da es die lästige Eigenschaft zeigt, beim Erhitzen unter massenhafter Gasentwicklung stark aufzuschäumen und aus den Schmelzkesseln überzulaufen, eine Eigenschaft, die von jedem Dachdecker gefürchtet wird.

Wo eine Asphaltfabrik im Anschluß an eine Teerdestillation betrieben wird, kann der Holzzement auf folgende Weise hergestellt werden. Die Holzzementfabrik schließt sich unmittelbar an die Teerdestillationsblasen von in der Regel 15 Tons Teerfüllung an. Der Teer wird auf mittelweiches Pech abgetrieben, so daß also eine Zersetzung des Blaseninhalts unter Kohleabscheidung vermieden wird. Je nach der Beschaffenheit des Teers bleibt in der Blase ein Pechrückstand von 9000 bis 9500 kg (= 60 bis 62 Proz.). Der Ablaufhahn der Blase kann, je nach Wunsch, mit dem Pechkühler oder

Fig. 168.



Pechkühlanlage.

durch das Rohr *F* (Fig. 168) mit dem in dem angrenzenden Holzzementgebäude untergebrachten Holzzementkessel verbunden werden.

Dieser liegende zylindrische Kessel, welcher dieselbe Kapazität wie die stehende Teerblase besitzt, ist über einer gewöhnlichen Feuerung *H* mit Gittergewölbe eingemauert und mit einem Luftmischer *D*, aus einem perforierten Rohrkreuz bestehend, versehen. Er besitzt oben einen weiten Dom *B*, welcher das über das Dach führende Abgasrohr *G* trägt, durch welches der sich bildende Schwefelwasserstoff mit den entwickelten Teer- und Öldämpfen zusammen entweicht. Wo man eine Belästigung der Nachbarschaft zu befürchten hat, wird es gut sein, das Gas vor dem Austritt ins Freie nacheinander je einen Rieselturm mit schwerem Teeröl und Kalkmilch passieren zu lassen. Der Kessel trägt noch das Mannloch *C*, sowie den Ablaufhahn *E*. An das Mauerwerk desselben schließt sich ferner die eiserne Bühne *K* an, auf welcher der mit einer Heizschlange für überhitzten Dampf versehene eiserne Kessel *J* zum Lösen des Schwefels montiert ist. Dieser ist mit einem Deckel verschlossen, welcher je einen Stutzen für den Dampfeintritt *L*, das Abgas-

rohr *O* und den Stopfenverschluß *N*, sowie das Mannloch *Q* zum Einfüllen des Schwefels besitzt. Durch das Ablaufrohr *M* steht dieser Lösekessel mit dem Holzzementkessel *A* in Verbindung. *P* ist ein Hahn zum Ablassen des kondensierten Wassers aus der Heizschlange.

Die Arbeit in dieser in jeder Hinsicht zu empfehlenden Einrichtung gestaltet sich nun so, daß vor dem Ablassen des Pechs aus 15 Tons Steinkohlenteer durch das Mannloch *C* in den Kessel *A* 500 bis 600 kg dunkles, amerikanisches Harz (Kolophonium) eingetragen werden, welches beim Zusammentreffen mit dem heißen Pech sofort schmilzt. Sobald die Temperatur des Kesselinhalts auf ungefähr 175 bis 200° zurückgegangen ist, werden die inzwischen in dem Lösekessel *J* in 2500 bis 2800 kg erschöpften Anthracenöls (Grünöl) gelösten 950 kg Schwefel in langsamem Strahl durch *M* nach dem Heben von *N* einfließen lassen und der Inhalt des Kessels durch den Lufrührer *D* mittelst komprimierter Luft gut durcheinander gearbeitet. Es beginnt eine lebhafte Entwicklung von Schwefelwasserstoff, und der Inhalt des Kessels beginnt zu schäumen. Sobald der Schaum sich gesetzt hat, was bei abgestelltem Rührer durch Öffnen des Mannlochs *C* konstatiert werden kann, wird eine Probe gezogen und dieselbe auf ihre Konsistenz durch Eingießen in kaltes Wasser geprüft, wie wir dies schon bei der Fabrikation des Goudrons gesehen haben. Meistens wird man die richtige Konsistenz getroffen haben oder höchstens noch einen geringen Zusatz von Öl machen müssen. Ist der Holzzement einmal zu dünnflüssig ausgefallen, so wird man einen Zusatz von Pech, unter Zuhilfenahme einer schwachen Anheizung machen müssen. Besser verfährt man natürlich, wenn man zum Lösen des Schwefels nicht alles Öl verwendet, welches man später der Masse zuzusetzen hat, sondern ein gewisses Quantum zurückbehält, um die richtige Konsistenz des Holzzements durch entsprechenden Ölzusatz nach und nach erreichen zu können.

Das Überhitzen des Dampfes geschieht in einem der bekannten Dampfüberhitzer in einer Feuerung auf ungefähr 320 bis 350° C.

Der fertige Holzzement wird, solange er noch dünnflüssig ist, durch einen Siebtrichter, wie wir ihn bei der Beschreibung der Fabrikation des Goudrons kennen gelernt haben, in die zum Versand bestimmten Fässer eingefüllt. Aus dem obigen Ansatz resultieren 12 000 bis 13 000 kg Holzzement von bester Qualität.

Ist man genötigt, den Holzzement aus fertigem Dachlack herzustellen, so geschieht die Fabrikation desselben in der schon früher beschriebenen Goudronpfanne wie folgt: In der Pfanne werden 150 kg Harz, 900 kg mittelhartes Pech und 500 kg präparierter Teer (Dachlack) eingeschmolzen, und sobald eine gleichmäßige Flüssigkeit erzielt ist, welche nicht mehr durch Entweichen von Wasserdampf aus dem Harz schäumt, werden 325 kg Schwefel eingeworfen und wird bei bedeckter Pfanne mit über das Dach führendem Abzug der Schwefel zum Schmelzen gebracht. Dies geschieht unter lebhafter Entbindung von Schwefelwasserstoff; man hat zu beobachten, daß die Temperatur der Flüssigkeit etwa 150 bis 200° nicht übersteigt. Ist dies der Fall und wird die Gasentwicklung zu heftig, so setzt man, am besten aus einem höher stehenden Reservoir, präparierten Teer zu, wovon insgesamt zu dem Ansatz 2700 kg gebraucht werden. Sobald ein Teil des Teers eingetragen ist, beginnt die Flüssigkeit unter Schaumbildung zu steigen, was man durch die am Deckel der Pfanne angebrachten verschließbaren Öffnungen beobachten

kann. Man hat die erwähnte Temperatur genau einzuhalten, und die Pfanne darf anfangs nur wenig über ein Drittel gefüllt sein. Man läßt den präparierten Teer nach und nach in einzelnen Portionen einfließen und behält den letzten Rest zurück, bis man die Konsistenz der Mischung wie oben geprüft hat.

Die Schaumbildung wird nach und nach geringer und die Gasbläschen werden immer kleiner und zahlreicher, bis ein Moment eintritt, in dem die blanke Oberfläche des Teers zutage tritt. (Die Arbeiter sagen: „der Holzzement zeigt einen Spiegel.“) Jetzt ist die Reaktion des Schwefels auf die Mischung vorüber. Man wartet noch kurze Zeit, bevor man den Deckel hochzieht, damit der im Inneren noch vorhandene Schwefelwasserstoff durch den Schlot entweichen kann. Sobald der Spiegel sich zeigt, entfernt man das Feuer unter der Pfanne. Nach dem Aufziehen des Deckels wird noch kurze Zeit kräftig durchgerührt und nach entsprechender Abkühlung der Holzzement, wie beschrieben, in die Versandgefäße übergeschöpft. Der Ansatz liefert etwa 4000 kg Holzzement.

Es muß hier ganz besonders darauf hingewiesen werden, daß diese Art der Holzzementfabrikation wegen des Auftretens des äußerst giftig wirkenden Schwefelwasserstoffgases, namentlich in der Hand chemisch unerfahrener Arbeiter, gefährlich ist. Man wird in allen Fällen, auch bei der Arbeit in geschlossenen Gefäßen, darauf dringen müssen, daß die Fabrikation nur im Freien oder in sehr gut ventilierten Räumen stattfinden darf und die schädlichen Gase durch gut wirkende Saugapparate fortgeschafft, und entweder durch Verbrennen oder Absorption in Trockenreinigern, mit Kalk und Eisenoxyd, ähnlich wie bei der Leuchtgasfabrikation, unschädlich gemacht werden.

G. Friedrich u. Co.¹⁾ stellen einen Holzzement, der sich kalt verarbeiten läßt, durch Mischen von rohem Steinkohlenteer, Braunkohlenteer, Steinkohlenteerpech, Harz, Schwefel, Melasse, Sirup, gelöstem Hartgummi, Firnisatz, Holzteer und rohem Harzöl her. Das Produkt enthält somit ziemlich alle industriellen Abfälle organischer Natur, und es befinden sich in der Tat auch einige darunter, deren Eigenschaften für den vorliegenden Zweck von Nutzen sein können. Welchen Vorteil freilich ein Zusatz von Melassesirup haben soll, ist unerfindlich.

Eines eigentümlichen Anstrichmittels aus Teer muß hier noch gedacht werden, das weder Lack noch Firnis ist, vielmehr als Wasserfarbe betrachtet werden muß.

Raschig²⁾ (s. unter Straßenteerung und Teermakadam) ist es gelungen, durch Verarbeitung mit einer Aufschwemmung von Ton in Wasser, den Teer in eine emulgierbare Form zu bringen, so daß er sich mit Wasser beliebig verdünnen und wie jede andere Wasserfarbe kalt verstreichen läßt. Er bringt ein derartiges Präparat zum Anstrich von Stein, Mauerwerk, Zement, Eisen und jedes andere Metall, Holz, Papier, Pappe oder Dachpappe unter der Bezeichnung „Kiton A“ in den Handel, das mit 1 bis 2 Gew.-Tln. Wasser verdünnt, kalt verstrichen werden kann, auch brauchen die anzustreichenden Gegenstände weder trocken noch warm zu sein.

Der Anstrich trocknet außerordentlich schnell, bleibt nicht klebrig und ist vom Augenblick an, wo er trocken wird, wasserfest und wetterbeständig, bleibt auch in der Sonnenwärme hart und läuft daher nicht wie ein gewöhn-

¹⁾ D. R.-P. Nr. 61 555. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 30 755, 1910.

licher Teeranstrich ab. Das Material besitzt vor gewöhnlichem Teer den Vorteil, daß der Teerkessel zum Erhitzen und die damit verbundene Feuergefahr fortfällt; es soll sich auch mindestens doppelt so schnell als letzterer verstreichen und auch mit Anstrichmaschinen aufbringen lassen, so daß es damit möglich ist, schwer zugängliche, hohe Eisenkonstruktionen oder Bauten ohne Gerüst anzustreichen.

2. Lacke und Firnisse aus Mischungen von natürlichem und künstlichem Asphalt.

Bei Herstellung von Produkten dieser Art verfolgt man wohl den Zweck, die Herstellungskosten zu verringern und die wertvollen Eigenschaften der natürlichen und künstlichen Asphalte sich gegenseitig ergänzen zu lassen. Im allgemeinen wird man nicht berechtigt sein, an solche Fabrikate die hohen Anforderungen zu stellen, die von Lacken aus natürlichen Asphalten verlangt werden, aber in vielen Fällen werden sie gewiß einen vollwertigen Ersatz für solche bieten. Sie werden, wie jene, nur für feinere Lackierungsarbeiten verwendet, und zu ihrer Herstellung dienen, außer natürlichen Asphalten, auch Pecher der verschiedensten Provenienz. Als Beispiele mögen folgende bekannt gewordenen Vorschriften dienen:

Feiner schwarzer Asphaltlack: 40 Tle. Steinkohlenteerpech, 5 Tle. syrischer Asphalt, 40 Tle. Kienöl oder Terpentinölersatz; oder nach Fr. Frank: 10 Tle. Gilsonit, 5 Tle. Thüringer Asphalt (Braunkohlenpech), 8 Tle. präpariertes Harz, 2 Tle. Firnis, 20 Tle. Benzin, 3 Tle. Benzol. Oder 8 Tle. syrischer Asphalt, 15 Tle. Steinkohlenteerpech, 16 Tle. gehärtetes Harz, 3 Tle. Firnis, 10 Tle. präparierter Teer, 20 Tle. Benzol, 6 Tle. Sikkativ.

Grundierlack: 4 Tle. Asphalt, 4 Tle. präparierter Teer, 4 Tle. Holzpech, 6 Tle. Standöl, 2 Tle. Ruß, 13 Tle. Benzin, 13 Tle. Benzol.

Lederlack (Militärlack), zum Lackieren von Lederriemen, Patronentaschen u. dgl.: Nach Seeligmann¹⁾ und Ziecke schmilzt man 10 Tle. Bergasphalt, 10 Tle. Teerasphalt, 10 Tle. amerikanisches Fichtenharz, 2 Tle. Wachs, 2 Tle. Paraffinöl und 40 Tle. Leinöl und fügt unter Umrühren 2 Tle. Pariserblau zu, bis die Schmelze Dämpfe ausstößt. Man zieht fortgesetzt Proben, bis sich die Masse in Fäden ziehen läßt und, heiß auf Papier getropft, keinen fettigen Randfleck mehr erzeugt; dann läßt man abkühlen und setzt bei mäßiger Temperatur 10 Tle. Terpentinöl und 10 Tle. Benzol hinzu. Das zu lackierende Leder wird vorher mit einer Lösung von 10 Tln. Methylviolett in 10 Tln. starkem Alkohol grundiert und nach dem Trocknen lackiert, worauf der Lacküberzug glänzend blauschwarz erscheint.

Nach Thenius²⁾ verfährt man zur Bereitung eines guten Lederasphaltlacks zum Auftragen auf einen Grundlack derart, daß man 20 kg Leinöl nach und nach mit 4 kg Braunstein versetzt und einige Stunden siedet, bis das Leinöl hinreichend dick geworden ist. Man entfernt den Kessel vom Feuer, läßt absitzen und filtriert durch Werg. Dann schmilzt man 5 kg amerikanischen Asphalt, 5 kg Steinkohlenteerasphalt, 5 kg amerikanisches Koloophonium, 1 kg gelbes Bienenwachs und 1 kg Paraffin zusammen, setzt der geschmolzenen Masse nach und nach obigen Leinölfirnis zu und läßt weitere zwei Stunden sieden, bis die Flüssigkeit vollkommen homogen geworden ist.

¹⁾ A. a. O., S. 900. — ²⁾ Die Verwertung des Steinkohlenteers, 1878, S. 131.

Darauf folgt ein Zusatz von 1 kg feinst pulverisierten Berlinerblaus, wonach das Kochen so lange fortgesetzt wird, bis der Firnis beginnt braune Dämpfe auszustoßen. Sobald eine Probe der Masse nach dem Erkalten sich in Fäden ziehen läßt und auf Papier keinen Fettfleck am Rand mehr zeigt, ist der Sud fertig. Man entfernt das Feuer, läßt etwas abkühlen und fügt dann nacheinander 5 kg rektifiziertes französisches Terpentinöl, 5 kg Benzol und zuletzt 5 kg absolut trockenes Chloroform hinzu. Der Lack wird, solange er noch warm ist, durch Werg filtriert; er trocknet außerordentlich schnell, zeigt tief blauschwarze Farbe und einen ausgezeichneten Glanz.

3. Lacke und Lackfirnisse aus natürlichem Asphalt.

Als Rohmaterial kommen hier nur Asphaltite in Frage, vor allem der syrische Asphalt, ferner Asphaltite amerikanischer Herkunft, wie Gilsonit, Grahamit und Manjac; auch kubanische Asphalte und solche von Ceylon kommen zur Verwendung, soweit sie sich als besonders rein erweisen. Dagegen sind Asphalte mit erdigen Beimengungen, wie z. B. der von Trinidad, schon des umständlichen Reinigungs- und Härtungsprozesses wegen, nicht zu gebrauchen.

Lacke und Lackfirnisse aus solchem natürlichen Bitumen werden sowohl in luft- als auch in ofentrocknender Ware hergestellt. Die letzteren sind fetter zu halten. Konsistenz und Trockenfähigkeit richten sich nach der Jahreszeit; auch muß dem Verwendungszweck und dem Kostenpreis weitgehend Rechnung getragen werden, so daß eigentlich jede Fabrik ihre eigenen Geheimrezepte besitzt. Von den Rezepten, die über die Herstellung derartiger Firnisse bekannt geworden sind, führen wir die folgenden an:

Nach R. Wagner¹⁾ stellt man Asphaltlack aus syrischem Asphalt auf folgende Weise her: Man kocht 29 kg Leinöl in einem eisernen Kessel bei gelindem Feuer, setzt 5 kg Asphalt, welcher geschmolzen und mit 10 kg Leinöl gemischt ist, zu und wiederholt den gleichen Zusatz noch dreimal. Unter Umrühren versetzt man den Kesselinhalt darauf allmählich mit 3 $\frac{1}{2}$ kg Mennige, 3 $\frac{1}{2}$ kg Bleiglätte und 1 $\frac{1}{2}$ kg Zinkvitriol und läßt die Masse einige Stunden lang kochen, bis eine herausgenommene Probe nach dem Erkalten sich leicht zu Pillen drehen läßt. Das fertige Produkt versetzt man mit 140 kg Terpentinöl und läßt es ein feines Drahtsieb passieren.

Eine andere Vorschrift für einen Asphalteisenlack lautet²⁾: 4 kg Asphalt werden in einem Kessel unter Zusatz von 7,2 Litern gekochtem Leinöl, 0,5 kg Bleiglätte, 0,25 kg Zinksulfat und 0,75 kg schwarzem Bernstein geschmolzen und eingedickt. Zum Gebrauch wird die Masse mit einer entsprechenden Menge Terpentinöl verdünnt.

Nöthling³⁾ gibt für den gleichen Zweck nachstehende Vorschrift an: Man schmilzt 2 Tle. Asphalt und setzt diesem $\frac{1}{2}$ Tl. Kolophonium zu. In das geschmolzene Gemisch werden 5 Tle. Leinölfirnis (100 Tle. kochendes Leinöl und 11 Tle. Silberglätte) allmählich unter Umrühren gemischt, ohne daß dabei die Masse aus dem Kochen gebracht wird. Während dieser Zeit schmilzt man andererseits 1 Tl. Bernstein mit $\frac{3}{8}$ Tln. Leinölfirnis und setzt diese Mischung der ersteren zu. Nach erfolgter guter Mischung ist der

¹⁾ Theorie u. Praxis der Gewerbe 5, 103. — ²⁾ Chemikerkalender 1902, Beil. S. 474. — ³⁾ Der Asphalt, S. 47.

Kessel vom Feuer zu nehmen, worauf der Inhalt mit 5 Tln. Terpentinöl verdünnt und durch Baumwolle filtriert wird. Auf 1 Tl. Asphalt nimmt man 0,75 Tle. Terpentinöl und 0,167 Tle. Leinölfirnis; man schmilzt zunächst den Asphalt, setzt dann den Leinölfirnis und nach einiger Abkühlung das Terpentinöl zu.

In der Praxis des einen von uns (E. G.) haben sich folgende Rezepte für Asphaltlack bewährt:

75 Tle. Bermudezasphalt, 25 Tle. Gilsonit werden zusammengeschmolzen und das Gemisch mit Lackbenzin bis zur Streichfertigkeit verdünnt. Eine Asphaltanstrichfarbe erhält man, wenn man 50 Tle. Gilsonit, 40 Tle. flüssigen Asphalt und 10 Tle. Leinöl zusammenschmilzt und auf 100 Tle. des Gemisches 60 Tle. Lackbenzin zufügt. Zur Herstellung eines Asphaltlacks, der sich besonders als Tauchlack für Eisenrohre eignet, wobei die Masse geschmolzen angewendet und die heißen Eisenrohre eingetaucht werden müssen, werden 50 Tle. flüssiger Asphalt oder Rückstand von asphaltischen Erdölen, 25 Tle. Bermudezasphalt und 25 Tle. Grahamit zusammengearbeitet. Der Grahamit muß vor dem Eintragen in die geschmolzene Masse fein pulverisiert werden, da er sich sonst nur sehr schwer löst.

Eine bei gewöhnlicher Temperatur flüssig bleibende asphalthaltige Anstrichmasse soll man nach Kasson und Sexton¹⁾ erhalten, wenn man Asphalt schmilzt, Petrolrückstandsöl und Handelsölsäure zusammenmischt und das Gemisch bei 100° C in den geschmolzenen Asphalt einträgt. Dann setzt man unter Rühren eine heiße Ammoniaklösung zu und man erhält eine Emulsion von oben beschriebenen Eigenschaften.

In der „Chem. Revue“ 1912, S. 155 wird folgendes Verfahren zur Herstellung eines feuerbeständigen Ofenlacks empfohlen: Gilsonit wird fein gepulvert und unter Zusatz von etwas Kopal in Leinölfirnis gelöst. Nach erfolgter Lösung wird die Masse mit verdicktem Holzöl bis zur Streichkonsistenz verdünnt. Mit der Menge des Ölzusatzes wächst die Temperatur und die Dauer des Einbrennens.

Nach Nöthling²⁾ erhält man einen guten Asphaltlack für Gußeisen durch Lösen von 60 Tln. gepulvertem Asphalt in 40 Tln. Benzol auf dem Wasserbad und Dekantieren der Lösung vom Rückstand. Man setzt der Lösung 2 1/2 Tle. Kopaivabalsam und 5 Tle. Elemiharz, in Benzol gelöst, hinzu.

Seeligmann und Ziecke³⁾ führen u. a. noch folgende Vorschriften an:

Asphaltlack für Holz: 100 Tle. Asphalt, 75 Tle. Terpentinöl, 17 Tle. gekochtes Leinöl.

Asphaltlack für Eisen: 12 Tle. geschmolzener Bernstein, 12 Tle. syrischer Asphalt, 10 Tle. Dicköl, 1 Tl. Bleiglätte, 35 bis 40 Tle. Terpentinöl.

Japanlack: 25 Tle. rohes Leinöl, 3 Tle. Pariserblau, 1,5 Tle. Bleiglätte, 18 Tle. Bernsteinkolophonium, 18 Tle. syrischer Asphalt, 90 Tl. Terpentinöl.

Fahrradlack: 10 Tle. Gilsonit, 10 Tle. Kopal, 10 Tle. Dicköl, 2 Tle. Sikkativ, 21 Tle. Terpentinöl.

Mattlack: 20 Tle. syrischer Asphalt, 20 Tle. Kopalöl, 20 Tle. Lacköl, 40 Tle. Terpentinöl.

¹⁾ Ver. Staaten-Pat. 998 691. — ²⁾ A. a. O., S. 249. — ³⁾ A. a. O., S. 894 u. f.

Mikroskoplack: 50 Tle. gekochtes Leinöl, 20 Tle. Bernsteinkolophonium, 15 Tle. Terpentinöl, 20 Tle. syrischer Asphalt, 20 Tle. Benzin.

Lederglanzlack: 200 Tle. Leinölfirnis, 40 Tle. Umbrapulver, 80 Tle. Asphaltpulver.

Nach Mothes¹⁾ kann man Asphaltbraun als Ölfarbe herstellen, wenn man 60 Tle. Lackharz mit 15 Tln. Terpentinöl zusammenschmilzt, indem man das Harz in kleinen Portionen einträgt. Hierauf setzt man 90 Tle. Asphalt und darauf 240 Tle. beinahe siedendes Leinöl und endlich 30 Tle. weißes Wachs zu. Man gießt die zusammengeschmolzene Masse auf einen Farbstein und reibt sie mit dem Läufer ab. Sie trocknet in 24 Stunden.

II. Elektrotechnische Isoliermaterialien.

Isoliermaterialien für die Elektrotechnik dienen in der Hauptsache zur Umhüllung des Elektrizitätsleiters, um Ablenkung des Stromes nach bestimmten Richtungen und dadurch verursachte Stromverluste und Unglücksfälle zu verhüten. Während bis vor etwa $\frac{1}{4}$ Jahrhundert die wichtigsten für diesen Zweck in Frage kommenden Isolierstoffe Porzellan, Kautschuk und Guttapercha waren, hat, infolge der immer weiter um sich greifenden Anwendung der elektrischen Energie auf allen Gebieten maschineller Tätigkeit, sich das Bedürfnis nach anderen Stoffen für diesen Zweck immer mehr geltend gemacht und hat durch sorgfältige Wahl der Rohmaterialien und gut durchgebildete Fabrikationsmethoden zu Isolierstoffen von gleicher Wirksamkeit und Beständigkeit geführt, die allen an sie gestellten Anforderungen durchaus gerecht werden. So ist eine neue Industrie ins Leben getreten, die als Spezialität die Herstellung elektrischer Isoliermaterialien und Isolatoren betreibt.

Nach E. Fischer²⁾ gelten als Anforderungen für ein gutes Isoliermaterial im allgemeinen die folgenden: 1. hohe Durchschlagsfestigkeit, 2. Feuerbeständigkeit, 3. große Dauerhaftigkeit, 4. genügende mechanische Festigkeit und 5. möglichst geringe Hygroskopizität. Von manchen Materialien, z. B. den Kabelwachsen, werden außerdem noch gute Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse, Geschmeidigkeit und ein nicht zu niedrig liegender Erweichungspunkt gefordert. Am wichtigsten ist die Durchschlagsfestigkeit, d. h. die zum Durchschlagen des Materials bei bestimmter Dicke erforderliche Spannung, die ein sicheres Urteil über den isolierenden Wert desselben zuläßt.

Für die Betriebssicherheit wichtig ist ferner die Feuerbeständigkeit der Materialien, doch sind viele derselben, besonders die Isoliermassen für Drähte und Ausgüsse aller Art, brennbar. Die Haltbarkeit kann insofern nur eine beschränkte sein, als die meisten organischen Stoffe unter dem Einfluß des Stromes mit der Zeit eine Veränderung erleiden, die teilweise mit der Wirkung des Sauerstoffs, Wasserdampfes, der Kohlensäure und anderer Bestandteile der Atmosphäre in Verbindung stehen, zum Teil aber auch auf den zerstörenden Einfluß des bei hochgespannten Strömen auftretenden Ozons zurückzuführen sind. Auch kann das vorzugsweise bei Lichtbögen auftretende Stickoxyd mit der Feuchtigkeit der Luft Salpetersäure bilden, die bei längerer Einwirkung starke Schädigung an den Metallteilen verursachen kann.

¹⁾ Baulexikon. — ²⁾ Gummiwelt 1911, S. 175 ff.

Größere Widerstandsfähigkeit ist namentlich bei Schalttafeln u. dgl. von Wichtigkeit, Temperaturbeständigkeit bei Maschinen, wo die Temperaturschwankungen ohne Formveränderung ertragen werden müssen. Geringe Hygroskopizität wird in allen jenen Fällen verlangt, wo elektrische Maschinen u. dgl. reichlichen Mengen von Wasserdampf ausgesetzt sind, durch dessen Aufnahme die Durchschlagfähigkeit der Isoliermaterialien erheblich verschlechtert wird. Indifferenz gegen die Wirkungen der Chemikalien usw. ist überall dort Bedingung, wo die Isoliermaterialien deren Dämpfen usw. ausgesetzt sind. Massen zum Ausgießen, z. B. von Kabelmuffen, müssen größere Geschmeidigkeit und Plastizität besitzen; ihr Erweichungspunkt darf nicht zu niedrig liegen, andererseits dürfen sie aber auch bei Temperaturen bis -30° nicht zu hart und spröde werden.

Die Isoliermaterialien kommen sowohl in flüssiger (Transformatoröle, Isolierlacke) als auch in fester Form von salbenartiger, wachsartiger, plastischer oder weichgummiartiger Konsistenz bis zur Härte des Hartgummis oder Schiefers zur Anwendung. Ihre Farbe und ihr Geruch hängen von der Natur der verwendeten Rohmaterialien ab und sind in vielen Fällen belanglos, können aber, wo es darauf ankommt, durch besondere Zusätze geändert werden. Ihre Verwendung in der Elektrotechnik ist eine ebenso vielseitige, wie die Zusammensetzung der Materialien selbst. Aus härteren Massen werden durch Pressen unter hydraulischem Druck Formstücke aller Art, wie Platten, Stäbe, Röhren, Spulen, Spulengehäuse, Rollen, Schaltergriffe, Sicherungshülsen, Akkumulatorengefäße, Anker- und Transformatorenteile, Bürstenhalter, Anschlußklammern, Instrumentengehäuse, Funkenlöscher und Isolatoren jeder Art gefertigt. Flüssige Isoliertgemische dienen als Lacke zum Anstrich oder Imprägnieren von Papier und anderen Stoffen, für Spulen- und Transformatorumwickelungen, weichere Kompositionen als Umhüllung für Kabel, als Kabelfüllmasse, zur Herstellung von Isolierband und zum Überziehen von Leitungsdrähten.

Die Rohmaterialien zur Herstellung dieser Isoliermittel umfassen eine große Anzahl einzelner Körpergruppen. Die Binde- und Imprägnierungsmittel sind meist organischen Ursprungs, wie fette Öle (Leinöl), Fette (Japantalg), Pflanzen-, Tier- und Mineralwachse, Mineralöle, Teeröle, Harzöle, Kautschuk, Guttapercha, natürliche und künstliche Harze (Kolophonium, Bakelite), Leim, Kasein und Albumin, Zelluloseacetate, natürliche und künstliche Teere und Asphalte u. dgl. andere Kunststoffe. Als Füllmittel dienen sowohl Stoffe organischen als auch anorganischen Ursprungs, wie Zellulose, Holzmehl, organische Faserstoffe, Glimmer, Asbest, Talkum, Kaolin, Schiefermehl, Glaspulver u. dgl. mehr. Fischer¹⁾ gibt eine auf Grund der Bestandteile aufgestellte Klassifikation der Isolierkörper, auf die verwiesen werden muß.

Von diesen Gruppen interessiert uns hier nur die der teer-, pech- oder asphaltartigen Isoliermaterialien, der eine beträchtliche Anzahl zufallen, die alle entweder natürliche oder künstliche Asphalte (Goudron, Pech) in solchen Mengen enthalten, daß die Produkte ein schwarzes Aussehen zeigen. Da diese Rohstoffe durch eine große Indifferenz gegen Säuren und Laugen ausgezeichnet sind und ziemlich niedrig im Preise stehen, so ist, wie Fischer hervorhebt, die Verwendung der damit hergestellten Isolierstoffe eine sehr

¹⁾ A. a. O., S. 175.

häufige und vielseitige. Mischungen von Asphalten oder Pechen mit Harzöl oder anderen Ölen, Wachsen, Harzen, Guttapercha oder Kautschuk werden schon lange als Bedeckungs- und Umhüllungsmassen für Kabelarmaturen, Vergußmassen für Kabel und Compounds, für Isolierbandmassen und viele andere Zwecke verwendet, und häufig bildet der Asphalt und die mit ihm verwandten Stoffe einen Bestandteil in schwarzen Gummiwaren, Kittmassen, Lacken und isolierenden Anstrichmitteln. Wir erwähnen aus der älteren und neueren Literatur hierunter nun die folgenden:

Unter dem Namen „Likonit“ stellt A. Cohen einen Guttaperchaersatz für elektrotechnische Zwecke aus einer Mischung von Petrolasphalt und Rohkautschuk her. Das Material soll sich zur Kabelisolierung gut eignen und sich bei gleichem Isoliervermögen von anderen derartigen Massen dadurch unterscheiden, daß es beim Erwärmen zwar ebenfalls klebrig wird, aber nach dem Erkalten seine frühere Beschaffenheit wieder annimmt, auch von verdünnten Säuren und Laugen nicht angegriffen wird und lange unter Wasser ohne Schädigung beständig ist.

Die Aktiengesellschaft Siemens u. Halske erhielt 1902 das Franz. Pat. 327745 auf die Herstellung eines Guttaperchaersatzmittels, wonach 100 Tle. gereinigtes Kolophonium mit 100 Tln. Karnaubawachs unter Zusatz von 40 Tln. Pech bei 170 bis 180° geschmolzen und mit 75 Tln. Kalkmilch verseift werden. Die Seife wird darauf im Knetapparat mit Rohkautschuk zusammengearbeitet.

Eine wasserdichte Masse zur Isolierung elektrischer Leitungen aus Asphalt, Harzen und Silikaten stellt Woodward nach dem D. R.-P. Nr. 18 902, 1881, her.

Albert Lessing¹⁾ erzeugt ein Produkt aus Steinkohlenteerpech für die Zwecke elektrischer Isolation dadurch, daß er die löslichen und gegenüber dem elektrischen Strom isolierend wirkenden Bestandteile von den unlöslichen und gut leitenden Stoffen trennt. Er löst das Pech in geeigneten Flüssigkeiten, filtriert die Lösung ab und dampft sie ein. Nach dem Abdestillieren des Lösungsmittels hinterbleiben die löslichen und isolierend wirkenden Bestandteile als plastische, ihrem Zwecke vollkommen entsprechende Masse.

Dankwerth und Sanders²⁾ stellen ein Material zum Überziehen elektrischer Leitungen her, indem sie gleiche Teile Teeröle und Hanföl mehrere Stunden auf 140 bis 150° erhitzen, bis sich die Masse zu langen Fäden ausziehen läßt, worauf noch 1 Tl. gekochtes Leinöl zugefügt wird. Auf 1000 Tle. dieses Gemisches geben sie dann noch 0,5 bis 1 Tl. Ozokerit und etwas Walrat und vulkanisieren die Masse schließlich mit 0,6 bis 0,8 Tln. Schwefel. In diesem Falle wird also der Asphalt erst durch die Einwirkung des Schwefels auf die angewendeten Öle in dem Prozeß selbst erzeugt.

A. Gentzsch³⁾ erhitzt Ozokerit, Asphalt und Bernstein in geeigneten Mengenverhältnissen in einer Destillierblase auf eine Temperatur von etwa 400° C; es entweichen Wasser, leichte und schwere Öle, sowie Gase, und das Erhitzen wird so lange fortgesetzt, bis in der Vorlage kein Destillat oder Entweichen von Gasen mehr zu bemerken ist. Die zurückgebliebene Masse besitzt nach dem Abkühlen eine butterähnliche, geschmeidige Konsistenz und kann entweder für sich allein oder in Mischung mit anderen Substanzen für

¹⁾ D. R.-P. Nr. 98278. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 9620. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 79 110, 1893.

Kabelisolation und als Verbindungsmasse für die Muffen der Kabel verwendet werden.

Nach einem späteren Patent sucht Gentsch¹⁾ den Schmelzpunkt von Asphalt, Wachsorten u. dgl. dadurch zu erhöhen, bzw. das Düninflüssigwerden derselben bei höherer Temperatur zu verhindern, daß er diesen auf eigentümliche Weise einen mineralischen Füllkörper inkorporiert. Die die Verdickung bewirkenden Substanzen, wie kohlenaurer Kalk oder Magnesia, Magnesiumhydrat, Gips oder Eisenoxyd, werden in Wasser gelöst oder suspendiert und tropfenweise unter stetem Umrühren in die auf mehr als 100° erwärmte Masse eingeführt, bis die erwünschte Zähigkeit erreicht ist. Dabei kann der Zusatz an Salzen selbst auf die Mengen, welche in dem in der Natur vorkommenden Wasser gelöst sind, beschränkt werden.

F. Basenau²⁾ erhitzt zur Herstellung eines elektrotechnischen Isoliermaterials besten Naturasphalt zwecks Reinigung auf 160° und mischt die Schmelze dann im Verhältnis von 7:3 oder 4:6 mit Petrolpech. Darauf wird 1 Proz. Tonerdehydrat, in wenig Essigsäure gelöst, hinzugefügt und schließlich werden in die Masse noch ungefähr 7 Proz. Kolophonium und 8 Proz. Alkali eingearbeitet. Unter beständigem Rühren wird die Masse einige Zeit flüssig gehalten, worauf man sie abkühlen läßt. Ihr Erweichungspunkt liegt bei etwa 70°, sie erhärtet schnell beim Erkalten, ist geschmeidig, wasser-, säure- und alkalibeständig und zum Überziehen von Drähten vorzüglich geeignet.

F. Manioth³⁾ stellt durch Erhitzen von Petrolasphalt mit 4 bis 5 Proz. Kreolin eine ähnliche Mischung zum gleichen Zweck her. E. Öhmig⁴⁾ benutzt Steinkohlenteergoudron in Mischung mit natürlichem Weichbitumen zur Herstellung eines Isoliermaterials, wobei er wie folgt verfährt: auf tierische oder pflanzliche Fette oder fette Öle läßt man längere Zeit bei höherer Temperatur oxydierende Substanzen einwirken, die sich unter Aufhebung der doppelten Bindung der Kohlenstoffatome der ungesättigten Fettsäuren anzulagern vermögen. Die erhaltenen, zähflüssigen Reaktionsprodukte werden darauf mit Goudron oder diesem ähnlichen Stoffen bei höherer Temperatur innig vermischt.

Neuerdings sind auch andere Peche tierischen und pflanzlichen Ursprungs zu Isolierzwecken herangezogen worden, z. B. Stearin- und Wollfettpech, Knochenölpech, Holzteer- und Kottonölpech u. dgl., sie erweisen sich aber nach Fischer⁵⁾ weniger indifferent gegen chemische Einflüsse, z. B. gegen alkalische Flüssigkeiten. So behandeln L. Bäärnhelm und A. Jernander⁶⁾ Stearinpech bei 120° mit Schwefel. Dabei schäumt die Masse stark auf und es entweicht viel Schwefelwasserstoff; die Temperatur läßt man schließlich auf 155° steigen. Ein gutes Verhältnis für den Ansatz ist 74 Tle. Stearinpech und 26 Tle. Schwefel für eine harte, und 70 Tle. Stearinpech, 10 Tle. Schwefel und 20 Tle. Leinöl für eine weiche Isoliermasse. Nach Angabe der Erfinder besitzt dieses Produkt eine große isolierende Kraft und Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und die Witterung, und eignet sich daher vorzüglich zu Isolationen in Akkumulatorenräumen.

Aus Stearinpech soll nach dem D. R.-P. Nr. 217 026, 1906 von A. Vogel-sang ein Isoliermaterial in der Weise gewonnen werden, daß weiches, unter

¹⁾ D. R.-P. Nr. 111088, 1899. — ²⁾ Franz. Pat. 320 198, 1902. — ³⁾ Engl. Pat. 10 699, 1907. — ⁴⁾ D. R.-P. 132 661, 1891. — ⁵⁾ A. a. O., S. 231. — ⁶⁾ D. R.-P. 77 810.

100° schmelzendes Stearinpech auf etwa 250 bis 300° erhitzt wird, worauf es zu einer festen, unschmelzbaren, sehr biegsamen und harten Masse erstarrt. Durch Auflösen des Stearinpechs in Benzol und Zusatz von Teer, Harzen, Magnesiumkarbonat, Talkum usw. sollen ferner nach dem Franz. Pat. 385 806, 1907 von M. Dupré und S. Icard brauchbare Isoliermassen zu gewinnen sein.

Nach einem Verfahren der „Vereinigten Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Wien“¹⁾ kann aus den gewöhnlichen Sorten des Trinidadasphalts, beispielsweise durch Abtreiben von 10 Proz. der flüchtigen Bestandteile, eine Masse erhalten werden, welche einen Schmelzpunkt von 180° zeigt und vollständig in Benzin löslich ist. Sie eignet sich vorzüglich zur Herstellung von schützenden Überzügen, als Ausfüllungsmittel, als Isolations- oder Kittmittel, da sie bei diesen Verwendungszwecken häufig Temperaturen widerstehen muß, die oft weit über 100° liegen. Das Verfahren besteht darin, daß der Asphalt einer trockenen Destillation unterworfen wird, welche so rechtzeitig zu unterbrechen ist, daß noch keine Zersetzung unter Abscheidung von Kohle eintritt. Die rechtzeitige Unterbrechung der Destillation ist das wesentliche Moment des Verfahrens, da der Retorteninhalte nur in diesem Falle noch homogen ist, d. h. keine freie Kohle aufweist und in Lösungsmitteln löslich ist. (Wo bleiben die 35 bis 40 Proz. Asche des Asphalts? D. V.)

Als Ersatz für Hartgummi, Porzellan u. dgl., zur Herstellung fester Formstücke für elektrische Isolatoren, werden vielfach Präparationen aus natürlichen und künstlichen Asphalten mit oder ohne Zusatz von Harzen, Kautschuk, Schellack u. dgl. als Bindemittel und geeigneten Füllmaterialien, wie Glimmer, Asbest, Talkum, Glaspulver, Graphit u. dgl. hergestellt, die in der Regel durch hydraulischen Druck in Formen unter Heißpressen gestaltet und gleichzeitig mit allen erforderlichen Metalleinlagen versehen werden.

So bedient sich die Firma „Elektrische Isolierkörperfabrik Pyrisolith (A.-G.)“ in Budapest des natürlichen Asphalts oder Bitumens zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen für diesen Zweck. Mineralpulver, wie Gips, Kalk, Quarz, Magnesit, Kaolin u. dgl. werden zunächst auf 70 bis 100° erhitzt und dann unter fortwährender Wärmezufuhr und Rühren die bituminösen Stoffe, Asphalt oder Goudron, kalt in Stücken im Verhältnis von 89 bis 93 Tln. des Pulvers auf 7 bis 11 Tle. des Bitumens eingetragen. Nach inniger Mischung entsteht ein trockenes, lose zerfallendes Pulver, das, zur Formgebung auf 140 bis 180° erhitzt, in Formen durch hohen Druck auf etwa die Hälfte des Schüttvolumens zusammengepreßt wird. Nach dem Auseinandernehmen der Formen muß man die Gegenstände langsam erkalten lassen.

J. A. Fleming²⁾ nimmt scharf getrocknetes Holz, besonders das der englischen Pappel, und behandelt es unter Druck mit einem Gemisch von 2 Tln. Pech oder Asphalt und 1 bis 2 Tln. Paraffin, Anthracen oder Harz. Statt des festen Holzes kann man auch Holzstoff, Faserstoff, Papiermasse verwenden und den in der Wärme plastischen Teig unter Druck in Formen pressen.

H. Lake³⁾ stellt ein Material zum gleichen Zweck aus einem Gemisch von Faserasbest, Gips und Wasser her, formt die Masse und durchtränkt die Formstücke nach dem Trocknen mit einem Gemenge von geschmolzenem Pech, Kautschuk und Schwefel. R. Müller⁴⁾ mischt Asbest mit einer Lösung von

¹⁾ D. R.-P. 110 302, 1899. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 77 810. — ³⁾ Engl. Pat. 18 920, 1904. — ⁴⁾ D. R.-P. Nr. 167 166.

Pech in leicht flüchtigen, organischen Lösungsmitteln, formt die Masse durch kaltes Pressen und läßt die Gegenstände, die säure- und alkalifest, sowie mit dem Werkzeug leicht bearbeitbar sind, trocknen.

Durch das Engl. Pat. 6402, 1904 der British Thomson-Houston Co. Ltd. wird eine aus 67 Tln. gemahlener Mineralschlacke, 10 Tln. Asbest, 23 Tln. eines Harzgemenges aus Kaurikopal, Gilsonit und Kolophonium zusammengesetzte Masse geschützt, die gleichfalls durch Pressen zu Formstücken verarbeitet wird. Die Société Anonyme Mathey u. Co. stellt nach dem D. R.-P. Nr. 177 671, 1904 ein Gemisch von 10 Proz. Asbest, 90 Proz. Sparkalk und Wasser her, das nach dem Formen und Trocknen in einer heißen Mischung von Pech und Schwefel imprägniert wird.

Nach dem D. R.-P. Nr. 228 706 von S. Lissauer wird eine innige Mischung von Wasserglas und Asphalt mit Kieselgur zu einer homogenen Masse verarbeitet, welcher darauf konzentrierte Lösungen von phosphorsaurem und wolframsaurem Natron, sowie Dextrin zugesetzt wird. Die gut verarbeitete Masse wird getrocknet und pulverisiert und läßt sich darauf in der Wärme unter Druck in jede beliebige Form pressen; sie besitzt den Vorzug der Wasserdichtigkeit und Feuersicherheit.

Eine Reihe derartiger Produkte steht unter Markenschutz und erfreut sich eines berechtigten guten Rufes. Wir nennen darunter besonders das „Eshalit“ der Firma Siemens u. Halske, A.-G., das „Gummon“ der „Münchener Isolatorenwerke“, das „Ambroin“ der „Vereinigten Isolatorenwerke Berlin-Pankow“ und das „Festonit“ der „Vakuum-Preßgut G. m. b. H.“ in Berlin-Weißensee. Über die meisten dieser Produkte hat K. Wernecke in seinem Werk „Die Isoliermittel der Elektrotechnik“, Braunschweig 1911, Untersuchungen angestellt, auf die hiermit verwiesen sei.

Von größter Wichtigkeit für die Elektrotechnik sind endlich die Isolierlacke, die eine ausgedehnte Verwendung zum Überziehen von Ankerspulen, Drahtwickelungen und größeren Flächen finden. Es sind dies meist Lösungen von Harzen (Schellack) in trocknenden Ölen mit oder ohne Zusatz von Kautschuk, von denen die letzteren sich als am geeignetsten erwiesen haben. Nach Pollatschek sind Harzölmischungen am widerstandsfähigsten.

Einen Isolieranstrich für elektrotechnische Zwecke stellt P. Jansen¹⁾ durch Lösen von 19 Tln. Dammarharz und 5 Tln. syrischem Asphalt in 20 Tln. Terpentinöl im geschlossenen Kessel mit Rührwerk und Rückflußkühler und darauf folgendes Abtreiben des Terpentinöls, bis der Rückstand 20 bis 25° Bé zeigt, her. In diese Lösung wird dann auf der Farbreibmühle bei 80 bis 90° eine innige Mischung von 28 Tln. eines Gemisches aus gleichen Teilen Graphit und Chinaclay mit 21 Tln. Terpentinöl gut eingearbeitet. Nach Zusatz von 10 Tln. Benzin ist die Masse gebrauchsfertig.

P. Boerche²⁾ erhitzt Stearinpech auf 220 bis 285°, wodurch es in eine unlösliche, hitzebeständige Masse übergeht. Die zu isolierenden Gegenstände werden mit dem unveränderten, geschmolzenen Stearinpech überzogen und darauf auf 220° erhitzt. Für die Herstellung eines schwarzen Isolierlackes geben Seeligmann und Ziecke³⁾ folgende Vorschrift: 20 Tle. besten Asphalts und 4 Tle. Schwefel werden in 50 Tln. Leinöl unter Rühren zusammen-

¹⁾ D. R.-P. Nr. 93 309. — ²⁾ Amer. Pat. 842 615 (1907). — ³⁾ A. a. O.
Köhler, Asphalte. 2. Aufl.

geschmolzen. Die Mischung wird sechs Stunden auf 170° gehalten und dann mit Terpentinöl entsprechend verdünnt¹⁾.

Ein ähnliches Verfahren wird in der Zeitschrift „Kunststoffe“ 1911, S. 119 beschrieben. Danach werden 22 Tle. Asphalt mit 4 Tln. Schwefel und 34 Tln. Leinölfirnis längere Zeit bei etwa 180° C erhitzt, bis das Schäumen der Flüssigkeit aufhört und eine spiegelnde Oberfläche eingetreten ist. Nach erforderlichem Abkühlen werden derselben 40 Tle. Terpentinöl zugesetzt. An gleicher Stelle findet sich noch folgende Vorschrift: Man schmilzt 14 Tle. Steinkohlenteerasphalt, 18 Tle. amerikanischen Asphalt und 12 Tle. dunkles Kolophonium zusammen und löst die Schmelze in 12 Tln. Leinölfirnis und 4 Tln. Harzöl. Die Mischung wird unter Zusatz von $\frac{1}{4}$ Tl. Manganoxydhydrat oder 5 Tln. Bleimennige oder Bleiglätte oxydiert und nach entsprechender Abkühlung in 10 Tln. Benzol und 30 Tln. Schwerbenzin gelöst.

Das hohe Isolationsvermögen der Isolierlacke, die unter Verwendung von Asphalten hergestellt worden sind, wird hier noch besonders hervorgehoben. Nach Fischer²⁾ ist zu diesen Lacken auch der „Preolit“ der Firma A. Prée in Dresden zu rechnen, ein säurefester, gut isolierender Teerlack, der nach dem Anstreichen rasch trocknet und dann nicht mehr abspringt. Pollatschek³⁾ und Dolph⁴⁾ haben Untersuchungen über Isolieranstriche auf Basis der elektrotechnischen Anforderungen angestellt; ausführlich berichtet darüber das Werk von Seeligmann und Ziecke, S. 589 ff., auf welche Veröffentlichungen hiermit verwiesen sei.

Mit der Verwendung des Asphalts zur Herstellung von Isoliermaterialien ist dessen Rolle in der Elektrotechnik noch nicht erschöpft. Erhebliche Mengen von künstlichem Asphalt (Steinkohlenteer) werden in der Fabrikation von elektrischen und galvanischen Kohlen aller Art, wie Elektroden, Lichtkohlen, Schleifkontakte, Mikrophonkohle, Elementkohle usw., als Bindemittel beim Preßprozeß verbraucht. Hier spielt der Asphalt nur die Rolle eines beim Glühprozeß unter Sinterung freie Kohle liefernden Mittels, tritt also später als solcher nicht mehr in Wirkung.

R. A. Fressenden⁵⁾ löst Asphalt in Chloroform und behandelt die Lösung wiederholt mit Salpetersäure. Nach dem Verdunsten des Chloroforms und geeigneter Behandlung des Rückstandes mit Chloralhydrat erhielt er eine Paste, die sich in dünne Fäden ausspritzen und auf vorzüglich geeignete Kohlefäden für Glühlampen verarbeiten ließ.

III. Kautschukersatzstoffe.

Ein Teil der im vorigen Abschnitt erwähnten Produkte gehört auch hierher. Weltproduktion und Verbrauch an Kautschuk decken sich nahezu, was einen hohen Preis und lebhaftere Preisschwankungen in diesem gesuchten Artikel zur Folge hat. Die Bestrebungen, Ersatzstoffe dafür zu schaffen, reichen weit zurück, und unter anderen hat man auch den Asphalt als Rohmaterial für derartige Surrogate herangezogen. Sie werden wohl selten für

¹⁾ Hierbei dürfte beträchtliche Entwicklung von Schwefelwasserstoff eintreten, so daß die Ausführung dieses Verfahrens ohne besondere Schutzvorrichtungen nicht ungefährlich sein wird. D. V. — ²⁾ A. a. O., S. 223. — ³⁾ Farbenztg. XIII, Nr. 11. — ⁴⁾ Amer. Electrician 1905, Nr. 4; Farbenztg. X, Nr. 40. — ⁵⁾ Chem. News 1892, 65, 736.

sich allein verwendet, vielmehr meist als teilweiser Ersatz des Kautschuks unter der Bezeichnung „Factice“ zur Herstellung von Gummiwaren verbraucht, bei denen es weniger auf große Haltbarkeit als auf billigen Preis ankommt.

Man erzeugt Surrogate in der Regel aus trocknenden oder leicht verharzenden Ölen, welche durch Eindampfen an der Luft noch besonders eingedickt, durch oxydierende Substanzen verharzt und in einen kautschukähnlichen Zustand gebracht werden. Es sind vor allem gekochtes Leinöl, sogenannter Leinölfirnis, schweres, dickes Harzöl, welche in dieser Surrogatindustrie Verwendung finden, gleichzeitig mit einem mehr oder minder großen Zusatz von Harzen oder Asphalt, welche das Produkt noch verbilligen und ihm angeblich erst die richtige Konsistenz und Elastizität verleihen.

Wenn einzelne dieser Produkte auch einen hohen Grad der Vollkommenheit erreichen, so sind sie doch weder in bezug auf Elastizität, noch besonders auf ihre Beständigkeit dem natürlichen Produkt ebenbürtig; aber sie lassen sich, wie dieses, vulkanisieren und sind daher wohl geeignet, in passender Mischung mit natürlichem Kautschuk diesen in billigeren Gummiwaren zu ersetzen.

Ein sehr brauchbares Produkt soll man erhalten, wenn man ein Gemisch von Leinöl und Harzöl unter Zusatz von gereinigtem Trinidadasphalt oder Steinkohlenteerpech über freiem Feuer zu einem dicken Firnis einkocht und diesen dann in offenen Steingutschalen mit verdünnter Salpetersäure so lange erhitzt, bis diese nahezu verschwunden ist. Ein wiederholtes Auskochen der Masse mit Wasser oder schwachen Alkalilösungen soll ein Produkt hinterlassen, welches sich nur wenig von natürlichem Kautschuk unterscheidet. Die Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandteile hängen von der Beschaffenheit des verwendeten Harzöls und Asphalts ab. Das Kochen des Firnisses erfolgt in Firnissiedekesseln auf die bekannte Art und Weise.

Nach Ditmar¹⁾ dienen der durch Destillation bis 280° eingedickte, wasser- und naphthalinfreie Steinkohlenteer bzw. das Pech vom Erweichungspunkt von etwa 100°, entweder als solche oder in Mischung mit Asphalt, Karnaubawachs u. dgl. als Zusatz zu dunkeln Kautschukmischungen, bei denen sie die Porosität und Wasseraufnahmefähigkeit vermindern, die Gasdichtigkeit erhöhen und das Ausblühen von Schwefel nach dem Vulkanisieren verhindern; solche Zusätze sollen ferner das Mischen auf der Walze erleichtern und die Waren selbst haltbarer machen; ein Irrtum dagegen ist es, anzunehmen, daß sie auch die Oxydationsfähigkeit des Kautschuks vermindern. Solche Materialien finden ihre hauptsächlichste Anwendung zu Kabelisolierungen.

Ein derartiges Produkt bringt E. Dyckerhoff²⁾ unter dem Namen Kautschukasphalt auf den Markt.

Große Verwendung haben in neuerer Zeit besonders die härteren Asphaltarten Grahamit, Gilsonit, Uintahit u. dgl. in der Gummifabrikation gefunden, teils als Zumischung zu Hartgummi, teils als Zusatzmittel für andere Gummiwaren. Besonders geeignet sind sie für diesen Zweck, nachdem sie mit schweren Mineralölen aufgeschlossen sind. Grahamit gibt, in

¹⁾ Analyse des Kautschuks, S. 128 u. 130. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 205 770 u. Zusatzpatente Nr 226 519 u. 226 520.

schweren Ölen oder in Bergteer aufgelöst, eine biegsame, zähe Masse, die sich besonders als Zusatzmittel für weichere Gummiartikel eignet. Charles E. Anthony¹⁾ führt Wurtzilit in eine kautschukähnliche Masse über durch Erhitzen im Autoklaven auf 300° C, teilweises Abkühlen und weitere Behandlung wie beim Kautschuk. H. Thompson²⁾ geht gleichfalls von Wurtzilit aus und setzt der geschmolzenen Masse zur Verbesserung ihrer Eigenschaften härtende Materialien, wie Hornblende, Asbest, Seifenstein, eventuell unter gleichzeitiger Behandlung mit Schwefel zu. W. F. Doerflinger und L. H. Buck³⁾ erhitzen Wurtzilit in Gegenwart eines schmelzbaren Harzes oder Asphalts bis zur Erzielung einer homogenen Schmelze, der sie vor dem Abkühlen Kautschuk u. dgl. zusetzen.

Daß der Asphalt als Surrogat in der Kautschukindustrie wertvolle Dienste zu leisten vermag, ist längst bekannt. Gewisse in der Natur vorkommende und zu dieser Körperklasse gehörige Produkte, wie z. B. der Elaterit, besitzen bis zu einem gewissen Grade die Elastizität des Kautschuks. Elaterit wurde zuerst bei Angers (Frankreich) aufgefunden, später fanden sich noch Ablagerungen desselben in Castleton (Derbyshire), Odin bei Alteland (Cooing-distrikt in Südastralien), Wasatch County (Utah, Vereinigte Staaten) und anderen Orten. Elaterit ist eine dicke, weiche bis spröde Masse von klebrigen Eigenschaften und dunkelbrauner Farbe. Seine Zusammensetzung entspricht der eines Kohlenwasserstoffs der Reihe C_nH_{2n} , mit 87 Proz. Kohlenstoff und 13 Proz. Wasserstoff, und er gelangt unter der Bezeichnung Elaterit oder „Mineralkautschuk“ in den Handel.

Nach Lowell L. Lindley⁴⁾ bilden den Grundstoff von allen Typen Mineralkautschuk asphaltartige Körper, die bei genügend hoher Temperatur Gase entwickeln, die beim Auftreten unterhalb der Vulkanisationstemperatur unschädlich sind, aber in geschlossenen Formen poröse Artikel liefern, wenn die Zersetzung unterhalb oder in gleicher Temperatur mit der bei der Vulkanisation üblichen Wärme stattfindet. Mineralkautschuke besitzen sonst für Mischzwecke sehr gute Eigenschaften. Sie sind wasserfest, widerstandsfähig gegen Säuren und Alkalien und vorzügliche Isolatoren für den elektrischen Strom. Sie sind haltbarer als andere Zusätze und geben bei sachgemäßer Verwendung Mischungen von guter Lebensdauer bei erheblich billigerem Preis.

Nach F. Fenton⁵⁾ mischt man trocknende Öle, wie Leinöl, Hanföl, Nußöl oder Kottonöl mit Teer oder ähnlichen Destillationsprodukten und behandelt die Mischung mit verdünnter Salpetersäure, zuerst bei gewöhnlicher Temperatur, dann in geheizten Pfannen, Platten oder dergleichen. Die so erhaltene elastische Masse kann vulkanisiert werden und dient als Kautschukersatz. Für künstliche Guttapercha mischt man vor der Salpetersäurebehandlung 1 bis 20 Proz. Schellack hinzu. Durch Zusatz von gelöschtem oder ungelöschtem Kalk erhält man härtere Massen. Das Verhältnis von Teer oder Pech zu Öl soll etwa 5:75 betragen; geringere Teerzusätze veranlassen die Bildung kautschukähnlicherer Körper.

Zühl und Eisenmann⁶⁾ stellen einen Kautschuk- oder Guttaperchaersatz her, indem sie Harze oder harzartige Körper, wie Pech und Asphalt, mit

¹⁾ Amer. Pat. Nr. 620 082. — ²⁾ Amer. Pat. Nr. 655 131 u. 716 787. — ³⁾ Amer. Pat. Nr. 903 275. — ⁴⁾ India Rubber World 1912, vom 1. Oktober. — ⁵⁾ Engl. Pat. Nr. 16 548 vom 24. November 1896. — ⁶⁾ D. R.-P. N^o. 119 635.

chinesischem Holzöl unter Erwärmung mischen und die Mischung nacheinander mit Chlorschwefel behandeln und mit Schwefel erhitzen; oder sie lösen in dem zuvor mit Chlorschwefel behandelten Holzöl das Harz, Pech oder den Asphalt auf; eine dritte Ausführungsform besteht darin, daß sie die Mischung von Harz, Asphalt oder Pech mit Holzöl längere Zeit auf 200 bis 300° erhitzen und dann vulkanisieren, oder daß sie dem Gemisch noch Paraffin zusetzen und dann wie oben behandeln.

In einem Zusatzpatent setzen dieselben¹⁾ der Masse noch außerdem Kautschuk zu und ändern das Verfahren dahin ab, daß sie Kautschuk oder Kautschukabfälle in Naphthalin lösen, zur Lösung die im Hauptpatent angegebene Masse hinzufügen und dann das Naphthalin durch Wasserdampf abtreiben. Endlich geben sie noch eine Ausführungsform des Verfahrens, welche darin besteht, daß man Kautschuk oder Kautschukabfälle in Naphthalin löst, zur Lösung Holzöl, Harz bzw. Asphalt, Pech u. dgl. hinzufügt und nach dem Abtreiben des Naphthalins mittels Wasserdampf den Destillationsrückstand vulkanisiert.

Einen Kunstkautschuk gewinnt E. Bonnet²⁾ durch Mischen von Wachs, Gummilack, Teer, Harz, Bitumen mit Magnesiumcarbonat und Gummiabfällen, P. C. Bell³⁾ durch Erhitzen von vegetabilischen Ölen, flüssigem Teer, Petroleumrückständen u. dgl. mit Schwefelblumen unter Zusatz von Talkum. L. Grote⁴⁾ mischt geschwefelte Kohlenwasserstoffe, Pech und Füllmittel mit Stärke, die vorher mit Erdalkalichloriden verkleistert worden ist, zur Erzielung gummiähnlicher Massen.

E. Müller⁵⁾ nimmt phenolhaltige Teeröle als Bindemittel zur Herstellung einer plastischen Masse aus Asphalt, Pech und faserigem Asbest. H. v. d. Heide⁶⁾ erhält gummiähnliche, isolierende Massen durch Mischen von Pech mit schweren Teerölen, Emulgieren des Gemisches mit Alkaliseifenlösungen und Oxydieren der Emulsion mit anorganischen Säuren.

Kompositionen von Asphalt mit Kautschuk und Guttapercha sind schon seit langer Zeit bekannt, und es ist ein solcher Zusatz für die Fabrikation mancher Gummiartikel in kleinen Quantitäten und nicht über 10 Proz. nach der „Gummizeitung“ 1902, S. 694 auch erlaubt. Da aber der Asphalt ein sehr variables Material ist, so ist es nötig, die brauchbaren Varietäten auszusuchen. Der Schmelzpunkt des Asphalts sollte bei einem spez. Gewicht von 1,05 nicht unter 100° liegen, und es ist für die meisten Zwecke um so besser, je schwerer der Asphalt schmilzt. Für die Fabrikation von Gummischuhen kann auch ein Asphalt von niedrigerem Schmelzpunkt, der dann mit einem Mineral- oder Teeröl zu einer teigartigen Masse verarbeitet wird, ja selbst Steinkohlenteer⁷⁾ unter Zusatz von Harz oder Wachs zum Schwarzfärben verwendet werden. Der Gebrauch derartiger Mischungen erfordert aber große Vorsicht, weil sonst leicht der Gummi für die spätere Bearbeitung oder Vulkanisierung zu weich wird.

Goodyear⁸⁾ erhitzt die beiden Substanzen unter Wasser im geschlossenen Kessel bis zum Schmelzpunkt und vereinigt sie durch gutes Umrühren; es

¹⁾ D. R.-P. Nr. 119 637. — ²⁾ Franz. Pat. 347 943. — ³⁾ Amer. Pat. 626 479. — ⁴⁾ D. R.-P. Nr. 215 682. — ⁵⁾ Engl. Pat. 23 093, 1907; 24 052, 1907. — ⁶⁾ Amer. Pat. 903 287. — ⁷⁾ Gummizeitung 1900, S. 35, 52, 69. — ⁸⁾ Dingl. Polyt. Journ. 148, 158.

können der Mischung nach dieser Behandlung beliebige Zusätze, auch Schwefel, eingeknetet werden, um die daraus hergestellten Gegenstände zu vulkanisieren.

Sorel¹⁾ schmilzt in einem Kessel 2 Tle. Kolophonium, 2 Tle. Asphalt oder Pech, 8 Tle. Harzöl unter Umrühren zusammen und versetzt das Gemisch nach und nach mit einem Brei aus 6 Tln. Kalkhydrat und 3 Tln. Wasser. Unter beständigem Umrühren werden darauf 12 Tle. feingeschnittener Guttapercha, und sobald das ganze Gemisch flüssig geworden ist, 10 Tle. Ton möglichst innig zugemischt. Darauf wird mehr Wasser zugegeben, zum Kochen erhitzt und die Masse unter Wasser so lange zerteilt und zusammengeknetet, bis sie gänzlich homogen geworden ist. Hierauf wird sie getrocknet und ein Walzwerk passieren lassen.

Sogenannten künstlichen Kautschuk erzeugt G. Verbeeckmoes²⁾ dadurch, daß er ein Gummisurrogat, bestehend aus etwa 40 Proz. in heißem Wasser gelöster Gelatine, etwa 25 Proz. Glyzerin, 3 Proz. Kalkphosphat, 1 Proz. Tanninlösung und etwa 6 Proz. Asphalt, in heißem Zustande in geeigneter Weise gemischt, vermittelst einer konsistenten Masse, welche aus etwa 6 Proz. konzentrierter Sodalaug, etwa 5 Proz. Ölsäure und etwa 89 Proz. rohem St. Champöl (Destillationsprodukt aus dem bei Ain, Frankreich, vorkommenden bituminösen Material) besteht, mit natürlichem Kautschuk vereinigt.

Punshon³⁾ erhitzt Ozokerit, Asphalt und ähnliche Stoffe mit 25 Proz. oxydiertem Öl und 5 Proz. Schwefel längere Zeit auf 95° und verarbeitet die Masse dann weiter wie Kautschuk.

Nach G. H. Lang⁴⁾ hat sich die nachstehende Komposition als ein der Guttapercha in ihren Eigenschaften nahezu gleichwertiges Material erwiesen:

Besonders präparierter Asphaltgoudron	45 Proz.
Kolophonium	40 „
Terpentinöl	10 „
Leinöl	5 „

Dem zum Kochen erhitzten Goudron wird zunächst das Kolophonium zugegeben, und wenn beide Stoffe innig gemischt sind, das Terpentinöl und schließlich das Leinöl. Die Masse wird darauf nochmals stark gekocht und kann, je nach dem Verwendungszweck, in beliebigen Härtegraden hergestellt werden.

Dodge⁵⁾ verwertet Gummiabfälle auf ein brauchbares Surrogat, indem er dieselben erst fein verteilt und dann durch erhitzte Walzen laufen läßt, um Blätter daraus zu bilden, denen darauf 20 Proz. Harz, Pech oder 40 Proz. Steinkohlenteer im Walzwerk inkorporiert werden können.

Zur Herstellung harter, nicht elastischer Gegenstände, wie Stock- und Schirmgriffe, empfiehlt Goodyear 1 Tl. Kautschuk, $\frac{1}{4}$ Tl. Schwefel, $\frac{1}{2}$ Tl. Magnesia, $\frac{1}{2}$ Tl. Steinkohlenteerpech, $\frac{1}{2}$ Tl. Goldschwefel. Ähnliche Kompositionen hat auch A. G. Say⁶⁾ angegeben. Als Guttaperchaersatz empfiehlt Sorel⁷⁾ noch folgende Verhältnisse: 8 Tle. Pech, 4 Tle. Harzöl, 6 Tle. Kalkhydrat mit Wasser angerührt, 16 Tle. Guttapercha, oder 12 Tle. Pech, 6 Tle.

¹⁾ Dingl. Polyt. Journ. **137**, 211. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 113 638 vom 30. Aug. 1898. —

³⁾ Engl. Pat. 1958 vom 1885; Dingl. Polyt. Journ. **261**, 228. — ⁴⁾ D. R.-P. Nr. 121 316 vom 10. Aug. 1899. — ⁵⁾ Dingl. Polyt. Journ. **152**, 160. — ⁶⁾ Muspratt, Techn. Chemie, 4. Aufl., 4, 1185. — ⁷⁾ A. a. O.

Kalkhydrat, 16 Tle. Guttapercha, oder 12 Tle. Steinkohlenteer, 6 Tle. Kalkhydrat, 16 Tle. Guttapercha.

W. Gelinek ¹⁾ hat sich einen Ersatz für Hartgummi patentieren lassen, der sich wie dieses verarbeiten läßt. Die Herstellung des Materials zerfällt in zwei Teile: 1. die Gewinnung der Imprägnierungsmasse, 2. die Verarbeitung derselben mit einem Faserstoff. Beispielsweise wird käuflicher Steinkohlenteer durch längeres Erhitzen auf 140° von Feuchtigkeit und leichten Kohlenwasserstoffen befreit; 63 Proz. dieses Teers werden dann mit 16,5 Proz. Kolophonium und 8 Proz. gelöschtem Kalk versetzt, worauf man 5,5 Proz. gemahlene Asbest, 2,5 Proz. Kaolin und 4,5 Proz. Infusorienerde zusetzt. Das Mischen dieser Materialien mit dem Teer erfolgt zweckmäßig bei bis zu 140° ansteigender Temperatur. Die so erhaltene Masse wird bei 140 bis 150° mit dem gleichen Gewicht zerkleinerter Fasermasse versetzt und durchgearbeitet, bis sie von knetbarer, homogener Beschaffenheit ist. Man packt das Material möglichst heiß in Metallformen, in welchen es einem hohen Druck ausgesetzt wird. Nach dem Erkalten ergibt sich ein festes, einheitliches Material, in dem die Struktur des Faserstoffs mit freiem Auge nicht erkenntlich ist und das sich wie Hartgummi bearbeiten läßt.

Eine Masse für Grammophonplatten stellen W. Winter und E. Winkler ²⁾ dadurch her, daß sie eine Mischung von Viskose und Füllmitteln, wie Schwerspat, Infusorienerde u. dgl., Kolophonium, Asphalt oder Teer zusetzen und das Gemenge in heizbaren Walzen oder Knetmaschinen zu einem homogenen Produkt verarbeiten.

Von neueren Verfahren zur Herstellung hartgummiartiger Kompositionen nennen wir die folgenden:

F. A. M. Kaempff ³⁾ erhält ein ebonitartiges Material durch Mischen von Asbestfasern mit Harz, Asphalt, Ton, Kieselgur u. dgl. und Vulkanisieren mit Schwefel. K. Heinrichsdorf und R. Zimpel ⁴⁾ erzielen ein ähnliches Produkt unter Verwendung von Harzen, Asphalt, Wachsarten und Holzteerpech. V. Allut Noodt und G. Goettsche ⁵⁾ mischen blattförmige Holzkohle mit Pech, Harz und Asphalt. K. Mielek und F. C. von Heydebrand ⁶⁾ mischen Teer, Guttapercha oder Kautschuk, Harz, Asphalt, Pech, Erdwachs, Stärke, Dextrin, Gummi, Glyzerin und chinesisches Holzöl. W. A. Biles ⁷⁾ wendet kalzinierten Magnesit, Chlormagnesium, gepulverte invertierte Körper, sowie Harz, Teer oder Pech an und erzielt eine in der Wärme formbare, hartgummiähnliche Masse. F. J. Conboy ⁸⁾ will aus Teer oder Pech und Carnaubawachs, unter Zusatz von Baumwolle oder anderen Faserstoffen, eine hartgummiähnliche, für Isolierzwecke geeignete Masse herstellen.

Weitgehendste Anwendung finden Kautschuk und Guttapercha zur Herstellung von wasserdichten Geweben. Für viele technische Zwecke ist aber die Verwendung des natürlichen Produktes zu kostspielig und man ersetzt es durch Surrogate, in welchen der Zusatz von Kautschuk nur den Zweck hat, den Überzug elastisch zu erhalten und vor dem Brüchigwerden zu schützen. Goodyear ⁹⁾ setzt Steinkohlenteer zu, den er bis zur Konsistenz des Burgunderharzes einkocht, mit einem entsprechenden Zusatz von

¹⁾ D. R.-P. Nr. 119 759. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 227 208. — ³⁾ Engl. Pat. 14 227, 1899. — ⁴⁾ D. R.-P. Nr. 219 305. — ⁵⁾ Amer. Pat. 941 585. — ⁶⁾ Amer. Pat. 977 423. — ⁷⁾ Amer. Pat. 930 524. — ⁸⁾ Amer. Pat. 939 982. — ⁹⁾ Muspratt, Techn. Chemie, 4. Aufl., 4, 1169.

Kautschuk versieht und das fertige Produkt ganz ähnlich wie Kautschuk, aber unter Verwendung von etwas mehr Schwefel vulkanisiert.

C. Baswitz¹⁾ trinkt derartige Gewebe mit einer Lösung von Asphalt in Benzin, welche bei 20 Proz. Asphalt 2 Proz. Vaseline zur Erhöhung der Geschmeidigkeit und daneben noch fettlösliche Anilinfarben, wie Nigrosin oder Ledergelb, enthält. Nach einem Zusatzpatent²⁾ gibt er zur Erleichterung der Aufnahmefähigkeit für Vaseline und zur Erzielung einer größeren Wasserdichtigkeit und Elastizität noch einen Zusatz von Paraffin, Stearin oder Wachs im Verhältnis von 5,2 Tln. Paraffin, 4,2 Tln. Vaseline, 80,2 Tln. Benzin auf 10,4 Tle. Asphalt.

Diese, wie alle anderen sonst bekannten Dichtungsverfahren für Gewebe setzen indessen zum Gelingen der Dichtung ein mehr oder weniger engmaschiges Gewebe voraus; es ist aber von großer Wichtigkeit, auch weitmaschige Gewebe wasserdicht zu machen, z. B. Jutegewebe, welche zum Abdecken von Gütern oder in Form von Säcken zur Aufnahme feinpulveriger Waren dienen sollen. Ein zu diesem Zweck geeignetes Mittel zeigt nach Baswitz³⁾ folgende Zusammensetzung: 10 Tle. Asphalt, 10 Tle. Cellulose, 5 Tle. Leim, 1 Tl. Chromalaun, 8 Tle. Teeröl, 16 Tle. Benzol und 50 Tle. Wasser. Die sämtlichen Bestandteile werden zu einer Emulsion verarbeitet, mit welcher das Gewebe imprägniert wird.

IV. Kitte und Klebstoffe.

Als Kitt (ciment, mastic, lut, cement) bezeichnet man Mischungen, welche im brei- oder teigartigen Zustand zwischen Körperflächen gebracht dieselben nach dem Erhärten fest miteinander verbinden. Dabei wird das Leimen von Holz, Kleben von Papier, Verbinden mit Mörtel oder Gips ausgeschlossen. Von einem guten Kitt verlangt man, daß er sich vollkommen mit den zu vereinigenden Flächen verbindet und nach dem Erhärten so viel eigenen Zusammenhang besitzt, daß er den trennenden Einwirkungen, denen er ausgesetzt wird, zu widerstehen imstande ist.

Die Rohmaterialien, aus denen Kitte hergestellt werden, sind eben so mannigfaltig, wie die Zwecke, denen letztere dienen sollen. Danach kann man die Kitte und Klebstoffe in viele Unterabteilungen klassifizieren. Uns interessieren nur diejenigen, bei deren Herstellung Asphalt in irgend einer Form verwendet wird.

Eines der ältesten und bekanntesten, vielfach verwendeten hierher gehörigen Materialien ist der von dem Engländer Jeffery erfundene Marineleim. Er wird hergestellt durch Auflösen von Kautschuk in der 12fachen Menge Steinkohlenteeröl und Versetzen der Mischung mit dem doppelten Gewicht an Asphalt oder Gummilack. Die Mischung wird erwärmt und gleichmäßig durchgearbeitet. Sie dient in diesem Zustand zum Aneinanderleimen der dem Wasser ausgesetzten Hölzer, zum Anbolzen von Zimmerwerk mit Holz oder Eisen, zum Kalfatern der Schiffe und zum Ausfüllen von Rissen und Spalten des Holzes, die man vor dem Eindringen von Wasser bewahren will.

Eine dünnflüssige Sorte, die man durch Zusatz von mehr Lösungsmitteln je nach Bedarf erhält, verwendet man zum Überziehen von Holz, Gips, Metallflächen, zum Bestreichen der Segel, Taue, Röhren usw. Bei

¹⁾ D. R.-P. Nr. 94 172; Wagners Jahresber. 1897, S. 1092. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 100 700. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 127 582, 1900.

der Unlöslichkeit des Marineleims in Wasser, seiner großen Festigkeit und Adhäsion, seiner Unveränderlichkeit bei niederer und höherer Lufttemperatur ist der Marineleim auch für Landbauten sehr beachtenswert.

Einen sehr guten Lederkitt soll man durch Lösen von 1 Tl. Asphalt, 1 Tl. Kolophonium und 4 Tln. Guttapercha in der erforderlichen Menge Schwefelkohlenstoff erhalten. Hartley bringt unter dem Schutzwort „Glasune“ einen Kitt für Glas, Porzellan und Metall in den Handel, der aus einer Lösung von Asphalt in Teeröl, unter Zusatz von etwas Bleiglätte oder Mennige in Glycerin besteht. Einen Kitt zum gleichen Zweck, der aber auch zum Kittieren von Elfenbein, Papier, Holz u. dgl. dienen kann und selbst auf gefirnisten Stellen haftet, stellt Davy durch Zusammenschmelzen von Pech mit Guttapercha her. Er muß vor jeweiligem Gebrauch aufgeschmolzen werden.

Ein Kitt für Vulkanfaser besteht nach „Kunststoffe“ 1911, S. 240, aus einer Lösung von 10 Tln. Kautschuk in 60 Tln. Petroleum, der allmählich unter Rühren 30 Tle. feingepulverten Asphalts zugesetzt werden; besser verfährt man so, daß man 60 Tle. Asphalt mit 15 Tln. Steinkohlenteer zusammenschmilzt und die Schmelze mit 25 Tln. Benzol verdünnt. Die Kitte werden heiß zwischen die Platten gestrichen, die man unter starkem Druck zusammenpreßt.

Einen heiß zu verwendenden Metallkitt erhält man aus 4 Tln. gelbem Harz, 1 Tl. Pech, 2 Tln. Wachs und 17 Tln. Ziegelmehl. Zur Herstellung eines guten Glaserkitts löst man Asphalt in fetten, trocknenden Ölen und reibt den Firnis mit Schlämmkreide ab. Nach dem D.R.-P. Nr. 154 220 kann man dabei mit Vorteil die Schlämmkreide und den Asphalt durch pulverisierten Asphaltekalkstein ersetzen.

Folgende beiden Rezepte zur Herstellung von Klebstoffen für Segelleinen finden sich in „Kunststoffe“ 1911, S. 119: 1. in einem Glasballon oder dergleichen bringt man 18 Tle. feingeschnittene Guttapercha mit einer Mischung aus 20 Tln. Schwefelkohlenstoff, 10 Tln. Benzol und 10 Tln. Terpentinöl zum Quellen; ist nach einigen Tagen, eventuell unter Erwärmen, Lösung erfolgt, so setzt man nach und nach 43 Tle. feingepulverten syrischen Asphalt unter Umrühren zu und läßt stehen, bis der letzte Zusatz sich gelöst hat. 2. Eine dünnflüssige Klebemasse für den gleichen Zweck erhält man durch Lösen von 10 Tln. Rohguttapercha in 50 Tln. Schwefelkohlenstoff und Mischen der Lösung mit einer solchen aus 20 Tln. Asphalt in 20 Tln. Benzol.

Zu diesen Stoffen gehören natürlich auch die im Kapitel Gußasphalt beschriebenen Produkte Mastix und Kitte aus natürlichen und künstlichen Asphalten, die im allergrößten Maßstab erzeugt und verwendet werden. Rezepte für eine große Anzahl von Kittieren mit bituminöser Basis gibt ferner Deutsche¹⁾, auf dessen Ausführungen hier nur verwiesen werden kann.

V. Röhren und Formstücke.

Eine nicht unbedeutende Verwendung findet der natürliche und künstliche Asphalt ferner zur Herstellung der sogenannten

Asphaltröhren,

welche zur Ausführung von Kanalisationen, Wasser-, Gas- und Windleitungen, Ventilationsschächten usw. eine weitgehende Anwendung finden. Die

¹⁾ Dingl. Polyt. Journ. 93, 148 u. f.

bekannten Eigenschaften des Asphalts, seine absolute Undurchlässigkeit für Gase und Flüssigkeiten, seine Elastizität und Leichtigkeit, seine Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß chemischer Agenzien, sowie sein schlechtes Wärmeleitungsvermögen legten schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts, als die Asphaltindustrie durch die Bemühungen des Grafen von Sassenay einen erneuten Aufschwung nahm, den Gedanken nahe, dieses schätzbare Material auch zur Herstellung von Leitungsröhren aller Art zu verwenden.

Die ersten Versuche, welche in dieser Richtung angestellt wurden, ergaben vielversprechende Resultate, wenngleich sie auch in mancher Hinsicht noch vieles zu wünschen übrig ließen. Damals erzeugte man solche Röhren aus Asphaltmastix, den man in geschmolzenem Zustande in Formen goß; man war dabei genötigt, um den Röhren die nötige Widerstandsfähigkeit gegen Druck und Stoß zu geben, die Wandstärke derselben beträchtlich groß zu nehmen. Trotzdem stellte sich aber bald der Mißstand ein, daß derartige Röhren unter dem Einfluß der Wärme deformiert und bald unbrauchbar wurden.

Dieser Mißerfolg brachte Chameroi¹⁾ auf den Gedanken, die Widerstandsfähigkeit der Röhren gegen Wärme dadurch zu erhöhen, daß man denselben einen Kern von Eisenblech gibt, auf welchen die geschmolzene Asphaltmasse aufgetragen wird, so daß sie denselben vollkommen umkleidet. Mit diesen Röhren hat die Firma Chameroi u. Co. große Erfolge erzielt, nachdem es ihr gelungen war, dieselben in der Leuchtgasindustrie zur Ausführung der im Boden liegenden Hauptleitungsstränge einzuführen. Der Einführung derselben für die Zwecke der Wasserversorgung von Städten usw. stand nur der Umstand im Wege, daß ihre Konstruktion dem Druck der Wasserleitungen im allgemeinen nicht gewachsen war. Seitdem die Erfinder aber dazu übergegangen sind, den Röhren für diesen Zweck an Stelle der

dünnen Blecheinlage eine solche von widerstandsfähigem Stahl zu geben, ist auch diese Schwierigkeit überwunden, und sie erzeugen Röhren, welche einen Druck von 12 bis 20 Atmosphären aushalten und sich daher zur Ausführung von Wasserleitungen ganz vorzüglich eignen.

Die Anfertigung dieser Röhren, welche in den verschiedensten Längen, Durchmessern und Formen hergestellt werden, erfolgt in der Weise, daß man den Kern aus Eisen- oder Stahlblech mit einer entsprechend starken Asphaltmischung überzieht, in welche, solange der Asphalt noch weich ist, eine Kieslage eingewalzt und diese aufs neue mit Asphalt

überzogen wird. Die Röhren werden sowohl mit fester als auch mit loser Muffe angefertigt und sind an den Enden mit gewindeartigen Ringen versehen, welche sich in die Muffe eindrehen lassen, nachdem sie vorher mit Hanf umwickelt und mit einer Kittmasse bestrichen sind.

Kurze Zeit nach der Erfindung Chameroi's machte Hutter²⁾ den Vorschlag, als Kern zu den Asphaltrohren Glas zu verwenden, wodurch ein Rohr

Fig. 169.



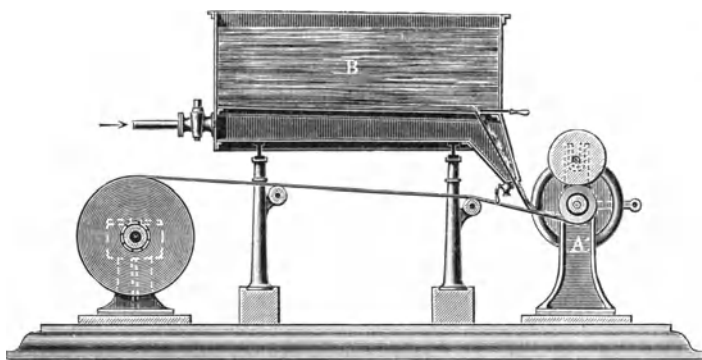
Asphaltglasröhre.

¹⁾ Deutsche Allgem. Polyt. Ztg. 1878, S. 161. — ²⁾ Dumas, Handb. d. ang. Chem., deutsch v. Engelhart u. Alex, 1846, 7, 502.

erzielt wird, welches sich für alle Zwecke, ähnlich wie Steinzeigröhren, verwenden läßt. In der Tat ist die Fabrikation dieser Röhren in den Glashütten zu Rive und Gier auch aufgenommen worden, doch hat man über die Brauchbarkeit derselben wenig gehört. Erst in neuerer Zeit machen Asphaltrohren mit Glaskern wieder von sich reden, seit Döhring¹⁾ sich ihre Herstellung hat patentieren lassen. Döhring überzieht ein Glasrohr mit einer Hülle aus Papier und Holzzement (Fig. 169) oder weichem Pech und erzielt damit ein Rohr, daß dem Glase gegenüber eine sehr bedeutende Festigkeit besitzt und alle Vorzüge teilt. Der Apparat Fig. 170 dient zur Herstellung dieser Röhren.

Auf den Lagern *A* ist eine Wickelwalze montiert, welche zur Aufnahme des Glaskörpers dient und gegen welche eine lose aufliegende Quetschwalze wirkt. Diesem gegenüber ist eine Rolle endlosen Papiers gelagert, welches über zwei einfachen, an den Supports für den Holzzementbehälter befestigten

Fig. 170.



Apparat zur Herstellung der Asphaltglasröhren.

Walzen der Wickelwalze zugeführt wird. Der heizbare Holzzement- oder Pechbehälter *B* befindet sich zwischen Wickelwalze und Papierwalze, und sein Inhalt kann durch eine Reguliervorrichtung in stets gleichmäßiger Menge von der Wickelwalze auf die Oberfläche des Papiers geführt werden. Sobald die den Glaskern umgebende Papierschiicht die genügende Stärke erreicht hat, wird die Rolle abgeschnitten, das Rohr auf der Oberfläche mit Asphalt bestrichen und mit Sand bestreut.

Das Rohr läßt sich für jeden beliebigen inneren und äußeren Druck herstellen und ist wegen der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit der Umhüllung frostsicher. Es verträgt Stoß und Schlag und ist ohne Beschädigung transportabel. Die Herstellungskosten liegen nach Döhring unter den schmiedeeiserner und gußeiserner Röhren. Es kann mit Sicherheit unter die Fahrbahn der Straßenkörper verlegt werden und eignet sich besonders für Rohrleitungen in chemischen Fabriken und Laboratorien zum Ableiten saurer Flüssigkeiten und Gase, zu Sol- und Grubenleitungen, Wasser-, Gas- und Wetterleitungen, Abortanlagen und dergleichen mehr.

Schon bevor Döhring mit seiner Erfindung an die Öffentlichkeit trat, hatte Jaloureaux²⁾ eine andere Konstruktion für Asphaltrohren angegeben,

¹⁾ D. R.-P. Nr. 36 606, 1885. — ²⁾ Wagners Jahresber. 1873, S. 772.

welche noch heute in großem Maßstabe ausgeführt wird und aus der die Döhringschen Röhren als hervorgegangen betrachtet werden müssen. Ausführlich beschreibt Behrens ¹⁾ deren Fabrikation. Der dazu dienende Apparat ist ganz ähnlich einer Dachpappenpfanne konstruiert, an deren einem Ende sich eine Rolle von starkem, 2 m breitem Hanfpapier befindet, welches unter einer Walze durch den geheizten Inhalt der halbzyylinderförmigen Pfanne geführt wird, während es auf der anderen Seite ein Paar Abstreichwalzen passiert. In kurzer Entfernung hinter denselben befindet sich die zweiteilige Wickelwalze, welche genau zentrisch gearbeitet ist. Sie dient als Kern für das zu bildende Rohr, und ihr Durchmesser richtet sich nach der Dimension des Rohres, das man herstellen will. Durch eine besondere Einrückvorrichtung kann eine auf die Wickelwalze wirkende Preßwalze eingeschaltet werden.

Vor Beginn des Aufwickelns wird die Wickelwalze mit Schmierseife abgerieben, um den Kern ohne Schwierigkeiten aus dem fertigen Rohr entfernen zu können. Das mit Asphalt überzogene Papier wird in etwa 100 Lagen um den Kern gewickelt, und sobald die nötige Wandstärke des Rohres erreicht ist, wird dieses oberflächlich mit Sand bestreut, während gleichzeitig die Preßwalze eingerückt wird, welche einen starken Druck auf die Rohrwandung ausübt. Nachdem das Rohr auf diese Weise die nötige Festigkeit und Dichte erreicht hat, erfolgt eine kurze, äußere Abkühlung desselben und nach der Entfernung des Kerns eine weitere Abkühlung durch fließendes Wasser von innen.

Die so hergestellten Röhren leisten nicht allein hohen Druckspannungen außerordentlichen Widerstand, sondern jede durchgeleitete Flüssigkeit bleibt darin auch vollkommen unverändert. In den Asphalttröhren friert weder das Wasser, noch erhöht sich im Sommer dessen Temperatur wesentlich, und daher kann eine derartige Leitung weit seichter im Boden liegen als die gebräuchlichen anderen Arten von Röhren. Die Asphalttröhren wiegen auch kaum halb so schwer als gleich weite eiserne, wodurch in den Transportkosten bedeutende Ersparnisse erzielt werden.

Versuche haben ergeben, daß Röhren von 50 bis 150 mm lichter Weite erst bei einem Druck von 25 bis 30 Atm. rissen. Weitere Kaliber, von 150 mm aufwärts, zeigten erst Risse bei 15 Atm. Die Zusammenfügung zweier Asphalttröhren ist sehr einfach und die Verbindung einer Asphaltrohrleitung mit einer solchen aus Eisen, Holz oder jedem anderen Material bietet ebenfalls keine Schwierigkeiten. Dazu kommt, daß jedes beliebige Fassonstück an Ort und Stelle gefertigt werden kann, da sich die Asphalttröhren mit der gewöhnlichen Holzsäge schneiden lassen.

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, wird Asphalt durch Leuchtgas rasch zerstört, indem das in diesem dampfförmig enthaltene Benzol eine lösende Wirkung darauf ausübt und wahrscheinlich auch andere gasförmige Kohlenwasserstoffe von dem Asphalt unter Erweichen desselben absorbiert werden. Derartige Röhren wären also für Gasleitungen nicht zu verwenden; um sie für diesen Zweck brauchbar zu machen, bildet Th. Kapffs Nachf. in Dresden die innere Wandung derselben auf dem Kern aus einer entsprechend starken Bleifolie.

Die Röhren werden in Längen von 2 m und in den Durchmessern von 1 bis 36'' engl. hergestellt. Die Ausführung der Leitungen aus denselben

¹⁾ Dingl. Polyt. Journ. 208, 377.

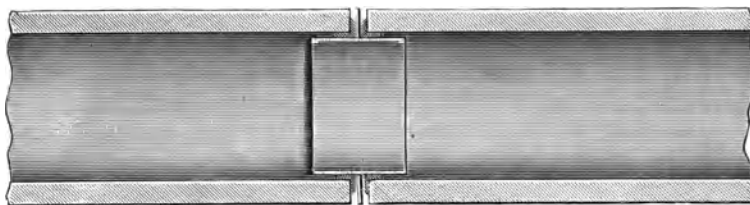
gestaltet sich sehr einfach; im festen, gewachsenen Boden bedürfen dieselben keinerlei besonderer Unterlage und werden bloß mit feinem Kies oder Erde eingeschüttet, welche gleichmäßig und vorsichtig festgestampft wird. Doch ist es zu empfehlen, dieselben da, wo sie größerem, wechselndem Druck durch schwere Lastfahrwerke u. dgl. ausgesetzt sind, entweder durch bedeckte Kanäle zu führen oder in Zementbeton einzubetten, was sich ja auch bei anderen Arten von Rohrleitungen, insbesondere bei Steinzeigröhren, notwendig macht.

Die Verbindung der Röhren erfolgt durch übergeschobene Muffen, welche mit einem besonderen Schwefelkitt, an Stelle des Asphaltkitts, ausgegossen werden; dabei verfährt man nach Kapff im allgemeinen wie folgt: Die Asphaltrohre werden auf die gut geebnete Sohle des Leitungsgrabens gelegt und unter jeder Stoßfuge eine kleine Vertiefung gemacht, so viel, als die Muffe, welche man gleich über das Rohrende streift, wegen ihres größeren Kalibers Platz beansprucht, um sich nach beiden Seiten hin leicht verschieben zu lassen, so daß die Stoßfuge frei wird. Darauf werden an jeder Stoßfuge in die Mündung der Röhren Blechringe von der in Fig. 171 und 172 dargestellten Form eingeschoben, welche in der Mitte einen Flansch von der gleichen Breite wie die Wandstärke des Rohres erhalten, nachdem man vorher zu beiden Seiten des Flansches einen dünnen Strang von Teerstrick gewickelt hat. Die Röhren

Fig. 171.

Flansch für
Asphaltrohren.

Fig. 172.



Verbindungsstück für die Asphaltrohren.

werden dann fest aneinandergeschoben, und die Muffe von Eisen, oder auch aus einem kurzen Stück Asphaltrohr bestehend, über die Stoßfuge gestreift und durch Unterstopfen mit Erde zentriert, so daß ihre Wandfläche überall den nötigen Zwischenraum für den Asphaltkitt um das Rohr frei läßt. Nachdem man die Enden der Muffen durch einen Tonwulst abgedichtet hat, erfolgt das Vergießen mit Asphaltkitt durch ein freigelassenes Nest, wie dies schon früher für die Verdichtung von Steinzeigröhren mit Asphaltkitt beschrieben worden ist. Dabei verhindern die zu beiden Seiten des Bords an dem eingeschobenen Blechring liegenden Teerstricke das Eindringen des Kitts in das Innere des Rohrstranges. Um einen vollständigen Ausguß der Muffe zu erzielen, sind die gleichen Vorschriftsmaßregeln genau zu befolgen, die, wie erwähnt, schon früher gegeben worden sind. Fig. 173 zeigt einen verbundenen Rohrstrang im Durchschnitt und in der Ansicht.

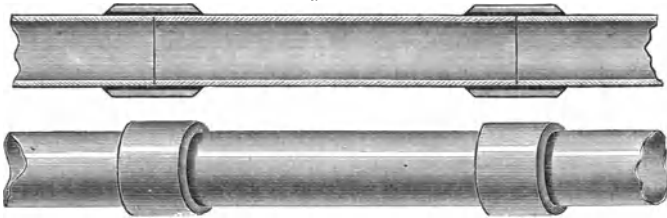
Abzweigungen und Krümmungen sind bei diesen Röhren leicht, auch nach Fertigstellung des Stranges, zu jeder Zeit ausführbar, weil dieselben

mit gewöhnlichen Instrumenten leicht angebohrt und abgesägt werden können und sich auch mit jeder anderen Art von Rohrmaterial gut verbinden lassen.

Fig. 174 zeigt ein auf einfache Weise aus Asphaltrohr hergestelltes T-Stück in Verbindung mit einem Rohrstrang.

Bei der Fabrikation dieser Röhren hat man es ganz in der Hand, die Eigenschaften derselben dem Zweck, welchem sie dienen sollen, anzupassen; man kann die Zusammensetzung der Asphaltmasse nach Belieben variieren, um die Röhren widerstandsfähiger gegen Druck oder Wärme zu machen. Es braucht nicht besonders erwähnt zu werden, daß diese Art von Asphaltrohren nur zu Leitungen für nicht heiße Flüssigkeiten und Gase verwendet

Fig. 173.



Verdichten von Asphaltrohren.

werden können, aber unter dieser Beschränkung sind sie wegen ihrer Billigkeit und sonstigen wertvollen Eigenschaften meist mit großem Vorteil zu gebrauchen, besonders für Wasser-, Säure- und Gebläseleitungen, zu Wetterlütten, Sprachröhren und zur Aufnahme unterirdischer Kabelleitungen, nicht aber für Gas oder nur mit Metall- oder Glaskern. In chemischen Laboratorien und Fabriken eignen sie sich ausgezeichnet zur Ableitung saurer Flüssigkeiten, werden dagegen von flüchtigen und fetten Ölen sowie heißen Flüssigkeiten und Gasen sehr bald zerstört.

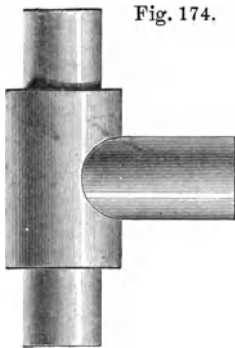


Fig. 174.

Asphaltrohr, T-Stück.

Zu den gleichen Zwecken fabriziert man in den Vereinigten Staaten von Nordamerika schon seit beiläufig 50 Jahren eine andere Art von Röhren, die man vielleicht besser als asphaltierte Holzröhren bezeichnet, die sich dort in Bergwerken und chemischen Fabriken aller Art, in Gerbereien, zu Wasserversorgungs- und Kanalisationszwecken sowie im Haushalt ausgezeichnet bewährt¹⁾ haben, gleichwohl aber auf dem europäischen Kontinent nicht bekannt geworden zu sein scheinen.

Die Herstellung der Holzröhren erfolgt aus absolut lufttrockenem, vollständig homogenem, splintfreiem, weißem Fichtenholz, das, um eine möglichst große Haltbarkeit zu gewährleisten, ganz frei von Saft sein muß. Das Holz wird in Stäbe geschnitten, entsprechend der Länge, welche dem Rohre gegeben werden soll; diese Stäbe, die mit ineinandergreifenden Nuten und Federn versehen sind, werden alsdann nochmals sorgfältig nachgesehen und ausgewählt, damit sich keinerlei Unvollkommenheiten, Splinte oder dergleichen

¹⁾ Vgl. Rittscher, Chem.-Korresp. 1902, S. 63.

darin vorfinden, und alsdann zu Röhren zusammengefügt. Fig. 175 zeigt ein Röhrensegment von drei zusammengefügten, mittelst der Federn *d* und den Nuten *e* ineinander ein-greifenden Holzstäben.

Die auf vorstehend be-schriebene Art zusammenge-fügten Rohre gelangen hier-auf in eine besondere Art von Bandmaschine, wo sie mit Stahlreifen spiralförmig umwunden und fest zusam-mengepreßt werden. Die Stahl-

reifen hat man vorher, um sie widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit und Säuren zu machen, auf beiden Seiten mit einer Schicht Teerasphalt überzogen. Das ganze Rohr wird nunmehr ebenfalls mit einer dicken, gleichmäßigen Asphalt-schicht überzogen, und die Holzröhre ist zum Gebrauch fertig.

Für die Herstellung von Röhren, welche zur Leitung von heißen Flüssig-keiten, Gasen und Dämpfen dienen sollen, wird an Stelle des Teerasphalts natürlicher Asphalt in dicker Überzug verwendet, welcher bei hoher Tempe-ratur unverändert bleibt.

Fig. 176 zeigt die Holzröhre mit Stahlbändern umwunden und mit einer Auflage von Asphalt; letztere ist zum Teil entfernt, um das um die Röhre gewundene Stahlband zu zeigen.

Je nach dem Druck, den die Röhren aushalten sollen, werden diese Stahl-bänder in stärkerer oder schwächerer Ausführung und in engeren oder weiteren Zwischenräumen um die Rohre herumgelegt. Der Druck, den die Holzröhren aushalten bzw. auf den sie nach erfolgter Fertigstellung geprüft werden, be-trägt, je nach den Anforderungen, die an sie gestellt werden, 3, 6 oder 12 Atm.

Die absolute Dichtigkeit der Röhren, ihre Zweckmäßigkeit zu jeder Art von Zu- oder Ableitung, von Saug- und Druckleitungen, kurz zu allen Zwecken, wozu eiserne und Tonröhren Verwendung finden, ist erwiesen.

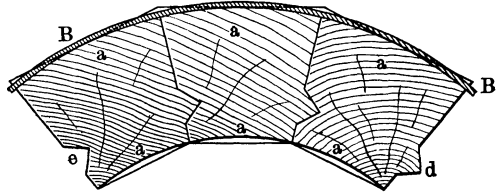
Die Röhren werden in Längen von 1,2 bis 2,5 m hergestellt und von jedem inneren Durchmesser, von etwa 3 cm an aufwärts.

Miteinander werden die Röhren ver-bunden, indem der an dem einen Ende der Röhre befindliche Zapfen in das entsprechende Ende der anderen Röhre direkt eingetrieben wird; da ersterer, dessen Länge etwa 75 mm beträgt, etwas stärker ist als der innere Durchmesser des letzteren, so wird hierdurch eine vollkommen luft- und wasserdichte Verbindung erhalten. Besondere Verkuppelungen oder irgend welche andere Vorrichtung zum Abdichten der Verbindungsstellen sind nicht erforderlich.

Zum Anschluß an Pumpen, Ventile, Metallrohre sind spezielle Ein-richtungen bzw. Anschlußstücke vorgesehen, ebenso Winkel und Biegungen aller Grade.

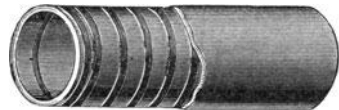
Diese Verbindungsstücke sind ebenso wie die Holzröhren an dem einen Ende mit Zapfen und an dem anderen Ende mit Röhren versehen, so daß die Verbindung derselben mit den Röhren auf die nämliche einfache Art und

Fig. 175.



Holzrohr mit Asphalt.

Fig. 176.



Holzrohr mit Stahlbänder.

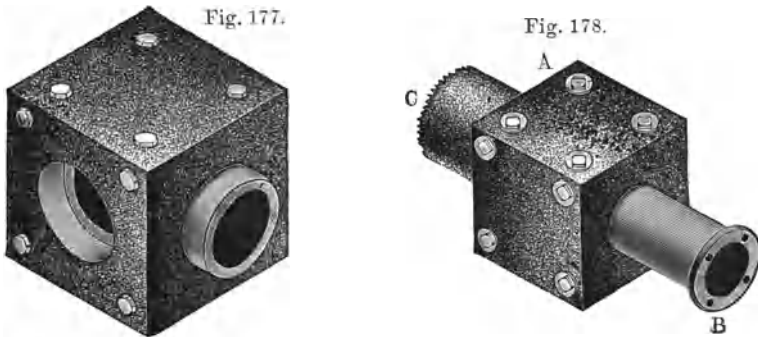
Weise erfolgt. Fig. 177 zeigt ein Kniestück, während Fig. 178 ein Verbindungsstück darstellt, welches zum Anschluß an eine Pumpe oder eiserne Röhrenleitung dient und aus einem Holzblock *A* besteht, welcher auf der einen Seite einen eisernen Anschlußstutzen *B* für die vorhandene Leitung und auf der anderen Seite ein Holzrohr *C* zur Verbindung der Holzrohrleitung aufweist.

Derartige Verbindungsstücke lassen sich natürlich auch für die weiter oben besprochenen Asphaltrohre mit Vorteil verwenden.

Formstücke,

ausgenommen der erwähnten für elektrotechnische Isolierzwecke, werden hauptsächlich als Wärmeschutzmittel und als leichtes Baumaterial mit Asphalt als Bindemittel hergestellt. In der Regel werden dazu Korkabfälle oder ähnliche leichte und poröse Stoffe als Füllmaterial verwendet.

Als erste brachten Grünzweig und Hartmann in Ludwigshafen a. Rh. ¹⁾ ein derartiges Material als leichten Baustein für Zwischenwände sowie zur



Verbindungsstücke.

Umhüllung der Rohre von Dampfleitungen und Kältemaschinen auf den Markt. Die Korksteine dieser Firma bestehen aus feingemahlenem Kork, der mit Hilfe eines asphaltartigen Bindemittels, bestehend aus einer Emulsion von Teer in einer wässrigen Aufschlämmung von fettem Ton (also identisch mit Raschigs „Kiton“), durch Mischen, Pressen und Trocknen bei mäßiger Temperatur verkittet ist. Das Bindemittel haftet schon als feinste Haut zäh und fest auf dem Kork, so daß die Bruchfestigkeit des Korksteins 7,21 kg pro Quadratcentimeter beträgt, bei einer Druckfestigkeit von 17 kg. Das spezifische Gewicht dieses Materials liegt zwischen 0,25 bis 0,3. Auf Wasser schwimmend, nimmt es dasselbe nur an der Berührungsstelle auf.

Ein ähnliches Produkt wie Grünzweig und Hartmann hat sich auch A. Haacke ²⁾ schützen lassen, bestehend aus Korkklein, Pech und heißem Tonbrei, und zwei weitere Zusatzpatente angemeldet.

Nafzger und Rau ³⁾ stellen die Hauptmasse der Korkisoliermaterialien aus grobem Kork mit nur wenig Bindemittel her und überziehen bloß die Oberfläche mit einer Deckschicht aus möglichst fein gemahlenem Kork und viel Bindemittel, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

¹⁾ D. R.-P. Nr. 68 532, 1891. — ²⁾ D. R.-P. Nr. 128 231. — ³⁾ D. R.-P. Nr. 122 803, vom 29. Sept. 1900.

Das Zusammenkitten von Korkabfällen mit Asphalt wird heute an manchen Orten ausgeführt, und zwar auf die einfachste Weise, indem man nach Art der Mastixfabrikation die zerkleinerten Korkteilchen mit geschmolzenem Teerpech überzieht, in Formen beliebiger Art gibt und darin erstarren läßt. Gegenüber dem Material von Grünzweig und Hartmann haben alle die Produkte den Nachteil, in der Wärme zu erweichen und leicht zu deformieren. Ihre Vorzüge sind, daß sie von Wasser nicht benetzt, von sauren und alkalischen Flüssigkeiten und Dämpfen nicht angegriffen werden. Wegen ihres geringen spezifischen Gewichtes, ihrer Undurchlässigkeit für Wärme und Schall eignen sie sich zur Ausführung von leichten Zwischenwänden hinter Verputz und Fehlböden in Gebäuden, Wärmeisolatoren für Eismaschinen und Eishäuser und viele andere Zwecke. Man fertigt Formstücke aus dem

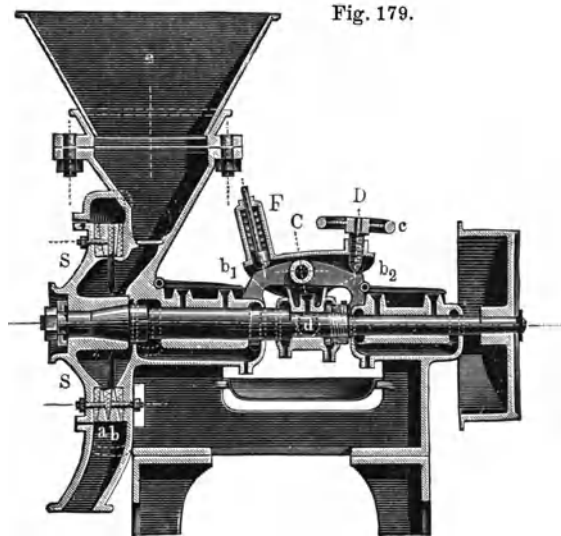


Fig. 179.

Korkmühle.

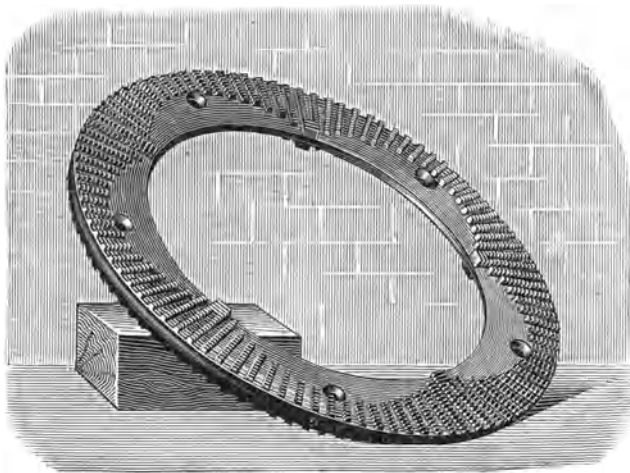
Material und kann es ebensowohl lose, als eine Art Mastix, an Ort und Stelle verlegen.

Als Rohmaterial zur Herstellung von Korkasphaltnasse dienen Korkspäne (Abfälle der Korkschnidereien) und Steinkohlenteer oder Pech, seltener Goudron oder Trinidadasphalt. Zum Zerkleinern der Korkabfälle, welche in Stückchen von 3,5 bis 10 mm, je nach dem Zweck, dem das Material dienen soll, verwendet werden, eignet sich am besten eine Gruson'sche Excelsiormühle, deren Konstruktion aus Fig. 179 und 180 ersichtlich ist. Das Prinzip dieser Mühle beruht darauf, daß eine mit vorspringenden Zähnen versehene Gußstahlscheibe gegen eine ebensolche, feststehende Scheibe (Fig. 179) rotiert. Die Mühle kann je nach Bedarf enger und weiter gestellt werden. Man läßt das Mahlgut die Mühle mehrmals passieren, indem man diese erst weit und dann nach und nach entsprechend enger stellt. Da die Korkabfälle häufiger Eisenteile, wie Nägel, zerbrochene Messer, von der Verarbeitung herrührend, u. dgl. enthalten, welche die Mühle unter Umständen rasch zerstören würden, empfiehlt es sich, das Mahlgut vor dem Aufgeben auf die Mühle über einen Magneten laufen zu lassen, der alle derartigen Verunreinigungen zurückhält.

Die Scheiben der Excelsiormühlen sind auf beiden Seiten mit Zähnen versehen und können, falls eine Seite stumpf geworden ist, durch einfaches Umdrehen auf der anderen Seite benutzt werden. Zu bemerken ist noch, daß durch Kreuzen des Antriebsriemens, so daß die Rotation in umgekehrter Richtung erfolgt, die Mühle, wenn einmal stumpf geworden, wieder greift, weil die Zähne der Scheiben nur an ihren Ecken wirksam sind. Man schärft die Mühle übrigens auf sehr einfache Weise dadurch, daß man dieselbe scharfen Sand mit Wasser passieren läßt.

Der gemahlene Kork passiert noch einen Siebzylinder, dessen Gazeüberzug verschiedene Maschenweiten besitzt, welcher eine Sortierung nach verschiedener Korngröße bezweckt. An Stelle des manchmal schwer zu beschaffenden Korks verwendet man zuweilen auch entkornte und in ähnlicher Weise bearbeitete

Fig. 180.



Korkmühle.

Maiskolben u. dgl., doch stehen derartige Substitute in bezug auf Leichtigkeit und Elastizität weit hinter dem Kork zurück.

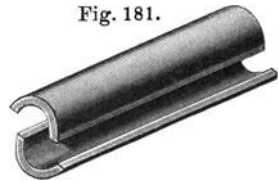
Die Fabrikation des Korkasphalts selbst ist eine sehr einfache Sache; sie besteht im wesentlichen darin, den zerkleinerten Kork oberflächlich mit einer dünnen Asphaltchicht zu überziehen, welche einerseits den Zweck hat, den Kork gegen den Einfluß von Feuchtigkeit zu schützen, andererseits die kleinen Korkteilchen zu einem zusammenhaftenden Ganzen zu konglomerieren. Das Vermischen des Korkgruses mit dem schon vorher geschmolzenen Pech oder Asphalt geschieht am besten in mit gespanntem Dampf geheizten, doppelwandigen Kesseln mit Rührwerk; eine direkte Beheizung ist wegen der leichten Zersetzlichkeit des Korkes bei höherer Temperatur zu vermeiden. Ist eine solche nicht zu umgehen, so muß eine Vorfeuerung angebracht und der Kessel durch ein Schutzgewölbe vor der direkten Berührung mit der Flamme geschützt werden. Keineswegs sollte die Temperatur höher als auf 110 bis 115° steigen.

Als Bindemittel verwendet man in der Regel ein gutes, mittelweiches Pech, das man bei gelinder Feuerung einschmilzt. In das geschmolzene Pech wird dann der gekörnte Kork nach und nach unter gutem Umrühren portionen-

weise eingetragen, und zwar so lange, bis der Kork oberflächlich noch ganz mit Asphalt überzogen, die Masse aber nicht zu fett ist, um das spezifische Gewicht nicht unnötig zu vergrößern; es genügt, wenn die Asphaltsschicht nur so dick ist, um der Masse eine genügende Bindekraft zu erteilen. Auf je 100 kg Pech wird man im Durchschnitt etwa 45 bis 50 kg gebrochenen Kork gebrauchen. Es ist bei Anwendung von direkter Feuerung von der größten Wichtigkeit, daß die Masse nicht zu stark erhitzt und jegliches Anbrennen derselben an der heißen Kesselwand, das sich durch Aufsteigen gelber Dämpfe bemerkbar macht, vermieden wird. Der zu hoch erhitzte Kork zersetzt sich und wird brüchig; das daraus hergestellte Produkt besitzt keine Elastizität und ist so spröde, daß es, z. B. in Plattenform, schon unter den Händen zerbricht. Vorsichtiges und mäßiges Heizen der Kessel sowie unausgesetzte Bewegung der Masse ist daher erste Bedingung für die Erzielung eines guten Resultates.

Um aus der fertigen Masse Gegenstände für verschiedenartigen Gebrauch herzustellen, wird dieselbe in heißem, noch plastischem Zustande in entsprechende Formen gepreßt, gestampft oder gewalzt und erkalten gelassen. Um das Anhaften des Materials an der Form zu verhüten, bestreicht man diese leicht mit einer dünnen Haut von Mineralöl. Man erzeugt Platten, Steine und Formstücke jedert Art und Größe. Fig. 181 zeigt z. B. Asphaltkorkschalen, wie sie zur Umhüllung von Rohrleitungen an Kältemaschinen verwendet werden und sich hier infolge ihrer hohen Beständigkeit gegen Ammoniak und schweflige Säure ganz vorzüglich bewähren.

Fig. 181.



Korkschalen.

In gleicher Weise bewährt sich das Material auch bei Eishäusern, Eisschränken, Kühlräumen u. dgl. als Zwischenfüllung zur Abhaltung der äußeren Wärme.

Infolge seiner großen Leichtigkeit und absoluten Trockenheit empfiehlt sich Korkasphalt besonders auch zu Scheidewänden, namentlich in den oberen Etagen von Wohnhäusern, wobei noch speziell darauf aufmerksam gemacht werden soll, daß der Putz an solchen Wänden infolge der rauhen Oberfläche des Materials außerordentlich fest haftet. Ebenso kann Korkasphalt zur Bekleidung von Fensternischen u. dgl., welche im Winter infolge der geringeren Wandstärke durch die Kälte stark beeinflußt werden, Anwendung finden, besonders da er auch wegen seiner Undurchlässigkeit für Feuchtigkeit, welche sich an diesen Stellen bekanntlich hauptsächlich niederschlägt, die Holzbekleidungen vor dem Verstocken und vor Schwamm- bildung schützt. Dieselben Vorteile kommen dem Korkasphalt auch als leichte Ausfülle oder als Fehlboden zugute.

Aus dem gleichen Grunde empfiehlt sich der Korkasphalt zur Herstellung von Dunstfängen in Küchen, Wasch- und Badeanstalten, wobei demselben seine große Leichtigkeit noch außerdem sehr zu statten kommt.

In Spinnereien, Webereien und dergleichen industriellen Anlagen wird im Winter häufig durch Tropfwasser, infolge Niederschlagens der Feuchtigkeit, an den Decken großer Schaden angerichtet, der sich durch Beblenden der Decke mit einer 3 bis 4 cm starken Schicht von Korkasphalt verhüten läßt.

Durch Isolierung der Wellblechdächer mit Korkasphalt wird der gerade bei dieser Deckungsart besonders stark hervortretende Übelstand des Abtropfens von Schwitzwasser vermieden. Bestehende Wellblechdächer, welche tropfen, können durch Ausfüllung der Wellen mit Korkasphalt und Überzug der glatten Fläche mit einer Lage Dachpappe tropfsicher gemacht werden.

Der Korkasphalt, spez. Gew. = 0,4, ist noch bei relativ hohen Temperaturen beständig, so daß er sich beispielsweise in verputztem Zustande (2 bis 3 mm starke Schicht von Gips- oder Zementputz) bei 80° C durch mäßig starken Druck noch nicht deformieren läßt.

VI. Heliographie und Heliogravüre.

Eine der interessantesten Eigenschaften der natürlichen Asphalte (besonders des syrischen und der Asphaltite) ist ihre Lichtempfindlichkeit, d. h. ihre Fähigkeit unter der Einwirkung des Lichtes sich so zu verändern, daß sie in Flüssigkeiten, die vorher gute Lösungsmittel für sie waren, nach der Belichtung nicht mehr löslich sind. Diese Erscheinung ist uns schon in dem Abschnitt über Asphaltlacke zum Teil bekannt geworden.

Der erste, der dieselbe, und zwar am syrischen Asphalt, beobachtete, war der Franzose Nicéphore Niépce, welcher im Jahre 1814 nach Erfindung der Lithographie durch Sennefelder mit Versuchen auf diesem neuen Gebiet beschäftigt war. In Ermangelung von lithographischen Platten ließ er sich von einem Marmorschleifer Steine aus einem Pflastermaterial polieren, das in der Nähe von Chalons gebrochen wurde. Sie erwiesen sich als zu grob im Korn, und so ging er dazu über, sie durch polierte Zinnplatten zu ersetzen, auf die er Noten eingravierte, nachdem er sie zuvor mit verschiedenen Lacken und Firnissen überzogen hatte. Dabei machte er die Beobachtung, daß sich Asphaltlack nicht mehr abwaschen ließ, wenn die Platten dem Sonnenlicht ausgesetzt waren, und hatte damit die Heliographie erfunden.

Er löste syrischen Asphalt in Lavendelöl und überzog mit dieser Lösung Metallplatten, die er im Dunkeln trocknete und, mit der zu vervielfältigenden Zeichnung auf geöltem Papier bedeckt, der Wirkung des Lichtes aussetzte. Durch das transparente Papier gingen die Lichtstrahlen mit Leichtigkeit hindurch und bewirkten eine Umwandlung des darunter liegenden Asphalts in die unlösliche Modifikation, während alle durch Striche usw. der Zeichnung abgedeckten Stellen vor der Wirkung des Lichtes geschützt blieben und sich hinterher durch Lösen entfernen ließen. Beim Übergießen der Platte mit Lavendelöl erhielt Niépce auf der Metallschicht ein Negativ der belichteten Zeichnung, das sich in bekannter Weise ätzen und durch Kupferdruckpressen vervielfältigen ließ. Man weiß, von welcher weittragender Bedeutung die Entdeckung Niépces mit dem weiteren Fortschreiten der Lichtbildkunst geworden ist und daß die auf diesem Wege erzeugten Bilder heute mit vollendeter Technik auf dem Wege der Heliogravüre hergestellt werden.

Im Verfolg seiner Versuche kam Niépce bald dazu, den Asphalt bedeutend lichtempfindlicher zu machen dadurch, daß er seine Lösungen in halb gefüllten, nur lose verschlossenen Flaschen für eine bzw. mehrere Stunden dem direkten Sonnenlicht oder dem zerstreuten Tageslicht aussetzte, also den Umwandlungsprozeß schon vorher einleitete; er beobachtete auch, daß die Lösungen ihre Lichtempfindlichkeit ganz verloren, wenn diese Vorbelichtung zu lange dauerte.

Zur Herstellung lichtempfindlicher Asphaltlösungen sind unter anderen folgende Vorschriften bekannt geworden: A. Prince¹⁾ zieht die natürlichen Asphalte mit Schwefelkohlenstoff oder Benzol aus. Fortier und Gobert²⁾ benutzen eine sehr dünne Lösung von Asphalt in Benzin. Despaquis³⁾ verwendet zur Herstellung lichtempfindlicher Schichten auf Glas zum Zweck späteren Ätzens eine Lösung von Asphalt in einer Mischung von 1 Tl. Chloroform und 3 Tln. wasserfreiem Benzin im Sommer, 1 Tl. Chloroform und 2 Tln. Benzin im Winter.

Einen Asphalt von möglichst hohem Schmelzpunkt und fast absoluter Löslichkeit in zwischen 80 bis 100° siedendem Benzin oder Benzol verwendet Rodrigues⁴⁾. Auf 100 g über Chlorcalcium getrocknetes Benzol nimmt er 8 g Asphalt und zur Verlangsamung der Verdunstung 3 g Lavendelöl.

Eine ähnliche Lösung empfiehlt auch Geymet⁵⁾: 5 g echten syrischen Asphalts werden in 100 ccm Benzin gelöst, denen zwei Tropfen Lavendelöl zugesetzt worden sind. Die Lösung ist frisch zu verwenden, da sie nach längerem Stehen unempfindlich wird; die belichtete Platte wird mit Terpentinöl entwickelt.

Nach Fichtner⁶⁾ wählt man sich Asphalt, der bei 90° noch nicht schmilzt und sich schwer in Terpentinöl löst. Auf eine Mischung von 90 Tln. Benzol und 10 Tln. Lavendelöl nimmt man 5 Tle. Asphalt. Alle Materialien müssen vollkommen entwässert und das Benzol durch Rektifikation von seinen lichtempfindlichen Stoffen (?) befreit sein. Mit diesem Firnis werden Zinkplatten (ähnlich wie Glasplatten mit Kollodium) überzogen, im Dunkeln getrocknet und unter dem Negativ 25 bis 30 Minuten in der Sonne oder drei bis vier Stunden in Tageslicht belichtet. Durch Versuche muß die Empfindlichkeit der Platten vorher festgestellt werden. Das Entwickeln erfolgt durch Schwenken der belichteten Platten in einem Gemisch von 5 Tln. Petroleum und 1 Tl. Benzol. Nachdem die Weißen vollkommen rein sind, hält man die Platten unter einen Strahl fließendes Wasser, läßt sie im Licht trocknen und ätzt mit verdünnter Salpetersäure.

Das in der Photolithographie und Photozinkographie öfters benutzte Asphaltpapier läßt sich nach M. Jaffé⁷⁾ auf einfachste Weise wie folgt herstellen: Man bereitet sich die bekannte Lösung von syrischem Asphalt in Benzol und übergießt damit eine blanke Spiegel- oder Metallplatte, die vorher mit Talkum abgerieben worden ist. Nach dem Trocknen quetscht man ein feuchtes Gelatinepapier mit einem Kautschuklineal auf, trocknet wieder — natürlich werden alle diese Operationen in der Dunkelkammer ausgeführt — und zieht dann das Papier vorsichtig ab, wobei die lichtempfindliche Asphalt-schicht auf demselben haften bleibt. Auf derartigem Papier kann man mit Leichtigkeit im gewöhnlichen Kopierrahmen Bilder jeden Formats kopieren, welche dann auf die bekannte Weise entwickelt werden können.

Macpherson⁸⁾ scheint der erste gewesen zu sein, der erkannt hatte, daß nicht alle Bestandteile des Asphalts gleich lichtempfindlich sind. Er extrahiert den gepulverten Asphalt mit Äther und benutzt nur den darin unlöslichen Teil.

¹⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874, S. 1297. — ²⁾ Phot. Korr. 1874, S. 134. — ³⁾ Ebenda. — ⁴⁾ Siehe Kayser, a. a. O., S. 29. — ⁵⁾ Traité prat. de photogravure sur zinc et cuivre 1886. — ⁶⁾ Photogr. Mitteilungen 1876, S. 259. — ⁷⁾ Phot. Korr. 1889, S. 52. — ⁸⁾ Siehe Kayser, a. a. O., S. 29.

Auch Husnik¹⁾ extrahiert feingepulverten und gesiebten, rohen Asphalt mit Äther, solange sich etwas davon löst. Nur das Ungelöste ist für den Asphaltprozeß tauglich und kann, in Benzol gelöst, zum Überziehen der Zinkplatten benutzt werden. Nach ihm ist es aber besser, den rohen Asphalt zuerst in Terpentinöl zu lösen und diese Lösung durch Schütteln mit Äther zu fällen; der filtrierte und mit Äther ausgewaschene Niederschlag ist dann in trockenem Benzol zu lösen, dem man zur Erhöhung der Geschmeidigkeit der Schicht 1½ Proz. venetianischen Terpentin zusetzen kann. Wenn das benutzte Benzol wasserhaltig war, kann man es mit ⅓ Proz. Chloroform versetzen.

Nach einer Mitteilung in der Phot. Korr. 1889, S. 6, läßt sich Asphalt auf chemischem Wege dadurch lichtempfindlicher machen, daß man ihn in grobepulvertem Zustand mit Chloroform zu einer dicken Flüssigkeit löst, der man das dreifache Volumen Äther zusetzt, tüchtig schüttelt und drei Tage stehen läßt. Nach Abgießen des Äthers wäscht man den Rückstand noch mehrmals mit Äther aus und trocknet ihn im Dunkeln. Beim Gebrauch zum Überziehen der Zinkplatten werden 5 Tle. des so gereinigten Asphalts in 100 Tln. Benzol unter Zusatz von etwas Perubalsam, nach anderen Lavendelöl oder Anilinöl, gelöst.

Später hat Albertine²⁾ gefunden, daß der Asphalt bei sehr langer Belichtung in Alkohol löslich wird, und hat darauf ein Verfahren gegründet, um Lichtpausen von Glasnegativen usw. auf Zinkplatten herzustellen, indem er die letzteren mit einer etwa 7 proz. Asphaltlösung überzieht, trocknen läßt und einige Stunden unter der betreffenden Zeichnung usw. belichtet. Die Platten werden dann für eine Minute in 40 proz. Alkohol getaucht und am Lichte liegen gelassen. Dann wird mit einem mit Alkohol getränkten Wattebausch unter sanftem Reiben das Bild entwickelt und geätzt. Man erhält auf diese Weise druckfertige Platten.

R. Kayser³⁾ hat eingehende Untersuchungen über die Lichtempfindlichkeit verschiedener Asphaltextrakte angestellt. Zu seinen Versuchen benutzte er syrischen Asphalt und Asphalt von Trinidad, und zwar den in Alkohol und in Äther löslichen und den in letzterem unlöslichen Teil. Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß die Träger der Lichtempfindlichkeit der beiden Asphaltarten die in Äther löslichen und unlöslichen Bestandteile sind, daß diese Eigenschaft jedoch in hervorragendem Maße dem in Äther unlöslichen, in beiden Asphalten vorkommenden Körper von der Zusammensetzung $C_{32}H_{42}S_2$ zukommt. Da in den Asphalten die Mischungsverhältnisse der einzelnen Bestandteile verschieden sind, so wird demnach derjenige Asphalt am lichtempfindlichsten sein, der den größten Gehalt an der Substanz $C_{32}H_{42}S_2$ aufzuweisen hat. Dieser Schluß wird durch den Versuch bestätigt, da der syrische Asphalt mit einem Gehalt von 52 Proz. an dieser Substanz weit lichtempfindlicher ist als der von Trinidad, welcher nur 38 Proz. davon enthält.

Auf Grund seiner Beobachtungen kommt Kayser zu dem Schluß, daß für die Praxis der syrische Asphalt dem von Trinidad vorzuziehen sein wird, und daß man für die Folge diesem vor der Verwendung auch noch die äther- und alkohollöslichen Bestandteile entziehen wird, um nur den die stärkste Lichtempfindlichkeit besitzenden Bestandteil zu verwenden.

¹⁾ Phot. Korr. 1885, S. 123. — ²⁾ Chem. Ind. 1900, S. 145. — ³⁾ A. a. O., S. 27.

Wie Eder und Valenta¹⁾ mitteilen, hatten die Kayserschen Untersuchungen zur Folge, daß man den Asphalt für heliographische Zwecke in seine Bestandteile zerlegte und nur die lichtempfindlichsten derselben benutzte unter Verwendung des Husnik- oder Kayserschen Verfahrens, oder indem man den Asphalt in genügenden Mengen Chloroforms löste und mit der dreibis fünffachen Menge Äthers die brauchbaren Bestandteile wieder ausfällte. Alle diese Verfahren bezwecken daher eine Erhöhung der Lichtempfindlichkeit des Asphalts auf physikalischem Wege.

Dagegen zeigt Valenta²⁾, daß man auch auf rein chemischem Wege die Aktivierung des Asphalts erreichen kann. Basierend auf der erwähnten Beobachtung von Kayser über die steigende Lichtempfindlichkeit der drei schwefelhaltigen Körpergruppen des Asphalts mit zunehmendem Schwefelgehalt und die Möglichkeit der Trennung derselben durch deren differierende Löslichkeit in Alkohol, Äther, Chloroform u. dgl., versuchte er die niedrig geschwefelten, wenig lichtempfindlichen Stufen durch weitere Addition von Schwefel in die hochgeschwefelten, äußerst lichtempfindlichen Stufen überzuführen.

Das erste Harz (α -Harz) ist in Alkohol löslich, nicht lichtempfindlich und besitzt die empirische Formel $C_{32}H_{46}S$ mit einem Gehalt von etwa 7 Proz. Schwefel; die beiden anderen (β - und γ -Harz) sind in Alkohol unlöslich, lichtempfindlich und besitzen höheren Schwefelgehalt. Das β -Harz hat die empirische Formel $C_{64}H_{92}S_3$, ist ätherlöslich und zeigt einen Gehalt von 10 Proz. Schwefel, während das γ -Harz von der Formel $C_{32}H_{42}S_2$ mit einem Schwefelgehalt von etwa 13 Proz. in Äther unlöslich, dagegen in Chloroform leicht löslich ist und die höchste Lichtempfindlichkeit aufweist.

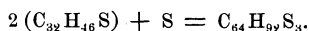
Nach Valentas Verfahren wird syrischer Asphalt in höher siedenden Flüssigkeiten (Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe, welche sich beim Kochen mit Schwefel nicht verändern) gelöst und unter Zusatz der nötigen Menge Schwefelblumen durch Erhitzen am Rückflußkühler behandelt. Valenta verwendete zuerst Toluol, dann Xylol und endlich das im Handel vorkommende rohe Cumol, welches einen Siedepunkt von ungefähr 170° besitzt. 100 g rohen syrischen Asphalts werden mit der gleichen Menge Cumol, in welchem schon vorher 12 g Schwefelblumen gelöst worden sind, am Rückflußkühler gekocht. Die tiefbraun gefärbte Lösung entwickelt reichlich Schwefelwasserstoff. Wenn nach ungefähr drei- bis vierstündigem Kochen die Schwefelwasserstoffentwicklung nachgelassen hat, wird das Cumol abdestilliert und der pechartige Rückstand in Benzol gelöst, so daß auf 100 Tle. Benzol 4 Tle. des Rückstandes kommen. Die Lösung kann direkt zum Präparieren der Zinkplatten verwendet werden. Es ist nicht nötig, mit dem Abtreiben des Cumols so weit zu gehen, daß der Asphalt in glasigem Zustand hinterbleibt; ein nicht zu großer Gehalt an Cumol beeinträchtigt keineswegs die Lichtempfindlichkeit der Schicht und gibt zu gleicher Zeit die Garantie, daß der Asphalt nicht überhitzt worden ist.

Die nähere chemische und spektroskopische Untersuchung des Präparates zeigte, daß das α -Harz verschwunden und vom β -Harz nur noch ein sehr geringer Teil vorhanden war, während sich die Menge des in Alkohol und Äther

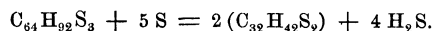
¹⁾ Chem. Ind. 1892, S. 482. — ²⁾ Phot. Korr. 28, 314 (1891); 29, 14 (1892); Chem.-Ztg. 1891, Rep., S. 234.

unlöslichen Teiles beträchtlich vermehrt hatte. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, bei genügend langer Dauer der Einwirkung von Schwefel auf den rohen, syrischen Asphalt das ganze α - und β -Harz in höher geschwefelte, lichtempfindlichere Produkte umzuwandeln, was durch weitere Versuche auch bestätigt worden ist. Die nach kurzer Einwirkung vorgenommene spektroskopische Untersuchung der Reaktionsflüssigkeit zeigte, daß die für das α -Harz charakteristischen Absorptionsstreifen (s. später) verschwunden waren; es scheint also, daß das α -Harz vom Schwefel zuerst angegriffen wird.

Der hier eintretende chemische Vorgang dürfte sich in der Weise abspielen haben, daß zunächst schon bei etwa 100° das α -Harz unter Addition zweier Moleküle und Anlagerung von Schwefel in das β -Harz übergeht nach der Gleichung:



Unterstützt wird diese Ansicht durch die Tatsache, daß reichliche Schwefelwasserstoffentwicklung erst bei höherer Temperatur auftritt, bei welcher dann auch das β -Harz in das γ -Harz übergeführt wird;



Dabei scheint auch das γ -Harz noch Schwefel aufzunehmen, da das nach diesem Verfahren dargestellte sich noch lichtempfindlicher erweist, als das seinerzeit von Kayser untersuchte.

Der auf diese Weise geschwefelte Asphalt ist nahezu unlöslich in Äther, ziemlich leicht löslich in Benzol, Toluol, Xylol, Cumol und Terpentinöl. Zum Gebrauch stellt man sich eine 4proz. Lösung in Benzol (nicht Benzin) her, filtriert und verdünnt eventuell so weit, daß beim Aufgießen auf eine Zinkplatte eine goldgelb gefärbte Haut entsteht; eine halb- bis einstündige Belichtung der Lösung in offener Flasche ist empfehlenswert.

Ein ähnliches Produkt erhielt Valenta¹⁾ durch Schmelzen von Kolophonium mit Schwefel, das bei der Schmelztemperatur ohne Reaktion, bei 180° aber unter reichlicher Schwefelwasserstoffentwicklung und Hinterlassung eines dem syrischen Asphalt ähnlichen Rückstandes verläuft. Das Harz ist fast schwarz, schwefelhaltig, nicht in Alkohol, aber in Benzol und Chloroform sehr leicht löslich. Es hinterläßt, in dünner Schicht auf Glas gegossen, eine feste Lackschicht von ähnlicher Lichtempfindlichkeit wie der syrische Asphalt, kann also statt dessen in der Photographie und zu heliographischen Metallätzungen Verwendung finden.

Eine Beschreibung der hierauf bezüglichen Kunstdruck- und Vervielfältigungsverfahren gehört nicht hierher. Wer sich darüber informieren will, der sei auf die einschlägige Literatur, vor allem auf das Werk von Scamoni, Heliographie, und viele andere verwiesen.

¹⁾ Zentr.-Org. für Warenkunde und Technologie 1891, I, 19.

III.

ANALYTISCHER TEIL

Wenn auch die chemische Natur der Asphalte noch nicht als aufgeklärt gelten kann, so sind doch in jüngster Zeit in der Charakterisierung der einzelnen Asphaltarten auf analytischem Wege so große Fortschritte gemacht worden, daß es in den meisten Fällen möglich ist, die einzelnen Asphaltarten qualitativ voneinander zu unterscheiden, ja sogar schon bis zu einem gewissen Maße ihre Mengen quantitativ in Gemischen festzustellen. Auch die Prüfungs- und Bewertungsmethoden für die Asphalte selbst haben, namentlich in Amerika, außerordentliche Förderung erfahren, nicht zum wenigsten durch die erfolgreichen Forschungen Clifford Richardsons. Nach Möglichkeit sind die amerikanischen Prüfungsmethoden, die mehr physikalischer Art sind und sich den Anforderungen, wie sie in der Praxis an die Asphalte gestellt werden, anpassen, in den nachstehenden Kapiteln mit berücksichtigt worden. Ferner sind noch aufgenommen spezielle Methoden zur Prüfung von Asphaltprodukten für den Straßenbau und sonstige technisch wichtige Verwendungen des Asphalts.

Dreizehntes Kapitel.

Physikalische Methoden zur Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte.

Es ist nicht möglich, durch einfache physikalische oder chemische Untersuchung von einem Asphaltmaterial zu sagen, ob es gut oder schlecht ist. Man muß dabei vielmehr stets den Verwendungszweck und die Ansprüche, die an das Material gestellt werden sollen, im Auge behalten. Dazu kommt der Mangel an einheitlichen Untersuchungsmethoden auf diesem Gebiet, dem in anderen Industrien längst abgeholfen ist. Daß die Untersuchungsmethoden allein kein genügendes Bild über die Brauchbarkeit eines Materials ergeben können, ergibt sich z. B. schon daraus, daß ein Straßenbaumaterial unter bestimmten klimatischen und Verkehrsverhältnissen sich sehr gut bewährt, während dasselbe Material, an einem anderen Ort und unter anderen Bedingungen sehr schlechte Resultate ergeben kann. Man muß daher möglichst solche Untersuchungsverfahren anwenden, bei denen der Asphalt ähnlichen Beanspruchungen unterworfen wird, wie sie später in der Praxis auftreten. Dasselbe gilt in noch höherem Maße für die aus Asphalten hergestellten Produkte, wie Asphaltblocksteine, Dachpappen, Isoliermaterialien u. dgl. Aus diesem Grunde eignen sich auch rein physikalische Prüfungsmethoden besser für Asphalte und Asphaltprodukte als chemische, die mehr zum Identitätsnachweis dienen. Man wird bei der Untersuchung eines Asphaltmaterials erst mit einfacheren Prüfungen beginnen und dann in dem Maße, als sie nicht für sich allein zur Bewertung oder Identifizierung ausreichen, mit komplizierteren fortfahren.

1. Allgemeine Unterscheidungsmerkmale.

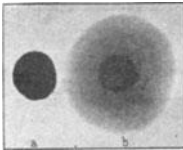
Das einfachste Verfahren ist die Prüfung auf Aussehen, Farbe und Glanz. Ein stumpfes Aussehen ohne Glanz läßt schon einen Rückschluß auf die Menge des Bitumengehaltes zu. So ist z. B. Trinidadasphalt von einer stumpfen, braunen Farbe, sowohl im rohen wie im raffinierten Zustande, herrührend von einem Gehalt an Mineralbestandteilen, während Petrolpeche, die fast aus reinem Bitumen bestehen, hochglänzend sind. Das gleiche gilt z. B. für Steinkohlenteerpech, das, allerdings nur bei größerem Gehalt an sogenanntem freien Kohlenstoff, ein matteres Aussehen zeigt als Braunkohlenteerpech, das nur wenig Unlösliches enthält und hochglänzend ist. Ein Unterschied in der Farbe zeigt sich nicht nur bei den Asphalten selbst, sondern vielfach sogar noch bei ihren Produkten. So zeigt ein Asphaltkitt, der mit Trinidadasphalt hergestellt ist, namentlich im direkten Sonnenlicht, einen

etwas braunen Schein, herrührend von den mineralischen Bestandteilen, während Asphaltkitt aus reicherm Material diese Eigenschaft nicht besitzt. Andere Materialien wieder, wie Grahamit, haben einen eigenartigen, an Steinkohlen erinnernden Schimmer, der, verbunden mit dem spröden und splitterigen Bruch, für das Material charakteristisch ist. Solche Unterschiede zeigen sich auch bei genügend hartem Material auf einer rauhen Porzellanschale oder einem Tonteller beim Strich.

Charakteristisch für manche Asphaltarten ist auch ein besonderer Geruch. So haben alle natürlichen Asphalte einen wesentlich anderen Geruch als künstlich hergestellte Produkte, selbst wenn sie aus Ölen gewonnen worden sind, die an sich schon einen bedeutenden Asphaltgehalt haben, und dieser Geruch, der sich natürlich nicht in Maß und Zahl ausdrücken läßt, bildet ein charakteristisches Merkmal. Man kann ihn z. B. wahrnehmen an Asphaltpulver, das aufgedarrt worden ist, beim Schmelzen von Trinidadasphalt oder sonstigem natürlichen Bitumen. Dieser Geruch scheint teilweise durch leichtflüchtige Bestandteile bedingt zu sein, die natürlich in Destillationsrückständen, die oft sehr hohen Temperaturen unterworfen sind, nicht mehr vorhanden sind. Sehr leicht führt der Geruch bei flüssigen Produkten, z. B. bei Mineralölrückständen und Teeren, zur Unterscheidung infolge des Gehaltes der letzteren an starkkriechenden aromatischen Kohlenwasserstoffen, wie Benzol, Toluol, Naphthalin oder, wenn noch Wasser im Teer vorhanden sein sollte, an Ammoniak. Auch die Teere lassen sich voneinander leicht durch den Geruch unterscheiden, wie Steinkohlenteer, Braunkohlenteer und Holzteer. Verschärft wird die Unterscheidung durch den Geruch, wenn man das zu prüfende Material erwärmt.

Ein drittes Unterscheidungsmerkmal für Asphalte bildet das Gefühl. Asphalte mit hohem Gehalt an mineralischen Bestandteilen fühlen sich immer etwas rau an, weil sie nicht eine so glatte Oberfläche zeigen wie höherprozentige Produkte, die der Haut beim Befühlen keinen Widerstand entgegensetzen.

Fig. 182.



Asphaltflecke.

Ein charakteristischer Unterschied zwischen Asphalt-rückständen aus Ölen mit Paraffinbasis und solchen mit Asphaltbasis besteht ferner in der Filtrationsgeschwindigkeit, die man durch Tupfprobe mit den noch flüssigen Produkten am einfachsten in der Weise ausführen kann, daß man Flecke mit den zu untersuchenden flüssigen Produkten auf Filterpapier macht. Man sieht dann bei Ölen mit Paraffinbasis, da Paraffine viel schneller diffundieren, um den dunkleren Asphaltfleck herum einen helleren Fleck als bei den asphaltischen, höher molekularen Ölen. Auf Fig. 182 zeigt *a* den Fleck eines Öles mit Asphaltbasis, *b* den eines solchen mit Paraffinbasis.

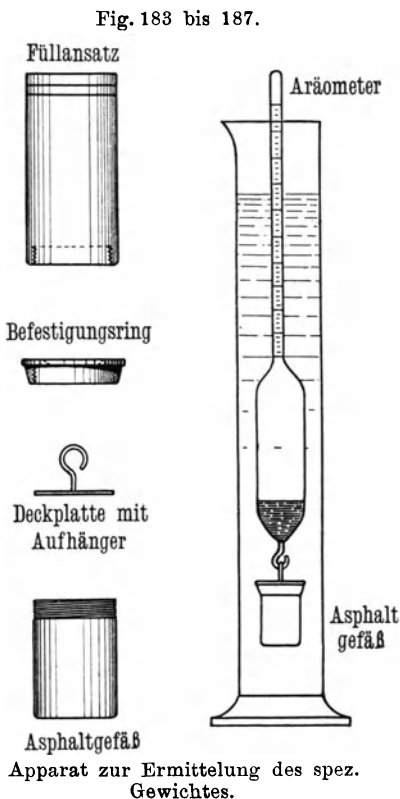
Endlich zeigt auch noch das Einführen einer Nadel charakteristische Unterschiede zwischen Asphalten aus Ölen mit Asphalt- oder Paraffinbasis; Asphalte mit reiner Asphaltbasis bieten ziemlichen Widerstand, sowohl beim Eindringen als auch beim Ausziehen und bilden, wenn sie genügend weich sind, oft auch einen langen Faden, der an der Nadel anhängt, während bei Rückständen von paraffinhaltigen Ölen das Eindringen und Herausziehen glatt und ohne Faden zu ziehen vonstatten geht.

2. Bestimmung des spezifischen Gewichtes.

Ein hohes spezifisches Gewicht läßt immer auf Verunreinigungen durch anorganische Bestandteile schließen. So hat der Trinidadasphalt mit 43 bis 46 Proz. Gehalt an mineralischen Bestandteilen ein spezifisches Gewicht von 1,37 bis 1,4, während Erdölrückstände von gleicher Härte ein solches von etwa 1,08 zeigen und der Bermudezasphalt mit einem Gehalt an mineralischen Bestandteilen von etwa 5 Proz. ein spezifisches Gewicht von etwa 1,07 aufweist.

Die Ermittlung des spezifischen Gewichtes erfolgt bei festen Asphalten entweder durch die Schwimmethode, wofür sich, wenn sie leichter als Wasser sind, ein Gemisch aus Alkohol und Wasser, wenn schwerer als Wasser, Salzlösungen eignen. Die Lösung wird so lange durch Zusatz von Alkohol oder Wasser verdünnt, bis das Material schwimmt und darauf ihr spezifisches Gewicht mit Hilfe des Aräometers festgestellt, wobei etwa anhaftende Luftblasen sorgfältig zu entfernen sind. Erleichtert wird dies, wenn man den Asphalt vorher mit etwas Alkohol anfeuchtet, da das Wasser dann leichter die Oberfläche benetzt. Steht nur wenig Material zur Verfügung, so bedient man sich eines Pyknometers in der bekannten Art und Weise. Um das spezifische Gewicht mit Hilfe eines nach Art der Aräopyknometer konstruierten Instrumentes bestimmen zu können, verfährt Sommer¹⁾ nach folgendem Verfahren, das sich mit gleichem Vorteil auf alle Stoffe anwenden läßt, die beim Erstarren eine wesentliche Kontraktion erfahren.

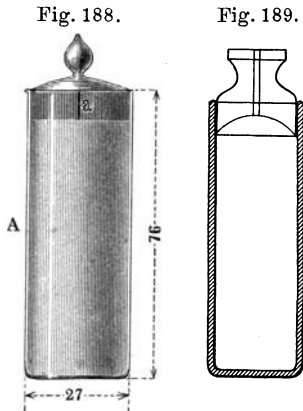
Der Apparat wird durch die Fig. 183 bis 187 dargestellt. Das eigentliche kalibrierte Meßgefäß besteht aus zwei Teilen, dem unteren, der genau 10 cm enthält, und dem oberen, aufgeschraubten, in welchem sich ein sogenannter verloreener Kopf bildet. Vor dem Gebrauch sind beide Teile zusammengeschraubt und werden mit dem geschmolzenen Asphalt gefüllt und einige Zeit über dessen Schmelzpunkt erhitzt, damit alle Luftblasen entweichen können. Ist dies geschehen, so läßt man den Asphalt zunächst an der Luft, damit er nicht plötzlich von den Wänden abspringt, und dann in Wasser bis zu der Temperatur abkühlen, bei der man das spezifische Gewicht ermitteln will. Als schlechter Wärmeleiter muß der Asphalt im Wasser wenigstens eine halbe Stunde verbleiben, damit er dessen Temperatur annimmt. Dann nimmt man das Instrument heraus und kühlt den oberen Teil bei



¹⁾ Petroleum 1909/10, S. 266.

hartem Asphalt durch Eis, oder erwärmt ihn bei weichem, falls er sich nicht ohne weiteres losschrauben lassen sollte, mit der Flamme. Nach Entfernung der Form für den Anguß (verlorenen Kopf) glättet man den Asphalt an der Oberfläche des Meßgefäßes mit einem breiten Messer, eventuell unter Erwärmen, und hat jetzt genau 10 ccm Asphalt im Meßgefäß.

Schon durch einfache Wägung, unter Abzug des Gewichtes des Meßgefäßes, würde sich jetzt das spezifische Gewicht des Asphalts ermitteln lassen. Vereinfacht wird diese Bestimmung noch auf folgende Weise: Auf das Meßgefäß wird ein flacher Deckel aufgelegt und durch eine Überwurfmutter festgepreßt. Der Deckel trägt eine Öse, mit der er an eine geeichte Aräometerspindel aufgehängt wird. Dann wird dies Instrument samt Meßgefäß in Wasser von der Temperatur gehängt, bei der das spezifische Gewicht ermittelt werden soll, bzw. bei der man den Asphalt erstarren ließ, wobei Luftblasen durch Drehen des Instrumentes zu entfernen sind. Das spezifische Gewicht kann dann direkt am Instrument abgelesen werden, worauf das Meßgefäß durch Ausschmelzen des Asphalts und Waschen mit Benzin oder Benzol gereinigt wird.



Wiegefäßchchen.

der Viskosität sowie der flüchtigen Bestandteile erstreckt, und das im folgenden wiedergegeben werden soll: Zur Ermittelung des spezifischen Gewichtes bedient man sich eines gewöhnlichen „Wägegläschens“, in dessen Glasstopfen man einen von oben nach unten durchgehenden Kerb *a* von etwa 2 mm Breite und Tiefe einfeilt (s. Fig. 188). Damit läßt sich die Operation vollkommen reinlich, leicht und mit größter Genauigkeit ausführen, wenn man wie bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes fester Substanzen verfährt, indem man das Gläschchen nur teilweise mit Teer füllt und dann mit Wasser auffüllt; man erreicht dann das Ziel durch eine neue Wägung. Man verfährt dabei wie folgt: Erst bestimmt man ein für allemal das Eigengewicht des Gläschens (*a*) und dessen Gewicht nach Füllung mit Wasser von 15° (*b*); dann trocknet man es aus, gießt beliebig viel Teer hinein, etwa bis zu zwei Drittel der Höhe, und stellt das Glas mit abgenommenem Stopfen eine Stunde in heißes Wasser, bis alle Luftblasen aus dem dann ganz dünnen Teer entwichen sind. Nun läßt man erkalten und wägt das Glas + Teer (*c*). Hierauf füllt man mit Wasser auf, setzt den Stopfen auf, entfernt das aus

¹⁾ Vgl. Lunge-Köhler, *Ind. d. Steinkohlenteers u. d. Ammoniaks*, 5. Aufl., 1. Bd

dem Kerb der letzteren austretende Wasser, läßt in einem größeren Wassergefäß stehen, dessen Temperatur man kennt, trocknet außen ab und wägt wieder (*d*). Das gesuchte spezifische Gewicht *s* ist dann:

$$s = \frac{c - a}{b + c - (a + d)}.$$

In den meisten Fällen wird schon die Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Teers zur Beurteilung seiner Qualität ausreichen.

Ähnlich diesem Instrument ist ein kleiner Apparat von Hubbard¹⁾, der aus einem dickwandigen Glas besteht mit fest eingeschliffenem Stopfen mit starker Bohrung, wie dies aus Fig. 189 ersichtlich ist.

Angaben über die spezifischen Gewichte einer großen Anzahl von Asphalten und Asphaltiten, Residuen und Pechen, großenteils nach den sorgfältigen Untersuchungen von Clifford Richardson, sind bereits im vierten Kapitel gelegentlich der Besprechung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Asphalte gemacht worden, auf die hiermit verwiesen sei.

3. Bestimmung des Schmelzpunktes.

Die Bestimmung des Schmelz- bzw. Erweichungspunktes der Asphalte ist wichtig für die Wahl des Materials, das gewissen Anforderungen in bezug auf sein Verhalten bei höherer oder niederer Temperatur zu entsprechen hat. Es ist hierbei jedoch zu berücksichtigen, daß das Material schon größere Mengen Füllstoffe oder mineralische Bestandteile enthalten kann, die den Schmelz- bzw. Erweichungspunkt scheinbar erhöhen, und es können sich daraus folgenschwere Irrtümer ergeben, wenn ein scheinbar hochschmelzender Asphalt weiter verarbeitet wird. Besonders wenn er für Straßenbauzwecke später mit noch weit größeren Mengen von Füllstoffen gemischt wird, ergeben sich Gemische, die sich als zu weich oder zu hart erweisen, wenn man auf den Schmelzpunkt des reinen Bitumens keine Rücksicht genommen hatte.

Um den Schmelzpunkt des reinen Bitumens zu bestimmen, empfiehlt es sich deshalb in allen Fällen, wo ein größerer Gehalt an anorganischen Bestandteilen vorhanden ist, erst durch Extraktion mit einem möglichst leichtsiedenden Extraktionsmittel, z. B. Schwefelkohlenstoff oder Chloroform das Bitumen zu isolieren, das Lösungsmittel zu verjagen und nur das reine Bitumen auf seinen Schmelzpunkt zu prüfen.

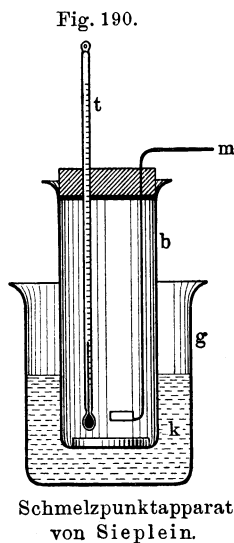
Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß bei so komplizierten Gemischen verschiedenartiger Substanzen, wie sie in den natürlichen und künstlichen Asphalten vorliegen, von einem eigentlichen Schmelzpunkt nicht die Rede sein kann. Mit alleiniger Ausnahme vielleicht der harten syrischen oder diesen ähnlichen Asphalten zeigen alle übrigen hierher gehörigen Produkte beim Erwärmen auf höhere Temperatur alle Stadien der Erweichung bis zur Schmelzung.

Zur Erzielung vergleichbarer Resultate unter gleichen Bedingungen verfahren C. F. Mabery und O. J. Sieplein²⁾ bei der Bestimmung des Schmelzpunktes der Asphalte wie folgt. Der in Fig. 190 dargestellte Apparat besteht aus einem Glycerinbad *g*, in welches ein schmaler Becher *b* eingesenkt ist,

¹⁾ Chem.-Ztg. 1909, Rep., S. 487. — ²⁾ Journ. Amer. Chem. Soc. 1901, p. 16; Journ. Soc. Chem. Ind. 1901, p. 394.

der mit einem Kork verschlossen ist. Letzterer dient zum Tragen des Thermometers t und des Metallstreifens m , welcher $\frac{1}{2}$ Zoll breit, unten mehrfach rechtwinklig umgebogen ist und als Träger für die Asphaltprobe dient. Notwendige Bedingungen für die Erzielung konstanter Resultate sind die Entfernung des Musters vom Thermometer ($\frac{1}{8}$ Zoll), die Entfernung des Metallstreifens vom Boden des inneren Becherglases, die Breite des Metallstreifens und die Dimensionen der Asphaltprobe.

Mabery und Sieplein formen die Proben aus dem durch Erwärmen erweichten Asphalt in solcher Größe, daß sie auf der metallenen Unterlage ringsherum $\frac{1}{4}$ Zoll vorstehen. Sie fanden, daß eine Differenz von fünf Minuten in der Dauer der Erwärmung keinen merklichen Einfluß auf das Resultat der Bestimmung hat. Ein auf den Boden des Bechers b gestelltes Schälchen von Kupferblech erleichtert die Reinigung des Apparates. Zerbröckelte Muster von Asphalt zeigten den niedrigsten Schmelzpunkt. Der Unterschied zwischen den Resultaten der Kontrollbestimmungen und der ersten Bestimmung betrug meistens nur 2 bis 3° C, und gewöhnlich zeigten sich überhaupt keine Schwankungen. Für höhere Schmelzpunkte wäre natürlich an Stelle des Glycerinbades ein Luftbad zu verwenden.

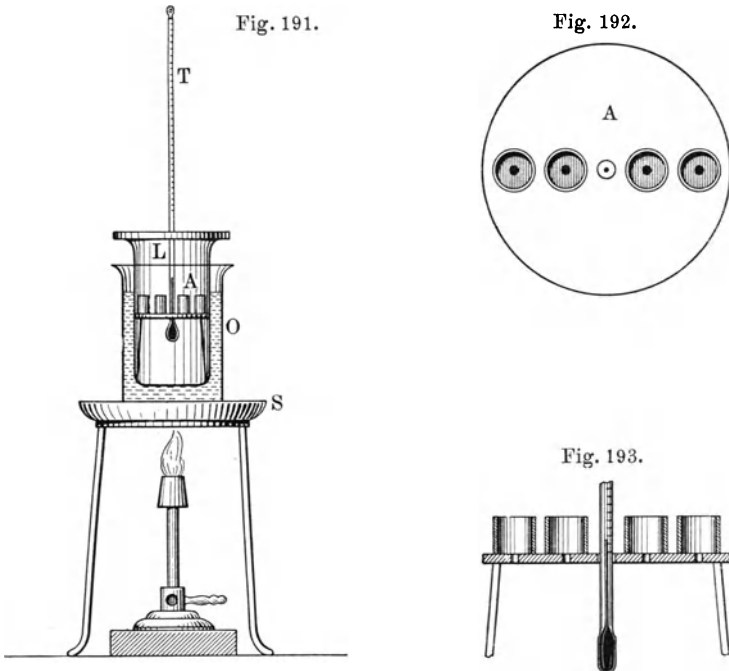


J. Kovács¹⁾ beschreibt folgenden Apparat zur Bestimmung des Härtegrades (bzw. des Schmelzpunktes) des Asphalts. Auf einem Sandbade S (Fig. 191), 160 mm im Durchmesser und einer 10 mm hohen Lage von Sand befindet sich ein Becherglas O von ungefähr 110 mm Durchmesser und 160 mm Höhe, enthaltend die nötige Menge Öl oder Glycerin, um das eingehängte Becherglas L — von 90 mm Durchmesser und 160 mm Höhe — bis zu Dreiviertel seiner Höhe zu bedecken. In diesem Luftbade wird der Tropfrahmen A untergebracht, welcher durch Fig. 192 in der Aufsicht und durch Fig. 193 im Querschnitt dargestellt ist. Er besteht aus einer 3 mm dicken, auf drei Füßen von 160 mm Höhe ruhenden Messingscheibe von 83 mm Durchmesser, welche in der Mitte ein Loch besitzt, um ein Thermometer hindurchzulassen und außerdem vier weitere Löcher von je 2 mm Durchmesser, um welche vier Messingzylinder von je 12 mm Durchmesser und 15 mm Höhe zentrisch gelötet sind. Unter dem Sandbade befindet sich ein Bunsenbrenner, dessen Flamme so reguliert wird, daß die Temperatur bei jeder Bestimmung ganz gleichmäßig steigt. Das Becherglas L wird mit einer Glas- oder besser Korkplatte bedeckt.

Zur Bestimmung des Härtegrades eines Asphalts wird $\frac{1}{2}$ g abgewogen, in eine Kugel geformt und diese für 10 bis 20 Minuten liegen gelassen. In jede der vier Tuben auf dem Tropfrahmen wird dann je eine der Kugeln gegeben und dieser sofort in das Luftbad gebracht nebst dem Thermometer, und außerdem noch ein Thermometer in das Ölbad gesenkt und der Bunsen-

¹⁾ Chem. Rev. d. Fett- u. Harzind. 1902, S. 156; Journ. Soc. Chem. Ind. 1902, p. 1077.

brenner angezündet. Nach einiger Zeit erweicht der Asphalt, schmilzt und tropft durch die Öffnungen der Messingplatte hindurch, bei welcher Erscheinung die Temperatur abgelesen wird. Ein Asphalt, der zur Herstellung von Mastix



Schmelzpunktapparat von Kovács.

für Fußböden dienen soll, darf nicht unter 80°C abtropfen, während zur Herstellung von Mastix für Straßenasphaltierung dieser Punkt nicht unter 105° liegen sollte. Es ist üblich, sich bei diesen Bestimmungen gleichzeitig eines Vergleichsmusters vom richtigen Härtegrad zu bedienen.

Folgendes sind einige Resultate, die in dem Apparat erhalten worden sind:

Tube Nr.	Asphaltsorte	Abtropftemperatur °C
1	Dalmatiner Asphalt	97,0
2	Trinidadasphalt	93,5
3	Tatarosasphalt	114,0
4	Normalasphalt	105,0

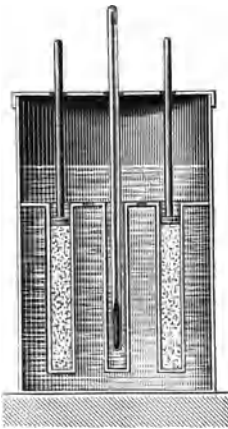
Kovács glaubt, daß das Verfahren auch von Wert bei der Prüfung des Brikkettpechs sein dürfte.

Für die Untersuchung des Steinkohlenteerpechs auf den Erweichungs- bzw. Schmelzpunkt haben sich in der Praxis folgende Verfahren ausgebildet, die sicherlich auch für die Untersuchung der übrigen natürlichen und künstlichen Asphalte verwendet werden können. Es liegt

für die Pechsorte	der Erweichungspunkt	der Schmelzpunkt
weich	bei 40° C	bei 50° C
mittelhart	„ 60° C	„ 70° C
hart	„ 80° C	bei 90 bis 110° C

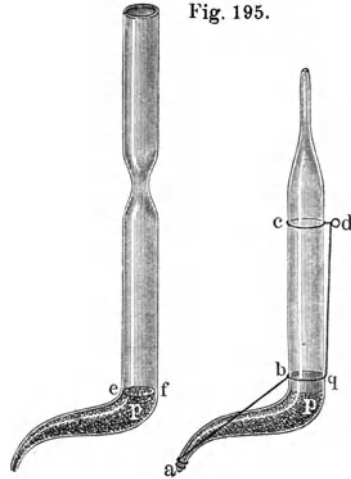
Gute Resultate erhält man auf folgendem Wege, welcher in französischen Fabriken üblich ist. Der Blechzylinder (Fig. 194) enthält eine wagerechte Zwischenwand, in welcher fünf unten geschlossene Röhren eingelötet sind. Das Mittelrohr dient zur Einführung eines Thermometers, die vier anderen zur Aufnahme von gemahlenem und gesiebttem Pech. Durch das Sieben muß man sowohl die groben Teile als auch den Staub entfernen. Das Pechpulver wird durch eine gestielte eiserne Scheibe von bestimmtem Gewicht belastet, wobei die Durchbohrungen des oberen Deckels als Führungen für die Stiele und das Thermometer dienen. Der Zylinder wird nun mit Wasser oder für Pech mit höherem Schmelzpunkt mit einer Salzlösung bis etwas über die Röhren gefüllt und über einer Lampe erhitzt, bis die Scheiben in das geschmolzene Pech einsinken, welche Temperatur als Schmelzpunkt notiert wird.

Fig. 194.



Französischer Schmelzpunktapparat.

Fig. 195.



Schmelzpunktapparat von Schenk.

Besser wird dieses Blechgefäß durch einen massiven Stahlzylinder ersetzt, in welchen die fünf Öffnungen für die Röhren und das Thermometer eingehohrt sind.

Zur Bestimmung des Schmelzpunktes des Pechs und des Zustandes „flüssig“ bedient sich E. Schenk zu Schweinsberg¹⁾ der folgenden Vorrichtung. Einer etwa 7 mm weiten und 25 cm langen Glasröhre gibt man durch Biegen und Ausziehen über der Gasflamme die in Fig. 195 dargestellte Form. Hierauf füllt man den unteren Teil bis zur Linie *ef* mit fein gestoßenem Pech *p*; falls das Pech zum Stoßen zu weich ist, formt man kleine Kügelchen und füllt damit den unteren gebogenen Teil der Glasröhre. Auf die Pechfüllung gibt man einen Tropfen Quecksilber. Hierauf zieht man den engen Teil der Röhre über einer Flamme zu einer Haarröhrchenspitze aus. An dem Apparat befestigt man einen Platindraht *a, b, c, d, q*, wobei *a* eine kleine Schlinge zur Aufnahme der Spitze des Glasrohres bildet, während der Draht bei *bq* und *cd* in Ringen um das Rohr geschlungen ist; bei *d* befindet sich außerdem noch eine Schlinge zum Durchstecken eines kleinen Glasstabes, welcher zum Aufhängen des Apparates in einem Becherglase mit

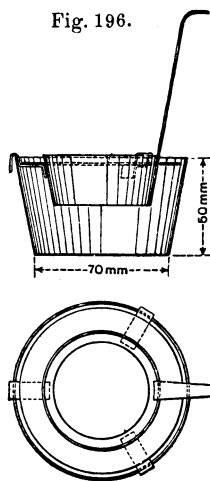
¹⁾ Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1890, S. 463.

Wasser dient. Neben dem Röhrchen wird ein Thermometer eingehängt, dessen Quecksilberkugel mit der Pechprobe in gleicher Höhe sich befindet. Man beginnt mit der sehr langsamen Erwärmung des Wassers und entfernt etwa aufsteigende Gasbläschen an dem Apparat mit Hilfe der Fahne eines Federkieses. Mit dem Steigen der Temperatur sintert das Pech zusammen, so daß die gesinterte Pechmasse ungefähr das halbe Volumen einnimmt, als die ursprüngliche Füllung. Ist der Schmelzpunkt des Pechs erreicht, so gibt sich die Erscheinung dadurch zu erkennen, daß ein Aufschwellen desselben stattfindet. Die beginnende Schmelzung kann am deutlichsten an der unteren Kniebiegung und der Spitze des Apparates wahrgenommen werden. Sobald die Erscheinung des Aufschwellens eintritt, liest man die Grade am Thermometer ab, welche nun den Schmelzpunkt des Pechs angeben. Nun setzt man die Erwärmung langsam fort, wobei das Pech im Röhrchen aufsteigt und der Quecksilbertropfen niedersinkt und bald von der flüssigen Masse umschlossen wird. Diesen Flüssigkeitszustand des Pechs, wobei der ganze untere Teil des Röhrchens mit flüssigem Pech und Quecksilber ausgefüllt ist, nennt Schenk zu Schweinsberg den „praktischen“ Schmelzpunkt, und liest die Temperatur, bei der diese Erscheinung eintritt, gleichfalls ab. Als weiches Pech bezeichnet er solches, dessen Schmelzpunkt unter 60° liegt, als mittelhartes solches vom Schmelzpunkt 60 bis 99° und als hartes solches, dessen Schmelzpunkt über 100° liegt.

Nach J. Klimont¹⁾ bietet die Methode von Schenk zu Schweinsberg die zuverlässigsten Resultate bei der Bestimmung der Erweichungs- und Schmelztemperatur des Steinkohlenteerpechs; es muß aber darauf hingewiesen werden, daß dieselbe nur in der Hand solcher Analytiker, welche sie häufig handhaben, zuverlässige Resultate gibt, weil sowohl die Anschwellung als auch das Untersinken des Quecksilbertropfens infolge des v. Kraemer-Sarnow. feinen Pechstaubes, welcher die Oberfläche desselben überzieht, schwer zu erkennen und für das ungeübte Auge keinerlei Vorgänge wahrzunehmen sind. Er gibt weitere Ausführungsanweisungen, auf die verwiesen werden muß.

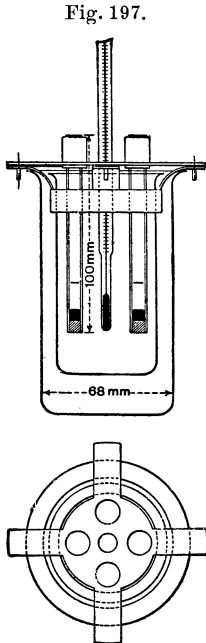
Nach G. Kraemer und C. Sarnow²⁾ sind die meisten dieser Methoden zur Bestimmung des Schmelz- bzw. Erweichungspunktes der Asphalte und asphaltartigen Körper unzuverlässig, weil sie eben zu sehr von der Person des Untersuchers abhängig sind, so daß Unterschiede von 5 bis 10° nichts Seltenes sind. Ähnlich verhält es sich auch mit der Benutzung des Englerschen Viskosimeters, welche im amtlichen Warenverzeichnis für Petroleumrückstände vorgeschrieben ist, wobei die Genauigkeit durch die meist große Adhäsion der Substanz an den Wandungen der Ausflußöffnung beeinträchtigt wird. Besser sind schon die Methoden, welche darauf beruhen, daß man den Zeitpunkt des Einsinkens eines schweren Körpers in das beim Erwärmen zum Schmelzen kommende Produkt beobachtet.

Fig. 196.

Schmelzpunktapparat
des v. Kraemer-Sarnow.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 761. — ²⁾ Chem. Ind. 1903, S. 55.

Zuverlässige Resultate werden erzielt, wenn man sich des von den Genannten ausgearbeiteten Verfahrens bedient, welches im deutschen Handel mit Steinkohlenteerpech allgemein eingeführt ist und sich seit längerer Zeit bei einer sehr großen Anzahl von Bestimmungen durchaus bewährt hat. Man schmilzt etwa 25 g des zu untersuchenden Pechs oder Asphalts in einem kleinen Blechgefäß mit ebenem Boden in einem Ölbad von ähnlicher Form (Fig. 196) bei etwa 150°; die Höhe der geschmolzenen Pechschicht soll etwa 10 mm betragen. In diese taucht man das eine Ende eines etwa 10 cm langen, an beiden Enden offenen Glasröhrchens von 6 bis 7 mm lichter



Schmelzpunktapparat
v. Kraemer-Sarnow.

als 90° liegt, empfiehlt es sich, das äußere Becherglas mit weißem Paraffin oder Paraffinöl zu füllen, das innere mit gesättigter Kochsalz- oder Chlormagnesiumlösung.

Die gefundenen Schmelzpunkte weichen von den nach der bisher üblichen Methode um einige Grade ab, d. h. sie sind um so viel niedriger. Sie werden in etwas beeinflusst durch die Weite des Röhrchens, die Dicke der Pechschicht in demselben und die Höhe der Quecksilbersäule. Nimmt man immer gleiche Mengen (5 g) Quecksilber, so wird die etwa größere Weite des Röhrchens durch die geringere Höhe der Quecksilberschicht kompensiert. Der Einfluß der Dicke der Pechschicht ist, wie sich gezeigt hat, innerhalb gewisser Grenzen nicht merkbar. Eine 5, 6 und 7 mm dicke Pechschicht gab 61,5°, 60,5° und 61,5° Erweichungspunkt.

Wie zuverlässig das Verfahren arbeitet, ergeben folgende Einzelbestimmungen an verschiedenen Orten:

Weite, schließt beim Herausnehmen des Röhrchens die obere Öffnung mit dem Finger und läßt das mit Pech gefüllte Ende durch Drehen an der Luft in wagerechter Lage erkalten. Sobald das Pech nicht mehr fließt, nimmt man das an der äußeren Wand des Röhrchens haftende Pech mit dem Finger fort. Die Höhe der Pechschicht im Rohr wird jetzt in der Regel etwa 5 mm betragen. Auf dieses gibt man 5 g Quecksilber, welches sich für diesen Zweck am bequemsten in einem unten geschlossenen, mit Teilstrich versehenen Röhrchen abmessen läßt, und hängt das so beschickte Röhrchen in ein mit Wasser gefülltes Becherglas, welches wieder in ein zweites mit Wasser gefülltes Becherglas hineingehängt ist. In das innere Becherglas läßt man ein Thermometer so eintauchen, daß das Quecksilberggefäß desselben in gleicher Höhe mit der Pechschicht im Röhrchen steht, und erhitzt nun mit mäßiger Flamme. Die Temperatur, bei welcher das Quecksilber die Pechschicht durchbricht, notiert man als Schmelz- bzw. Erweichungspunkt des Pechs oder Asphalts.

Der nach Fig. 197 ausgerüstete Apparat gestattet natürlich nicht nur ein, sondern mehrere mit Pech oder Asphalt beschickte Röhrchen gleichzeitig zu beobachten, so daß man mehrere Schmelzpunkte mit einem Male nehmen kann. Für Asphalte, deren Schmelzpunkt höher

Herkunft	Weichpech °C	Mittelweiches Pech °C	Hartpech °C
Grabow i. M.	51,0	68,5	80,0
„	51,5	68,5	80,0
„	51,5	68,2	80,8
„	51,3	69,0	80,5
Niederau i. S.	—	—	83,0
„	—	—	84,0
Pasing	—	—	83,5
„	—	—	84,5
Erkner	50,0	61,5	87,0
„	50,5	60,5	86,0
„	51,0	61,5	87,0

Ein Brikettpech, das in Grabow den Erweichungspunkt 58° ergab, zeigte in Berlin den gleichen von 58°. Verschiedene andere Asphalte und asphaltartige Körper sind nach demselben Verfahren und vergleichsweise mit der üblichen Methode in der Kapillare untersucht worden und ergaben folgendes Resultat:

	Nach Kraemer und Sarnow °C	In der Kapillare °C
Ceresin	52,0	47,0—53,0
Bienenwachs	55,5	61,5—63,5
Paraffin	46,0	45,0—48,0
Asphalt, gereinigt, hart	51,5—52,0	ganz unscharf
Asphalt B, glashart	82,0	„ „
Petroleumrückstand aus Elsässer Erdöl	105,0	„ „
Kolophonium	67,0—67,5	„ „

Dieses Verfahren zur Bestimmung des Schmelz- bzw. Erweichungspunktes ist für den deutschen Handel in Brikettpech maßgebend.

Graefe¹⁾ hat die Methode von Kraemer und Sarnow für hochschmelzende Peche und Asphalte in der Weise modifiziert, daß man als Wärmeüberträger an Stelle von Wasser hochsiedendes Öl, wie Paraffinöl, verwendet. Um zu vermeiden, daß der Asphalt schon vor dem Schmelzen mit Öl zusammentritt und die Flüssigkeit trübt, wird er durch eine Luftschicht von diesem isoliert, die in folgender Weise hergestellt wird:

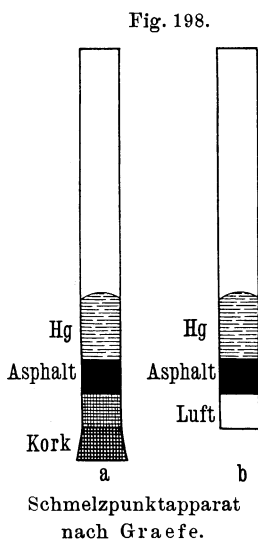
In die zur Bestimmung benutzten Schmelzpunktröhrchen wird unten ein kleiner Kork eingesetzt, darauf so viel Asphaltstückchen geschichtet, als der vorgeschriebenen Füllhöhe von etwa 5 mm im geschmolzenen Zustande entspricht, die man darauf vorsichtig mit der Flamme oder in einem Bade von Paraffinöl zusammenschmilzt. Nach dem Erstarren nimmt man den Kork heraus und schichtet 5 g Quecksilber auf den Asphalt. Die Röhre wird nun senkrecht in das aus Paraffinöl bestehende Heizbad gesenkt und der Asphalt so durch die unter der Asphalt-schicht befindliche Luftschicht vor der Be-

¹⁾ Chem.-Ztg. 1906, S. 299.

rührung mit dem Paraffinöl geschützt. Die Bestimmung des Schmelzpunktes findet dann wie üblich statt, doch ist es gut, möglichst bald nach dem Durchbrechen des Quecksilbers die Schmelzpunktröhrchen und etwa im Heizbade schwimmenden Asphalt herauszunehmen, um eine unnötige Auflösung des Pechs im Paraffin und infolgedessen Dunkelfärbung der Flüssigkeit zu vermeiden. In Fig. 198 zeigt *a* das Röhrchen fertig beschickt, *b* bereit zur Ausführung der Bestimmung und die Luftschicht unter dem Asphaltpfropf.

Um die Bestimmung stets unter den gleichen äußeren Bedingungen ausführen zu können, hat M. Wendriner¹⁾ das Kraemer und Sarnowsche Verfahren in folgender Weise modifiziert:

Etwa 100 g des auf Erbsengröße zerkleinerten Pechs, in gutem Durchschnitt, werden in einem auf 150° erhitzten Ölbad, dessen Deckel ein Thermometer und 1 bis 6 kupferne, tiefe, zylindrische Einsätze trägt, schnell eingeschmolzen. Zugleich wird ein 20 cm hohes und 10 cm weites Becherglas mit 1 Liter destillierten luftfreien Wassers gefüllt und auf dem Drahtnetz bis zum beginnenden Sieden erhitzt. Das Becherglas trägt einen Deckel aus Metall oder Hartgummi, welcher in der Mitte ein Loch von 26 bis 28 mm lichte Weite und an der Seite ein kleineres Loch enthält, durch welches ein gewöhnliches Thermometer in das Wasser gehängt wird (s. Fig. 199).



Während das Pech einschmilzt, werden für jede Pechprobe drei bis vier Glasröhrchen mit plan abgeschliffenen Enden, genau 16 cm lang und 8 mm im Lichten weit, von 1 mm Wandstärke, in je eine Klammer eines Stativs festgespannt und in jedes dieser Röhrchen ein an seinem oberen Ende ebenfalls plangeschliffener, etwa 20 cm langer und 7,5 mm dicker Glasstab so eingeschoben, daß er unten auf der Platte des Stativs aufsteht (s. Fig. 202). Man verschiebt nunmehr das Glasrohr so in der Klammer, daß das Ende des Glasstabes genau 10 mm vom Ende des Glasrohres absteht. Hierbei kann

man sich eines kleinen Metallkörpers als Lehre bedienen, der einen Zapfen von 1 cm Länge trägt und mit diesem in das Glasrohr von oben eingesetzt wird (s. Fig. 200). Man hat dann in dem oberen Teil eines jeden Röhrchens einen kleinen Hohlraum von 8 mm Weite und 10 mm Tiefe gebildet. Nun gibt man in jeden dieser Hohlräume einen Tropfen Wasser und hebt den Glasstab unter Drehen ein wenig an, so daß der kapillare ringförmige Raum um das obere Ende des Glasstabes sich mit Wasser füllt. Man tupft sodann das überschüssige Wasser in dem kleinen Hohlraum mit einem Filterpapierröhrchen ab und erhitzt mittels einer entleuchteten Bunsenflamme den oberen Rand des Röhrchens gleichmäßig etwa eine halbe Minute, ohne daß das Wasser in dem kapillaren Raum verdampft.

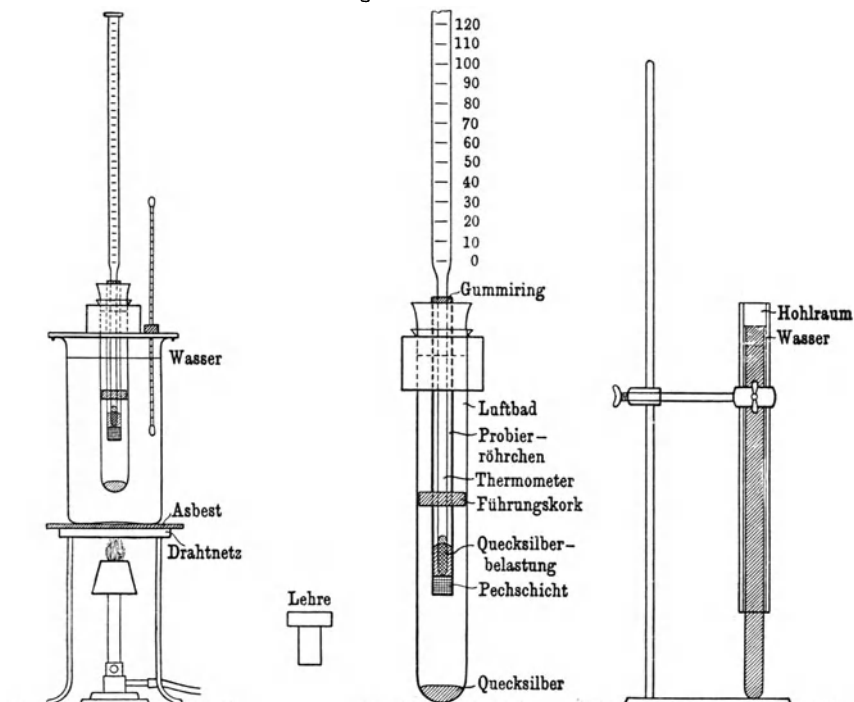
Bei sehr spröden, hochschmelzenden Pechen muß man das Paraffinbad 20 bis 30° höher erhitzen, um das Pech genügend dünnflüssig zu machen.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1905, S. 622.

Auch kann man bei solchen Pechen das Einbringen des Wassertropfens in den kapillaren Raum ganz weglassen, um ein zu schnelles Erstarren des Pechstopfens zu vermeiden, wodurch die Adhäsion desselben am Glasrohre beeinträchtigt wird.

Man füllt nunmehr diese Hohlräume der Probierröhrchen mittels eines Glasstabes, den man in die währenddem eingeschmolzene Pechprobe taucht, mit dem ziemlich dünnflüssigen Pech an, bis sich eine Pechkuppe über dem gefüllten Hohlraum gebildet hat. Man läßt sodann erkalten, wärmt die Pechkuppe wieder etwas an und schneidet sie mit einem Messer am Glasrande glatt ab, sodann schabt man das etwa übergeflossene Pech von der Außenseite des

Fig. 199 bis 202.



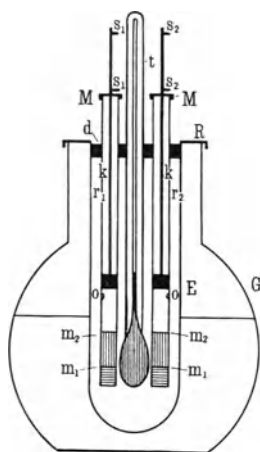
Schmelzpunktapparat nach Wendriner.

Röhrchens ab und zieht den Glasstab heraus. Das Innere des Glasrohres wird nun mit einem mit Filterpapier überzogenen Glasstabe trockengewischt, genau 10 g Quecksilber, die man in einem mit Marke versehenen, oben etwas erweiterten Glasröhrchen abmißt, hineingegossen und das so beschickte Proberröhrchen mittels eines etwas konischen Korkstopfens von 20 mm Höhe in ein genau 25 mm weites und 20 cm langes Reagenzrohr, welches als Luftbad dient, eingehängt (s. Fig. 201). Das Proberröhrchen schneidet oben mit dem Korkstopfen gerade ab, ein zweiter, in seiner Mitte befindlicher, lose in dem Luftbad beweglicher Stopfen dient als Führung, um den Pechstopfen stets in zentraler Lage zu erhalten. Über das obere Ende des Luftbadrohres schiebt man ebenfalls einen durchbohrten Korkstopfen von genau 3 cm Höhe so, daß er mit dem oberen Ende des Rohres abschneidet und das Luftbad samt Proberröhr und einem in das letztere einzuführenden Thermometer an dem Kork

durch das zentrale Loch des Deckels eingehängt werden kann. Das Thermometer hat die Form eines Fabrikthermometers und besitzt einen Stiel von etwa 16 cm Länge. Es wird mittels eines kleinen, um den oberen Teil des Stieles gelegten Gummiringes so in das Proberöhrchen eingehängt, daß sein Quecksilbergefaß sich größtenteils in dem auf dem Pechstopfen ruhenden Quecksilber befindet, ohne jedoch diesen Pechstopfen zu berühren. In die untere Kuppe des Luftbadrohres gießt man zur Beschwerung etwas Quecksilber. Letzteres verhindert auch das Anbacken des abschmelzenden Pechs an der inneren Wand des Luftbadrohres.

Vorversuch. Sobald das Wasser im Becherglase die volle Siedetemperatur erreicht hat, wird die Flamme entfernt und das auf obige Weise vollständig montierte Luftbad (Fig. 201), dessen Thermometer auf Zimmertemperatur (20°) zeigen muß, in das zentrale Loch des Deckels eingehängt.

Fig. 203.

Schmelzpunktapparat
nach Bauert.

Man beobachtet nun den Temperaturgrad, bei welchem das Quecksilber durch die Pechschicht fließt, zieht das gesamte Luftbad heraus, läßt es erkalten und montiert es mit einem anderen von den vier Proberöhrchen, wie oben angegeben. Das Wasserbad läßt man auf eine Temperatur erkalten, welche genau 10° über dem vorläufig gefundenen „Schmelzpunkt“ liegt, schiebt eine Asbestplatte zwischen Becherglas und Drahtnetz und hält das Bad mittels einer kleinen Flamme auf dieser Temperatur konstant.

Hauptversuch. Das auf Zimmertemperatur — möglichst stets 20° — befindliche, mit Probieröhrchen usw. besetzte Luftbadrohr wird an seinem Stopfen in das zentrale Loch des Deckels eingehängt und die Temperatur notiert, bei welcher das Quecksilber durch den Pechstopfen bricht. Dieses ist der „Schmelzpunkt“. Zur Kontrolle beobachtet man auch die Zeit vom Moment des Einhängens bis zur Endreaktion, die bei gewöhnlichen Pechen etwa 8 bis 10 Minuten beträgt und

bei demselben Pech stets bis auf wenige Sekunden gleich bleiben muß. Man macht zwei bis drei Kontrollversuche schnell hintereinander, wobei das Luftbad aber stets herausgenommen und auf Zimmertemperatur abgekühlt werden muß, ehe man das neue Probieröhrchen einführt. Die einzelnen Resultate dürfen nur wenige Zehntelgrade voneinander abweichen.

Die gesamte Bestimmung vom Einschmelzen des Pechs ab, einschließlich Vorbereitung der Probieröhrchen, einem Versuch und drei Hauptversuchen, dauert nur etwa eine Stunde, abgesehen vom Anheizen des Paraffinbades.

Bei sehr harten, oberhalb 80° schmelzenden Pechen und ähnlichen Substanzen wird man statt des Wasserbades ein Paraffinbad und entsprechend höher zeigende Thermometer anwenden. Der Vorversuch wird bei solchen Pechen bei 120 bzw. 150° ausgeführt.

Bauert¹⁾ ändert den Apparat von Kraemer und Sarnow dahin ab, daß er eine äußere Flüssigkeit und ein inneres Luftbad zur Erwärmung der

¹⁾ Chemiker-Ztg. 1905, Rep., S. 382.

Asphaltproben verwendet; auch die Vorbereitung der Röhren zur Füllung mit Quecksilber und Asphalt modifiziert er dergestalt, daß er die Abmessung der Quecksilber- und Asphaltmengen in dem Röhren selbst vornimmt. Als Unterlage dient ihm dabei ein Pfropfen, der in dem Schmelzpunktröhren auf und ab geschoben werden kann, wie dieses aus Fig. 203 ersichtlich ist.

Offermann¹⁾ empfiehlt für die Schmelzpunktbestimmung nach der Methode von Kraemer und Sarnow, die mit Asphalt beschickten Glasröhren in Eiswasser abzukühlen und dann erst in das Wasserbad zu bringen, dessen Erwärmung bei 0 oder 10° beginnt. Für die Bestimmung der Schmelzpunkte sehr hoch schmelzender Asphalte empfiehlt er 95 bis 100 proz. Glycerin als Heizflüssigkeit.

Eine weitere Modifikation des Kraemer und Sarnowschen Verfahrens zur Bestimmung des Schmelzpunktes von Asphalt rührt von Thieberger²⁾ her. Das Prinzip ist dabei dasselbe, nur wird statt des Quecksilbers Wasserdruck benutzt, um den weichen Asphalt aus dem Röhren herauszudrängen.

Zahlreiche Angaben über die Schmelz- bzw. Erweichungspunkte von rohen und reinen Asphalten und Asphaltiten, Residuen und Pechen finden sich im Kapitel über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Asphalte, auf die verwiesen sei.

4. Bestimmung der Härte.

Die Bestimmung der Härte der Asphalte geschieht auf Grund der Mohs'schen Härteskala, die folgende 10 Härtegrade festlegt:

Härtegrad 1 . . Talk,	Härtegrad 6 Orthoklas,
„ 2 . . Steinsalz oder Gips,	„ 7 Quarz,
„ 3 . . Kalkspat,	„ 8 Topas,
„ 4 . . Flußspat,	„ 9 Korund,
„ 5 . . Apatit,	„ 10 Diamant.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Härte der Asphalte mit ihrem Schmelzpunkt steigt, doch erleidet diese Regel eine Ausnahme durch den Gehalt vieler Asphalte an mineralischen Verunreinigungen. Andererseits spielt hier die Temperatur eine große Rolle insofern, als Kunstasphalte in der Kälte härter erscheinen als natürliche, während in höherer Temperatur gerade der umgekehrte Fall eintritt.

Die Härte der Asphalte bewegt sich zwischen den Grenzen 1 bis 3 der Mohs'schen Härteskala. Die Asphaltite sind härter und besitzen eine Härte von 2 bis 3, während die extrahierten Bitumen und die künstlichen Asphalte selten über 1 zeigen. Reichliches Material hierüber findet sich im Kapitel über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Asphalte.

5. Bestimmung der Penetration.

Besseren Aufschluß über das Verhalten der Asphalte unter dem Einfluß verschiedener Temperaturen als die Bestimmung des Schmelzpunktes und der Härte gibt das sogenannte Penetrationsverfahren, das in anderen Industrien, beispielsweise für die Prüfung des Zements mit Hilfe der Vicatschen Nadel schon seit längeren Jahren benutzt wird. Auf die Untersuchung des Asphalts

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1911, S. 2031. — ²⁾ Petroleum 1907/1908, S. 896.

ist das Verfahren erst in jüngerer Zeit, und zwar in den Vereinigten Staaten von Amerika angewandt worden.

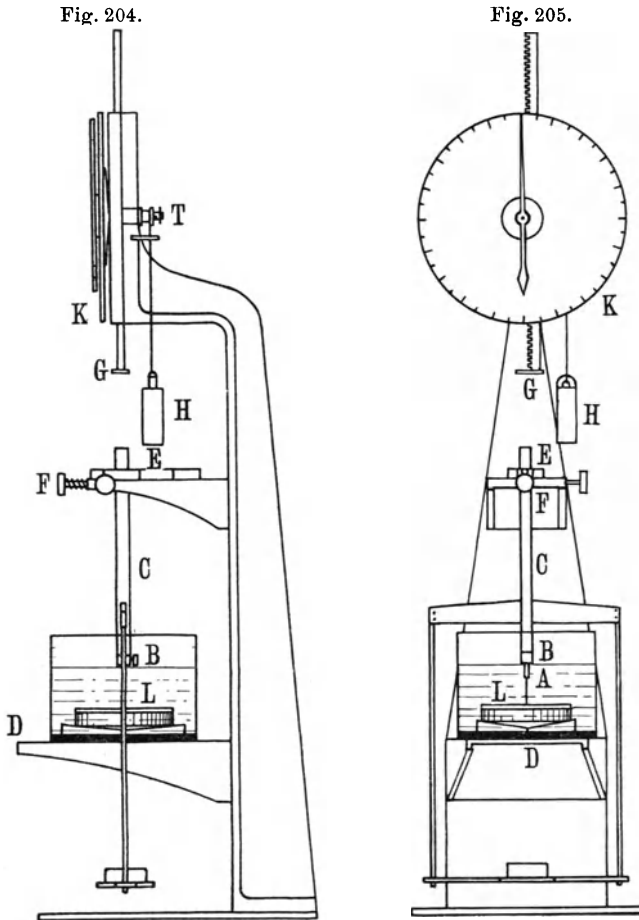
Das Prinzip des Verfahrens beruht im allgemeinen auf der zahlenmäßigen Feststellung einer Konstante, die sich aus der Tiefe des Eindringens einer belasteten Nadel in das Material für eine gewisse Zeiteinheit ergibt. Dabei kann sowohl die Tiefe des Eindringens der Nadel als auch die Zeit als Einheit genommen werden. Für vergleichende Versuche wäre die erstere Modifikation vorzuziehen, weil die Reibungsverhältnisse für die Nadel hier in allen Fällen die gleichen sind, während bei der Wahl der Zeit als Einheit diese Verhältnisse durch das mehr oder weniger tiefe Eindringen der Nadel stark beeinflusst werden. Die verbreitetsten Maschinen zur Bestimmung der Penetration sind die von Bowen, von Dow und von Richardson.

Der Apparat von Dow wird von Richardson (a. a. O.) wie folgt beschrieben. Er besteht aus einer Nadel *A*, die in eine kurze Messingfassung eingelassen ist und durch eine Klemmschraube *B* in dem Aluminiumstab *C* festgehalten wird. Der Aluminiumstab ist in ein abgewogenes Rahmenwerk so eingefügt, daß das Rahmenwerk ausbalanciert und in aufrechter Stellung verbleibt, wenn der Stab in der Spitze der Nadel *A* unterstützt wird. Dadurch wird es der Nadel ermöglicht, ohne Hilfe einer Führung senkrecht einzudringen, womit jede Reibung in Wegfall kommt. Der Rahmen, der Aluminiumstab und die Nadel wiegen zusammen mit dem Gegengewicht am Boden des Rahmens 100 g, ohne dieses 50 g. Berührt nun die Nadelspitze die Oberfläche der auf Penetration zu untersuchenden Materialprobe, so kann man sie in dieselbe nach Wunsch unter einem Gewicht von 100 g oder 50 g eindringen lassen. Die Nadel und der mit dem Gewicht belastete Rahmen sind aus Fig. 204 und 205 ersichtlich, der Seiten- und Vorderansicht des ganzen zusammengesetzten und zur Vornahme einer Penetration bereiten Apparates.

D ist die Platte für die Probe, *E* ist die Klammer, die den Aluminiumstab *C* zu halten hat, bis ein Versuch vorgenommen werden soll, *F* ist ein Knopf, der beim Eindrücken die Klammer *E* öffnet. Durch Drehung dieses Knopfes bei geöffneter Klammer schnappt dieser ein und verhindert ein Schließen der Klammer, bis er wieder ausgelöst wird. Die Einrichtung zur Messung der Länge, auf welche die Nadel eingedrungen ist, besteht aus einer Zahnstange mit dem Fuß *G*. Die Auf- und Niederbewegung dieser Zahnstange setzt ein Getriebe in Bewegung, das mittels Zeigers auf einem Zifferblatt die von der Zahnstange durchmessene Entfernung angibt. Ein Teilgrad des Zifferblattes entspricht einer Bewegung der Zahnstange um $\frac{1}{100}$ cm. Die Zahnstange kann gehoben oder gesenkt werden durch Auf- und Abwärtsbewegung des Gegengewichtes *H*. *I* ist eine Blechdose, mit der zu untersuchenden Asphaltprobe, die in dem Glasbecher mit Wasser bedeckt ist, wodurch die Temperatur gleichmäßig erhalten bleibt. *MM* sind Stellschrauben. Ein Uhrwerk mit Sekundenpendel ist an dieser Maschine nicht vorhanden. Man benutzt eine Stechuhr zur Feststellung der Zeit. Die sonst noch für die Ausrüstung nötigen Gegenstände sind eine große Schale, ein Krug zur Aufnahme von Eiswasser und ein Blechgefäß für heißes Wasser.

Die Ausführung von Penetrationsbestimmungen mit diesem Apparat geschieht wie folgt: Man stellt die zu untersuchenden Materialien in runden Blechdosen zusammen mit dem Glasgefäß in die große Schale, die etwa 15 cm hoch mit Wasser gefüllt ist, das vorher durch abwechselnden

Zusatz von kaltem und warmem Wasser auf eine Temperatur von 25°C gebracht worden sein soll. Solange das Material sich im Wasser befindet, muß man letzteres ständig mit dem Thermometer umrühren und auf die angegebene Weise konstant auf 25°C erhalten. Die Proben sollen wenigstens 15 Minuten unter Wasser bleiben und für den Fall, daß sie vorher sehr kalt oder sehr heiß waren, mindestens eine halbe Stunde. Der schnellste Weg für



Penetrationsmaschine nach Dow.

die Untersuchung einer Probe, die gerade einem Tank oder einem Destillationsgefäß entnommen worden ist, ist der, dieselbe nach genügender Erhärtung 10 Minuten in Eiswasser zu stellen und dann in Wasser von 25° 15 Minuten zu temperieren. Wenn die Probe die angegebene Zeit im Wasser verblieben ist, ist sie fertig zur Penetrationsbestimmung.

Zu diesem Zweck ist der Aluminiumstab *C* durch die Klammer *E* so hoch geschoben worden, daß er sich in genügender Höhe befindet, um den Glasbecher leicht durchzulassen, wenn dieser auf die Platte *D* gestellt wird.

Die Probe im Blechgefäß muß jetzt in den Glasbecher gebracht und nach dem Einsetzen mit so viel Wasser bedeckt werden, als zugänglich ist,

ohne daß etwas verschüttet wird. Der die Probe enthaltende Glasbecher ist dann auf die Platte *D* zu setzen unter *C*, worauf die Messingführung mit der Nadel in *C* eingesetzt und durch Anziehen der Klemmschraube *B* befestigt wird. *C* wird heruntergelassen, bis die Nadelspitze ganz nahe über der Oberfläche der Probe steht, dann wird der Rahmen bei *S* und *S* mit beiden Händen erfaßt und behutsam herabgezogen, so daß die Nadel genau in Berührung mit der Oberfläche der Probe steht. Man kann dies am besten erkennen, wenn man ein Licht so aufstellt, daß beim Hindurchsehen durch die Seiten des Glasbechers die Nadel in die Oberfläche des Musters reflektiert wird. Nachdem darauf die Nadel eingestellt worden ist, wird Gegengewicht *H* langsam in Tätigkeit gehalten, bis der Fuß der Zahnstange *G* auf dem Kopf des Stabes *C* aufsitzt und der Stand des Zifferblattes notiert; der Daumen der rechten Hand wird auf *B* gelegt und die Klammer durch Drücken auf Knopf *F* mit dem Zeigefinger geöffnet.

Die Klammer wird für fünf Sekunden offen gelassen und dann geschlossen. Nach erneutem Herabschieben der Zahnstange wird abgelesen. Die Differenz zwischen der ersten Ablesung vom Zifferblatt und der nun erhaltenen ist die Strecke in $\frac{1}{10}$ mm, die die Nadel eingedrungen ist, oder der Ausdruck für die Penetration der Probe. Nun wird die Zahnstange gehoben, die Klemmschraube *B* gelöst, der Stab durch die Klammer hochgeschoben, wobei die Nadel im Muster stecken bleibt. Die Nadel wird von der Probe entfernt, mit einem trockenen Lappen, unter Umständen unter Zuhilfenahme von etwas Benzol gut gereinigt, in *C* wieder eingesetzt, wonach die Maschine zu einem anderen Versuch bereit ist. Man lasse die Zahnstange nicht zu schnell auf Stab *C* niederfallen, weil durch ein gewaltsames Drücken durch die Klammer das Ablesen nachteilig beeinflußt werden könnte.

Bei der Benutzung dieser immerhin recht empfindlichen Maschine ist folgendes zu beachten. Nach Gebrauch der Maschine ist diese so zu sichern, daß durch entsprechende Einstellung der Zahnstange das Eindringen von Staub und ein Verschmutzen des Getriebes verhindert wird. Wenn die Maschine nicht im Gebrauch ist, bedecke man sie zum Schutz vor Staub mit einem Tuch. Man prüfe von Zeit zu Zeit die Nadelspitze mit dem Vergrößerungsglas auf ihren Zustand. Soll die Nadel ausgewechselt werden, lockere man sie durch Erwärmen der Messingfassung, wenn sie sich nicht mit einer Zange entfernen läßt. Man breche dann das Auge einer Ersatznadel und drücke sie in die vorher erwärmte Messingfassung. Wenn die Nadel in der Fassung nicht gut sitzt, so befestige man sie mit einem kleinen Asphaltklümpchen.

Wird das Rahmenwerk an der Nadelspitze unterstützt und balanciert nicht derart, daß der Aluminiumstab vollkommen senkrecht steht, so ist der Rahmen verbogen und muß gerichtet werden, bis der Stab senkrecht steht, was leicht mit der Hand geschehen kann. Falls die Zahnstange *G* nicht durch ihr eigenes Gewicht leicht abwärts gleitet, wenn das Gegengewicht *H* gehoben wird, ist Staub in das Getriebe gekommen. Zur Reinigung entfernt man Zifferblatt *K* und Konstruktionsteil *T*, um das Getriebe genügend weit herausziehen und reinigen zu können. Man öle niemals die Zahnstange und das Getriebe, weil dadurch eine freie Bewegung der Zahnstange verhindert wird.

Clifford Richardson hat das Penetrometer wesentlich verbessert, wie die Abbildungen Fig. 206 und 207 zeigen, auf die auch die Beschreibung der

vorigen Maschine in bezug auf die Buchstabenbezeichnung im allgemeinen paßt. Ein Spiegel gestattet genau zu sehen, wenn die Nadel die Oberfläche des Asphalts berührt. Leicht verbiegbare Teile sind an der Maschine nicht vorhanden. Mit der Maschine ist ein Sekundenpendel *I* verbunden, wodurch sich die Benutzung einer Stechuhr erübrigt. *MM* sind Stellschrauben, welche eine absolut vertikale Einstellung des Apparates ermöglichen. Zur Benutzung des Sekundenpendels macht man sich an der Stelle des weitesten Ausschlages desselben ein Zeichen; der doppelte Ausschlag des Pendels ist dann gerade eine Sekunde.

In der Regel wird der Balken, der die Nadel trägt, mit 50 g belastet; da er selbst auch 50 g wiegt, so entspricht das einer Gesamtbelastung von 100 g. Für weichere Materialien kann man das Gewicht weglassen und nur mit der Balkenbelastung von 50 g arbeiten. Um zu bestimmen, ob ein Material unter

Fig. 206.

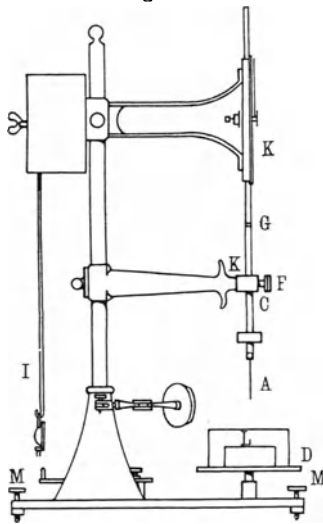
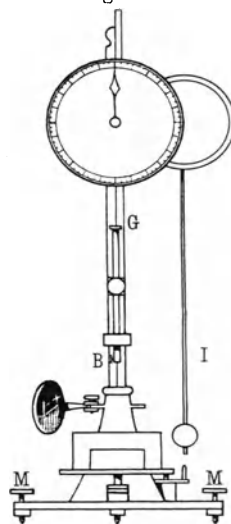


Fig. 207.

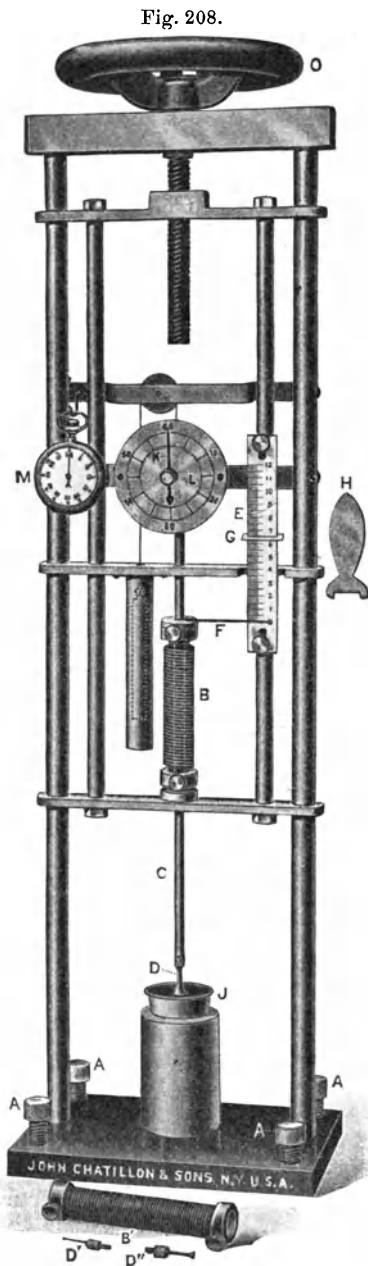


Penetrationsmaschine nach Richardson.

dem Einfluß der Temperatur sehr veränderlich ist, führt man oft die Bestimmung der Penetration bei verschiedenen Temperaturen aus. Bei Angaben über die Penetration sollte daher stets die Nummer der Nadel, die Versuchsdauer, das Gewicht der Belastung, die Arbeitstemperatur und das Eindringen der Nadel in Millimetern oder besser Zehntelmillimetern, da dies gleichzeitig den Penetrometergraden entspricht, angeführt werden.

Ein Penetrometer, das sich zur Bestimmung der Härte von Bitumen jeder Konsistenz eignet, ist von Abraham konstruiert worden und wird von der Firma John Chatillon & Son in New York unter dem Namen „The Abraham Consistometer“ in den Handel gebracht. Fig. 208 zeigt den Apparat in $\frac{1}{5}$ natürlicher Größe. Er eignet sich sowohl für halbflüssige wie auch für harte und spröde Materialien, arbeitet aber nicht, wie die beschriebenen Apparate, mit einer Nadel, sondern mit Hilfe von Senkkörpern *D* von verschiedenen Querschnitten, nämlich mit Körpern von 1, 10 und 100 qmm. Der Durchmesser dieses Senkschaftes ist so bemessen, daß bei einer Tauchtiefe von 1 cm $\frac{1}{100}$,

$\frac{1}{10}$ oder 1 cm Raum verdrängt wird. Das Konsistometer hat den Vorzug, daß der Verdrängungskörper stets mit gleicher Geschwindigkeit in das Material



Penetrationsapparat Abraham.

eindringt, nämlich mit 1 cm pro Minute. Hierfür ist natürlich, je nach der Härte des zu prüfenden Bitumens, eine verschiedene Kraft erforderlich, die mit Hilfe einer Feder erzeugt und an einer Skala *K* abgelesen wird. Für weichere Materialien nimmt man den dicksten Senkkörper, für harte den dünnsten. Der Apparat ist mit zwei Federn *B* versehen, von denen die eine an der Skala den Druck von 0 bis 1 kg anzeigt, eingeteilt in $\frac{1}{100}$ Kilo, die andere, eingeteilt in $\frac{1}{10}$ Kilo, den von 0 bis 10 kg.

Penetrometer werden namentlich in Amerika außerordentlich viel bei der Prüfung von Asphalten angewendet und geben insofern gute Resultate, als die Ermittlung der Penetration gegenüber der des Schmelzpunktes den praktischen Anforderungen mehr entspricht. Der Schmelzpunkt kann oft irreführend sein. So kommen z. B. geblasene Mineralölrückstände in den Handel, die bis über 100° Schmelzpunkt haben, trotzdem sie verhältnismäßig weich sind und leicht ihre Stabilität verlieren.

Wenn auch die Penetration Aufschluß gibt über die Konsistenz und Härte des Asphalts, so sagt sie doch nichts über den inneren Zusammenhang bzw. über die Kohäsion, die etwa zu vergleichen wäre mit der Klebekraft von Leim oder Gummilösungen, die ja auch bei gleicher Konsistenz von verschiedenen Leimsorten sehr verschieden sein kann. Zur Feststellung dieser Eigenschaft dient

6. Die Bestimmung der Duktilität.

Die Duktilität eines Materials ist seine Fähigkeit, sich bei einer gewissen Temperatur zu einem langen Faden ausziehen zu lassen. Je länger sich z. B. der Asphalt unter sonst gleichen Umständen ausziehen

läßt, um so besser wird er sich für Straßenbau, Isolationen und dergleichen eignen, da er bei mechanischen Beanspruchungen auf Biegungen oder Zug besser zusammenhalten wird, als wenn er „kurz“ ist.

Es hat sich gezeigt, daß rein asphaltische Produkte eine wesentlich höhere Duktilität haben als solche mit Paraffinbasis. „Kurz“ sind auch Produkte, die durch Blasen von Ölen mit Sauerstoff oder auch durch Behandeln von Ölen mit Schwefel, also durch eine Art künstliche Asphaltisierung, erzeugt worden sind. Infolgedessen hat man auch in Amerika von seiten vieler Gemeindeverwaltungen für Asphalt zum Straßenbau, wo diese Eigenschaft besonders erwünscht ist, eine minimale Duktilität verlangt. Von manchen Verwaltungen wird dort verlangt, daß sich ein Stück Asphalt von 1 qem Querschnitt auf 10 cm ausziehen läßt, ohne zu reißen. Als Normaltemperatur ist eine solche von 25° vorgeschrieben.

Zur Bestimmung der Duktilität gibt es verschiedene Apparate, die aber im Prinzip schließlich alle auf dasselbe hinauslaufen. Es sei hier als einer der verbreitetsten der Apparat von Dow und Smith erwähnt (Fig. 209). Der Apparat besteht aus einem mit Zinklech wasserdicht ausgekleideten Holztrog *A*, in welchen parallel zueinander die Messingschraubenspindeln *B* und *C* angebracht sind, die durch Bewegung des Handrades *H* in Umdrehungen versetzt werden, wobei die Übertragung der Radbewegung durch zwei verschiedene Umlaufgeschwindigkeiten zeitigende Zahnradübersetzungen *K* erfolgt. Jede Umdrehung wird durch den Klopffammer *L* markiert, der entsprechend mit dem Drehmechanismus in Verbindung gebracht ist. Die Abdichtung der Handradwelle besorgt die Stopfbüchse *I*. Auf den sich drehenden Spindeln *B* und *C* bewegt sich Laufbrett *D*, das mit seinen seitlichen Führungen auf den Führleisten *E* und *F* gleitet. Das Laufbrett trägt drei Haltestifte, denen in gleicher Zahl und Anordnung solche auf dem Standbrett *C* gegenüberstehen, und auf die die Ösen *OO* der Gußform *P* eingehängt werden. Zur Abmessung der Duktilität dient Meßstab *M* und zum Wasserablassen Hahn *N*.

Die Arbeitsweise mit diesem Duktilometer gestaltet sich wie folgt: Das Bassin des Duktilometers wird zur Vornahme eines Versuches mit Wasser von 25° C gefüllt und dieses während der Dauer desselben ständig auf der

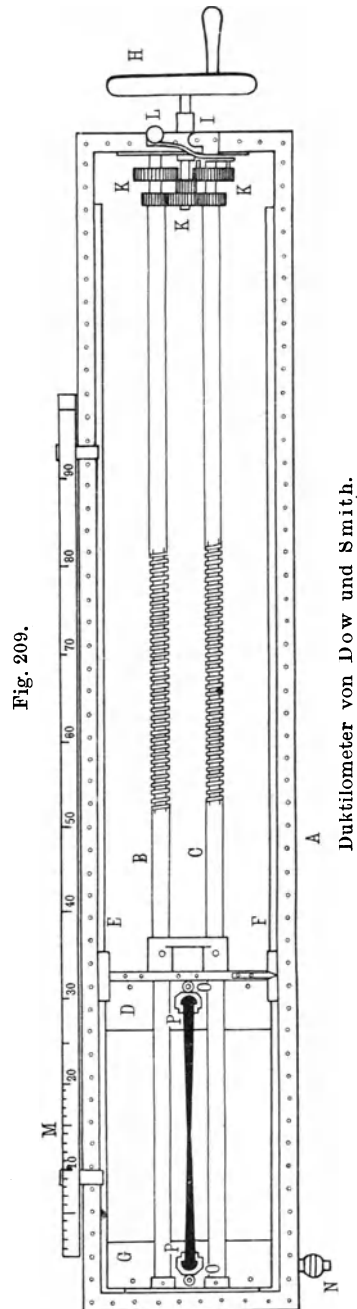


Fig. 209.

Duktilometer von Dow und Smith.

gleichen Temperatur erhalten. Die zerlegbare Messingform *P* mit dem eingegossenen Bitumen wird vorsichtig mit den an der Form befindlichen Ösen in die dazu bestimmten Haltestifte am Laufbrett der Schraubenspindel und am feststehenden Querbrett des vorderen Endes des Bassins eingehängt, so daß dann bei dem Fortbewegen des Laufbrettes durch Drehung des Handrades auf den Spindeln eine langsame Dehnung des Prüfungsbriketts eintritt. Die Drehung des Handrades muß ganz gleichmäßig so erfolgen, daß in einer Minute 48 Umdrehungen zu machen sind (in fünf Sekunden vier Umdrehungen). Jede Umdrehung wird durch entsprechende Schläge des mit dem Antrieb in Verbindung stehenden Klopffhammers markiert. Die Dehnung ist so lange fortzusetzen, bis eine Zerreißen des Bitumens eintritt. Die Entfernung zwischen den beiden Backen der Messingform gibt dann die gesuchte Duktilität in Zentimetern an. Es empfiehlt sich, den Versuch zur Erzielung genauer Resultate zweimal auszuführen. Die Untersuchungsbriketts werden in die Messingformen eingegossen, nachdem diese auf eine leicht eingefettete Glasplatte gelegt und durch Zusammenbinden am Auseinanderfallen verhindert sind. Die bei Vornahme des Versuches herausfallenden Seitenteile der Formen sind ebenfalls leicht einzufetten, um ein Ankleben des Asphalts an denselben zu verhindern. Deformationen der Briketts sind sehr sorgfältig zu vermeiden.

Um die Duktilität von verschiedenen Asphaltarten vergleichen zu können, ist es natürlich nötig, sie auf gleiche Weichheit zu bringen, bei Straßenbauasphalten in der Regel also auf eine Penetration von 50. Es geschieht dadurch, daß man den zu prüfenden Asphalt, falls er härter ist, mit einer empirisch herauszufindenden Menge eines normalen Flußmittels, also irgend eines möglichst paraffinfreien Mineralöls mischt, bis seine Penetration 50 beträgt. Enthält der Asphalt weniger als 96 Proz. Bitumen, so würden die Mineralbestandteile störend bei der Bestimmung der Duktilität wirken und man muß dann den Asphalt durch Schwefelkohlenstoff extrahieren, das Lösungsmittel verjagen und das Extrakt, eventuell unter Zufügung des Flußmittels zur Erzielung genügender Penetration, der Duktilitätsbestimmung unterwerfen. Ist der Asphalt nicht mit feinem Staub, sondern nur mit groben Steinstückchen verunreinigt, so genügt es, das Material in einem Trockenofen zu erwärmen und es durch ein feines Sieb laufen zu lassen.

Leicht schmelzende oder gar flüssige Asphalte können nicht auf ihre Duktilität geprüft werden. Man ersetzt die Prüfung auf Duktilität hier durch

7. Die Bestimmung der Viskosität.

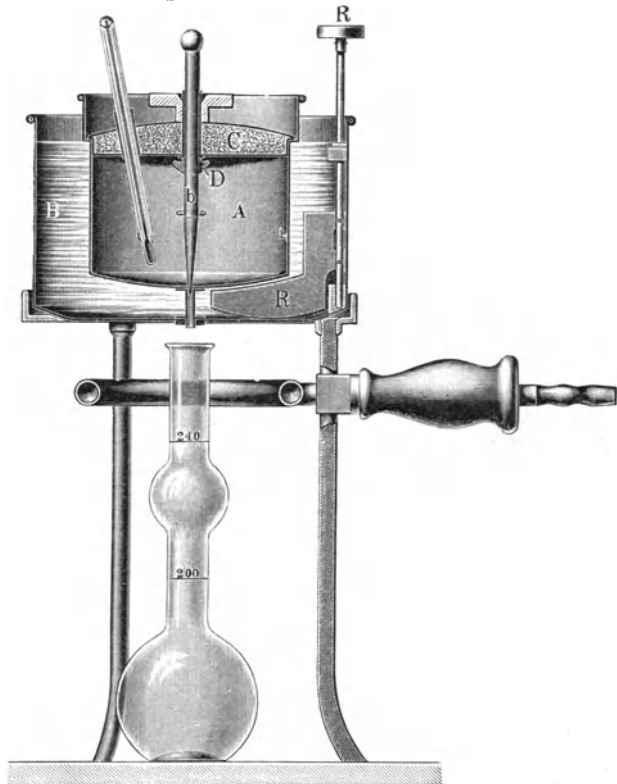
Die Viskosität von Asphalten bei gewöhnlicher Temperatur zu beurteilen, ist auf exakte Weise in der Regel nicht möglich infolge der großen Zähigkeit der Produkte, höchstens annähernd durch den Widerstand, den ein Stab beim Einstechen in die Masse findet. Durch das Fadenziehen oder ähnliche oberflächliche Prüfungen wird man einigen Anhalt über die Viskosität bei gewöhnlicher Temperatur erhalten können. Bei hoher Temperatur bedient man sich ausnahmslos der verschiedenen Viskosimeter, vor allem des Englerschen Apparates.

Das Englersche Viskosimeter, Fig. 210, besteht aus zwei ineinanderstehenden Messingschalen, dem Ölbehälter *A* und dem Wasserbad *B*, je einem Thermometer für Öl- und Wasserbehälter, Meßkolben, Dreifuß und Rund-

brenner. Drei an den Seitenwänden des inneren Behälters in gleicher Höhe vom Boden desselben angebrachte Spitzen dienen zur Abmessung der Ölprobe und gleichzeitig zur wagerechten Aufstellung des Apparates. Mittels des Meßkolbens wird das ausfließende Öl usw. aufgefangen und gemessen.

Das Wasserbad umspült das Innengefäß bis zur Höhe des in die Erweiterung des Innengefäßes eingesenkten Deckels, wodurch das letztere gegen jeden seitlichen Wärmeverlust geschützt ist. Der Deckel *C* ist doppelwandig und vermindert durch eine 14 mm hohe abgeschlossene Luftschicht die Wärme-

Fig. 210.



Viskosimeter nach Engler.

strahlung nach oben. Im Heizbad *B* ist ein Rührer *R* angeordnet, welcher die Flüssigkeit im Heizbad auch unter dem Boden des Viskosimetergefäßes gut durchzurühren gestattet und auf diese Weise die Temperatur bequem gleichmäßig hoch hält. Das Bad *B* ist weiter als bei anderen Viskosimetern, wodurch die Wärme leichter konstant zu halten ist. An der unteren Wand des Deckels befindet sich eine Vorrichtung *D*, mit welcher der Verschlußstift nach dem Öffnen des Ausflußröhrchens durch einfaches Drehen eingehängt wird, so daß der Versuch durch Herabfallen des Stiftes nicht gestört werden kann.

Zur Bestimmung der Ausflußzeit von Ölen und dergleichen ist der Apparat zunächst sorgfältig zu reinigen; etwaige Unreinigkeiten im Ausfluß-

röhrchen erkennt man am besten, wenn man ein Stück weißes Papier in gewisse Entfernung unter das Röhrchen hält und von oben hindurchblickt. Danach wird der Stift eingesetzt und Öl eingefüllt. Zur Entfernung etwa vorhandener mechanischer Verunreinigungen filtriert man die Öle vorher durch ein genügend engmaschiges Sieb. Die genaue Einstellung der Öloberfläche auf die Höhe der Markenspitzen nimmt man in Rücksicht auf die Wärmeausdehnung erst vor, wenn die Flüssigkeit nahezu die Versuchstemperatur angenommen hat.

Den Temperatenausgleich kann man durch Rühren des Öles, indem der Deckel mit dem in das Öl eintauchenden Thermometer gedreht wird, und durch Rühren der Badflüssigkeit befördern. Nachdem die Temperatur des Öles konstant geworden ist, läßt man das Öl in den Meßkolben ausfließen, indem man gleichzeitig das Chronometer in Bewegung setzt. Die Temperatur des Ölbadest muß selbstverständlich möglichst ebenso hoch sein wie die des Versuchsöles, da die Versuche sonst falsch ausfallen. Angenommen, 200 ccm Wasser erfordern bei 20° zum Ausfließen 52 Sekunden, und das Öl hat bei 100° 5 Minuten und 12 Sekunden = 312 Sekunden erfordert, so ist die Viskosität des Öles bei 100° = 312:52 = 6° nach Engler.

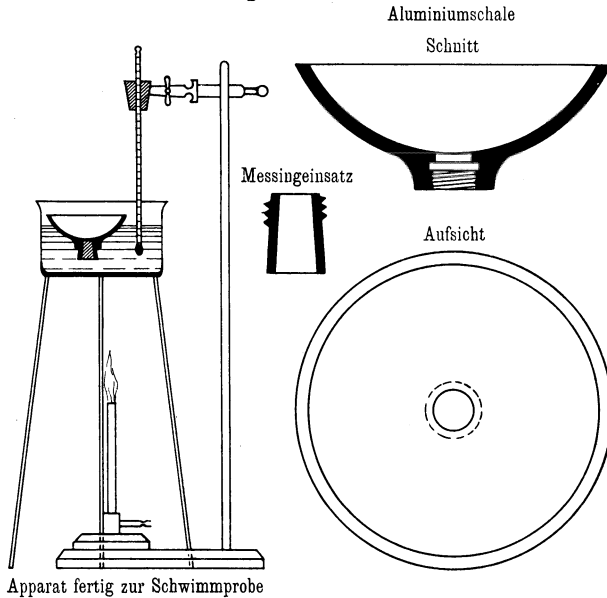
Die Prüfung auf Viskosität nach diesem Verfahren wird beeinträchtigt, wenn das zu prüfende Material wesentliche Mengen von mineralischer Verunreinigung, seien es anorganische Bestandteile oder freier Kohlenstoff, wie z. B. Teer, enthält. Sie wird daher vor allen Dingen bei reinen Produkten, wie bei Mineralölrückständen, flüssigen Asphalten und dergleichen, am Platze sein. Je viskoser ein Material ist, um so besser wird es sich in den meisten Fällen für die Asphaltindustrie eignen. Asphaltprodukte zeigen eine wesentlich höhere Viskosität als Produkte von Ölen mit Paraffinbasis, und ihre Viskosität nimmt auch beim Erhitzen im geringeren Maße ab. Vor allem kommt die Viskosität auch in Frage bei Produkten, die zur Oberflächenbehandlung, z. B. von Straßen, oder auch zum Imprägnieren, wie z. B. von Dachpappen, dienen. Weniger viskose Produkte dringen schneller in den Boden oder in die zu imprägnierende Pappe ein, womit allerdings nicht in allen Fällen der beabsichtigte Zweck besser erreicht wird. So eignen sich erfahrungsgemäß Rückstände von Paraffinölen nur sehr wenig zur Oberflächenbehandlung von Straßen, da sie ja infolge ihrer höheren Viskosität schnell in den Boden verschwinden, statt, wie die Asphalte es tun, eine Haut auf der Oberfläche zu bilden.

Für zähflüssige Materialien, deren Viskosität bei gewöhnlicher Temperatur nicht bestimmt werden kann, eignet sich der Float-Test oder die Schwimmprobe. Sie wird in folgender Weise ausgeführt:

Der Apparat Fig. 211 bis 214 besteht aus einer Schale aus Aluminium und einem eingeschraubten konischen Einsatz aus Messing und wird in folgender Weise verwendet. Der Messinginsatz wird auf eine Messing- oder Glasplatte gesetzt, die mit etwas Glycerin eingerieben ist, um das Loslösen des Asphalts zu erleichtern, und mit dem zu prüfenden, vorher durch Erwärmen verflüssigten Bitumen gefüllt. Die Messingplatte wird zuvor etwas amalgamiert, indem man sie mit einem Tropfen Quecksilberchlorid und dann mit Quecksilber einreibt. Der Einsatz wird bis an den Rand gefüllt und, sobald das Bitumen genügend abgekühlt ist, ein etwaiger Überschuß, der über den Rand der Schale heraussteht, mit einem Messer abgeschnitten. Die Unterlagsplatte und

der Einsatz werden darauf in Eiswasser von 5° C gebracht und darin wenigstens 15 Minuten belassen. Während dieser Zeit bringt man in einem größeren Gefäß bei zähflüssigem Bitumen Wasser auf eine Temperatur von etwa 25°, oder bei festerem auf eine entsprechend gewählte höhere Temperatur und setzt nun die Aluminiumschale mit eingeschraubtem Einsatz, wie ersichtlich, hinein, nachdem man den Einsatz von der Unterlagsplatte entfernt und in die Aluminiumschale eingeschraubt hat. Durch die Wärme des Wassers wird das Material weich bzw. flüssiger und aus dem Einsatz durch den Druck des Wassers in die Höhe getrieben. Dadurch dringt das Wasser in die Schale ein und bringt sie zum Sinken. Mit Hilfe der Stechuhr stellt man die Sekundenzahl vom Einsetzen der Aluminiumschale in das Wasser bis zu ihrem Untersinken fest. Das Verfahren gestattet einen Rückschluß auf die Weichheit

Fig. 211 bis 214.



Apparat zur Vornahme des Float-Test.

des zu prüfenden Bitumens. Der Wert der Prüfung wird auch in diesem Fall durch mineralische Verunreinigungen beeinträchtigt, und das Verfahren eignet sich deshalb vor allem zur Prüfung von Mineralölrückständen untereinander oder auch von Teerrückständen gleicher Art und hat den Vorteil, daß man bei gewöhnlicher Temperatur die Konsistenz von Produkten bestimmen kann, für die es sonst schwer ist, einen Maßstab zu finden; es kann vor allem vorzüglich zur Prüfung von Materialien oder Präparaten, wie sie zur Oberflächenbehandlung von Straßen dienen, also weichen Asphalten, Asphaltölen oder Teeren verwendet werden. Für festere Materialien sind derartige Verfahren weniger gut geeignet und werden hier am besten durch die Penetrationsmethode ersetzt.

Man benutzt in Amerika noch eine andere Probe, um die Konsistenz von Asphaltmaterialien, besonders von reinen Asphalten und Mineralölrückständen festzustellen, die sogenannte Fließprobe (Flow-Test). — Diese

Untersuchungsmethode gibt nur Vergleichswerte und besteht darin, daß man auf einer geneigten Messingplatte Asphaltproben von bestimmter Größe und Form der Wärme aussetzt und beobachtet, wie weit sie in gewisser Zeit herabfließen. Es dienen zur Herstellung der Asphaltprobestücke Zylinderformen von 18 mm Länge und 10 mm Durchmesser. Die zu prüfenden Materialien werden mit einem Asphalt von bekannten Eigenschaften verglichen. Die Asphaltstücke werden zu diesem Zweck auf gewelltes Messingblech (Fig. 215) gebracht, das in einem Winkel von 45° in einem geschlossenen Raum, im Trockenofen oder auf einem Wasserbad eine bestimmte Zeit der

Fig. 215.



Fließprobe.

1. Harter Asphalt.
2. Mittelharter Asphalt.
3. Weicher Asphalt.

Wärme ausgesetzt wird. Besonderer Wert ist darauf zu legen, daß die Platte gleichmäßig erwärmt wird, damit jeder Asphaltpfropfen der gleichen Temperatur ausgesetzt wird. Man muß daher die Platte möglichst nur durch warme Luft erwärmen und sie durch Isolation mit Asbestplatten vor direkter Berührung mit dem heißen Metall schützen. Die kleinen Zylinder müssen, bevor sie auf die Messingplatte gelegt werden, gleiche Temperatur haben. Im Notfall genügt es, auch die Prüfungsplatte auf einen Heizkörper zu legen, nachdem sie vorher durch Asbest vor direkter Berührung mit dem Metall geschützt ist.

Das Verfahren eignet sich nur zur Anwendung auf feste, aber leicht schmelzende Asphalte oder Residuen, weil flüssige Asphalte, Mineralölrückstände oder Teere schon bei gewöhnlicher Temperatur abfließen würden. Bei derartigen Produkten, die öfters infolge fester Verunreinigungen oder Beanspruchung höherer Temperaturen die Benutzung des Viskosimeters nicht zulassen, benutzt man zur annähernden oder vergleichweisen Bestimmung der Viskosität nach dem Vorschlag von G. Lunge¹⁾ Senkschwimmkörper, deren Einsinkgeschwindigkeit mit erhöhter Konsistenz abnimmt.

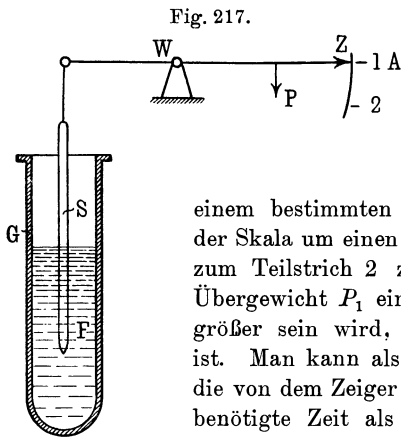
Ein von Lunge als „Teerprüfer“ bezeichnetes und in Fig. 216 abgebildetes kleines Instrument ist im Gegensatz zu den gewöhnlichen Aräometern aus sehr starkem Glas angefertigt, um dem mechanischen Abputzen des Teers besseren Widerstand zu leisten, und teils aus demselben Grunde, noch weit mehr aber behufs Erreichung einer gleichförmigeren Einsinkungsgeschwindigkeit ist der Hauptkörper ganz zylindrisch, mit einfach halbkugeligem Ende, gestaltet, statt der Einziehung und kugelförmigen Endung der gewöhnlichen Aräometer. Dieser Teil ist, einschließlich der unteren und oberen Abgrenzung, 100 mm lang und hat 20 mm äußeren Durchmesser. Der verengerte spindelförmige Teil ist 225 mm lang und 8 mm weit. Auf diesem ist, 15 mm über dem Ende des konischen Übergangsteiles zu dem zylindrischen Spindelteil, das spez. Gew. 1,400 angeschrieben; die spezifischen Gewichtszahlen setzen sich nach oben bis 1,050 fort; diese Skala nimmt im ganzen eine Länge von 190 mm ein; der für die Untersuchung von Teeren wichtigste Skalenteil

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1894, S. 449.

stand kommt, gar nicht mit irgend welcher Genauigkeit festzustellen ist. Selbstverständlich würden ja auch bei verschiedenen Produkten von verschiedenem spezifischen Gewicht ganz abweichende Spindellängen zur Wirkung kommen, wenn man bis zu diesem Ruhepunkt gehen wollte, was völlig unbrauchbare Daten ergeben würde. Ebenso selbstverständlich ist es aber, daß man den Teerprüfer, wenn man von einer Bestimmung der Viskosität absieht, durch Einsinken bis zum Stillstand zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes verwenden kann, für welchen Zweck er ja gerade bis 1,050 eingeteilt worden ist. Diese Bestimmungen werden freilich nicht so genau, wie die nach der früher beschriebenen Methode, haben aber für die Praxis den großen Vorteil, daß sie ohne Wage ausgeführt werden können und viel weniger Zeit beanspruchen.

Dieser von Lunge erdachte kleine Apparat ist inzwischen sehr wesentlich vervollkommenet worden. Die Firma Dr. Paul Meyer Aktiengesellschaft, Berlin (D. R.-P. Nr. 244 098) benutzt die Reibung zwischen der mehr oder weniger zähflüssigen Masse und einem hineingesenkten starren Körper, unter Umständen in Verbindung mit einer Durchströmung der Flüssigkeit durch einen verengten Querschnitt. Nach diesem Verfahren wird die Zeit gemessen, innerhalb deren ein in die Untersuchungsflüssigkeit eintauchender und an einem Hebel oder dergleichen hängender Körper durch die Wirkung einer gegebenen Kraft um ein bestimmtes Stück gehoben wird.

Den Apparat zur Ausübung des Verfahrens zeigt schematisch Fig. 217. In die in einem Glasgefäß G enthaltene Untersuchungsflüssigkeit F taucht



Viskosimeter
nach Meyer.

ein fester Stab S , der an einem Wagebalken W aufgehängt ist, ein, der für Bestimmungen bei verschiedenen Temperaturen gleichzeitig als Thermometer ausgebildet ist. Der Wagebalken wird mit Gewichten P belastet, so daß der Zeiger Z vor der Skala A sich auf einem bestimmten Punkt einstellt. Um den Zeiger Z an der Skala um einen bestimmten Betrag, z. B. vom Teilstrich 1 zum Teilstrich 2 zu verschieben, ist bei einem gewissen Übergewicht P_1 eine bestimmte Zeit erforderlich, die um so größer sein wird, je größer die Viskosität der Flüssigkeit ist. Man kann also bei Verwendung gleicher Übergewichte die von dem Zeiger zur Bestreichung des Intervalles 1 und 2 benötigte Zeit als Maßstab der Viskosität benutzen. Die Wirkung kann noch dadurch erhöht werden, daß man den festen Körper als Verdränger ausbildet, z. B. durch Anbringung einer quer zur Längsrichtung des Stabes gestellten

Fläche oder durch eine Ausbauchung des festen Körpers am unteren Ende, welche die Form eines Trichters besitzen kann.

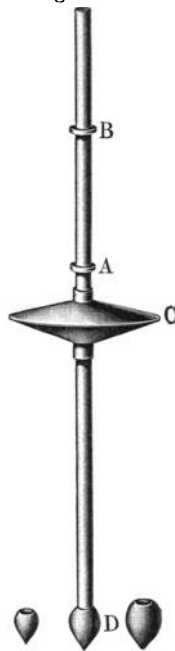
Das Verfahren kann nur zum Vergleich der Viskosität zweier Flüssigkeiten oder einer Flüssigkeit, z. B. eines Öles, bei verschiedenen Temperaturen dienen, es ist jedoch möglich, einheitliche Werte für die Viskosität dadurch zu erhalten, daß man eine bestimmte Flüssigkeit, z. B. Wasser, unter bestimmten Verhältnissen, z. B. bei 4°C , als normal annimmt und diesen Wert der Viskosität $= 1$ setzt.

Einen das gleiche Prinzip benutzenden Apparat zur Bestimmung der Viskosität, namentlich von präparierten Teeren für Straßenbauzwecke, hat J. Hutchinson (Engl. Pat. 22 042, 1911) konstruiert. Die der größeren Haltbarkeit wegen aus Metall hergestellte Spindel nach Fig. 218 hat eine Länge von 9 Zoll und besitzt am oberen Teil die Ringe *A* und *B*, welche die Marken für das Einsinken derselben darstellen; *C* ist ein Schwimmkörper und *D* das Gewicht für die Belastung. Die zu untersuchende Flüssigkeit von bestimmter Temperatur wird in einen Zylinder gegeben, der tief genug ist, um ein Schweben der Spindel zu ermöglichen, und dessen Durchmesser nicht unter 4 Zoll betragen sollte. Die Beobachtung erfolgt ganz in der von Lunge angegebenen Weise. Der Unterschied im spezifischen Gewicht der verschiedenen Teere wird praktisch dadurch beseitigt, daß dem Instrument drei auswechselbare Belastungsgewichte *D* beigegeben sind, Nr. 1 für spezifisch leichten, Nr. 2 für normalen und Nr. 3 für spezifisch schweren Teer. Für die praktischen Zwecke des Straßenbaues genügt in der Regel die Anwendung des Belastungsgewichtes Nr. 2.

Bei flüssigen Asphalten und Teeren ist es wichtig, zu erfahren, wie sie zusammengesetzt sind. Produkte von gleicher Viskosität bei einer gegebenen Temperatur können z. B. sein ein Teerrückstand oder ein flüssiger Asphalt auf der einen, ein Gemisch eines verhältnismäßig leichtflüchtigen Öles mit einem festen Asphalt oder Pech auf der anderen Seite. Während das erste Material sich ziemlich gleichförmig verhalten und auch beim Stehen an der Luft wenig verdunsten und seine Konsistenz beibehalten wird, wird beim zweiten eine schnellere Veränderung dadurch vor sich gehen, daß der leichtere Teil sich verflüchtigt und der Rückstand schnell hart und spröde wird. Da dieses Hartwerden bei gewöhnlicher Temperatur oft erst nach langer Zeit eintritt, wenn der flüchtige Anteil nur langsam verdampft, so bedient man sich, um in kurzer Zeit ein Urteil zu erhalten, der Ermittlung der Flüchtigkeit.

Einen gewissen Rückschluß auf das Vorhandensein leicht flüchtiger Anteile gestattet schon

Fig. 218.



Viskosimeter nach Hutchinson.

8. Die Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes,

die aber, da sie uns keine Auskunft über die in Frage kommenden Mengenverhältnisse gibt, mehr den Charakter einer qualitativen Probe hat. Die Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes geschieht, wenn die Bitumen flüchtig genug sind, in einem der bekannten Flamm- und Brennpunktprüfer, der für hohe Temperaturen eingerichtet ist, wie der Flamm- und Brennpunktprüfer nach Pensky und Martens oder der Flamm- und Brennpunktprüfer nach Marcusson. Wir beschreiben hier, als fast allgemein eingeführt, den Apparat von Pensky und Martens, der in Fig. 219 abgebildet ist.

Das Öl befindet sich in einem Gefäß, das in ein Luftbad *L* eingesetzt wird. Es wird mit Hilfe des Brenners *H* auf die gewünschte Temperatur gebracht. Das Gefäß ist geschlossen, kann aber vermittelst einer Auslösung *G* bei *E* geöffnet werden. Nachdem die gewünschte Temperatur erreicht ist,

wobei man durch Benutzung des Rührers *M* dafür sorgt, daß die Temperatur gleichmäßig verteilt ist, öffnet man durch Drehen von *G* die Öffnung *E*, wodurch eine kleine Zündflamme, die sich über *E* befindet, zugleich der Öffnung genähert wird. Der Punkt, bei dem die sich im Inneren des Ölgefäßes ansammelnden Gase an der Zündflamme entzünden, ist der Flammpunkt.

Nimmt man die Prüfung des Flammpunktes in einem offenen Gefäß vor, wie es unter anderem beim Apparat von Marcusson geschieht, so liegt der

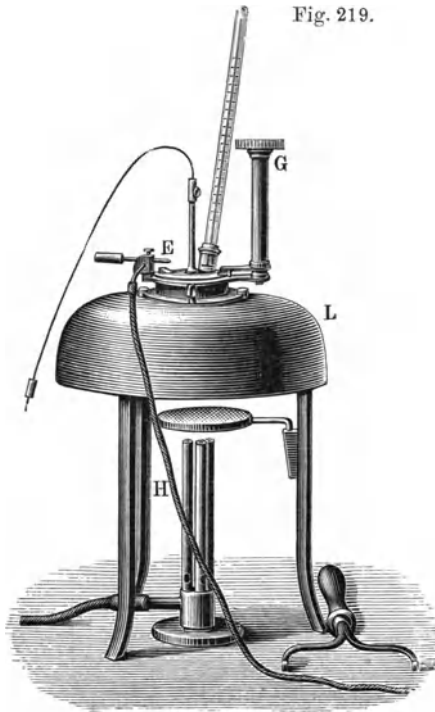


Fig. 219.

Flammpunktsprüfer
nach Pinsky und Martens.

Flammpunkt in der Regel etwas höher als bei geschlossenen Flammpunktsprüfern. In offenen Flammpunktsprüfern kann man zugleich den Brennpunkt ermitteln, das ist diejenige Temperatur, bei der das Öl nicht nur momentan entflammbare Dämpfe abgibt, sondern dauernd brennt. Der Brennpunkt liegt natürlich stets höher als der Flammpunkt.

Es ist auf diese Weise möglich, schnell zu unterscheiden, ob man es z. B. mit einem Rohöl oder einem Rückstand zu tun hat. Rohöle haben einen niedrigeren Flammpunkt als Rückstände und außerdem zeigen Paraffinrohöle unter sonst gleichen Umständen einen niedrigeren Flammpunkt als Asphaltöl vorausgesetzt, daß diese nicht noch gelöstes Gas enthalten. In manchen, namentlich schweren, asphalthaltigen Ölen findet infolge des Schwefelgehaltes eine ständige Abspaltung von Schwefelwasserstoff statt infolge fortschreitender

Asphaltbildung, so daß der gefundene Flammpunkt nicht dem wirklichen Flammpunkt des Materials entsprechen muß. In der Regel liegt der Flammpunkt von Rückständen über 200°, doch kommen auch sogenannte „Cutback“-produkte in den Handel, d. h. Produkte, die aus einem festen Asphalt durch Zufügen von Destillaten erzeugt worden sind und die im Äußeren sonst nicht von normalen Rückständen zu unterscheiden sind. Solche zeigen natürlich dann etwa den Flammpunkt des Destillates an, das zum Verschneiden verwendet wurde.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den verschiedenen Arten von präparierten Teeren, wo das zur Wiederbelebung des Pechs benutzte Öl für die Höhe der Flammtemperatur bestimmend ist.

9. Die Prüfung auf Flüchtigkeit.

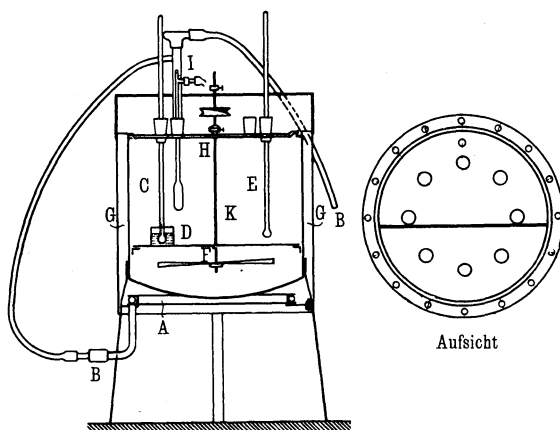
Der Versuch hat den Zweck, festzustellen, wie groß der Materialverlust bei hoher Temperatur ist, und vor allem, zu erfahren, welche Veränderung in den physikalischen Eigenschaften des Bitumens bei höherer Temperatur ein-

tritt, was einen Rückschluß gestattet auf das Verhalten des Materials bei längerer Einwirkung solcher Temperaturen, wie es z. B. auf Straßenoberflächen der Fall ist. Die Temperaturen auf Straßenoberflächen dürfen nicht unterschätzt werden; bei hohem Stand der Sonne kann sehr wohl mit Temperaturen auf der Oberfläche von 50° und mehr gerechnet werden. Wie wichtig diese Bestimmung ist, zeigt die Überlegung, daß beim Vorhandensein leicht flüchtiger Bestandteile in einem Straßenbaumaterial die leichteren Öle unter dem Einfluß der Sonnenwärme verdunsten unter Hinterlassung eines spröden und brüchigen Materials, das nicht mehr imstande ist, den Einflüssen des Verkehrs elastisch nachzugeben, ein Fall, der beim Vorherrschen schwer flüchtiger Öle als ausgeschlossen zu betrachten ist.

Bei der Prüfung auf Flüchtigkeit dient zum Erhitzen des Materials ein Ofen, der konstante Temperaturen einzuhalten erlaubt. In Amerika nimmt man den Versuch bei 163°C ($= 325^{\circ}\text{F}$) vor, und zwar erfolgt das Erhitzen gewöhnlich in einem Luftbad nach Lothar Meyer, das im New-Yorker Testing Laboratory für diese Zwecke umgebaut wurde. Fig. 220 zeigt diesen Ofen. Der Ofen wird durch einen Ringbrenner *A* mit der Gaszuführung *B* geheizt, der eine gleichmäßige Verteilung der Temperatur gestattet.

Die heißen Gase ziehen in dem Raum *G* zwischen Ofen und Ummantelung fort und entweichen durch Öffnungen, die am oberen Rande dieser Ummantelung angebracht sind, wodurch in allen Punkten eine sehr konstante Temperatur erzeugt wird; bei Inbetriebnahme eines neuen Ofens muß man sich hiervon erst durch Einbringen von Thermometern *E* an verschiedenen Punkten überzeugen. Im Inneren des Ofens befindet sich ein kleiner Ventilator *K*, der durch Schnurtrieb von irgend welcher Kraftquelle in Bewegung gesetzt wird und so gleichfalls zum Temperatúrausgleich innerhalb des Luftbades beiträgt. Ein durchbrochener Boden *F* am unteren Ende des Luftbades dient zur Aufnahme der zu prüfenden Materialien; der Boden ist beim Gebrauch erst mit Asbest zu bedecken, um die Wärmeleitung von den Wänden des Luftbades im Inneren auszugleichen. Außerdem bringt man bei Versuchen noch eine Schale *D* mit schweren Mineralrückständen, als Kontrollobjekt in den Ofen, deren Temperatur durch ein Thermometer *C* angezeigt wird. Die hierbei ermittelte Temperatur ist maßgebend für die Prüfungstemperatur des zu untersuchenden Materials. Die Temperatur im Ofen wird durch einen Gasregulator *I*, der auf dem Deckel *H* angebracht ist, konstant

Fig. 220.



Apparat zur Prüfung auf Flüchtigkeit.

- A* Ringbrenner. *B* Gaszuführung. *C* Kontrollthermometer.
D Ölschale. *E* Thermometer. *F* Durchbrochener Boden.
G Luftzirkulationsraum. *H* Deckel. *I* Gasregulator.
K Ventilator.

erhalten. Zur Untersuchung gelangen etwa 10 bis 20 g des Materials, die in einer flachen Metallschale der Wärme ausgesetzt werden. Das Material wird im erwärmten Zustande in die Schale gegossen, sofern es nicht schon flüssig ist, abkühlen lassen und genau gewogen. Dann wird die Schale in den Ofen gesetzt und während fünf Stunden auf 163° erwärmt. Die Temperatur darf während dieser Zeit um nicht mehr als 2° schwanken. Darauf wird die Probe herausgenommen, abkühlen lassen und ihr Gewichtsverlust festgestellt. Außerdem wird festgestellt, welche Veränderung das Material während des Erhitzens sonst erlitten hat. In den meisten Fällen wird es härter geworden sein, und die Zunahme an Härte wird durch vergleichende Bestimmung des Schmelzpunktes, der Fließprobe und der Penetration ermittelt, nachdem vor dem Versuch die Zahlen von den zu prüfenden Materialien bereits festgestellt wurden. Nötig ist vor Anstellung dieser Versuche, daß das Material im geschmolzenen Zustande nach dem Erhitzen und während des Abkühlens gerührt wird, da namentlich bei festeren Asphalten, bei denen nicht so leicht eine Mischung eintritt, eine Veränderung auf der Oberfläche vor sich geht. Enthält das Material Wasser, so geht dies natürlich gleichfalls verloren. In diesem Fall, der sich schon vorher beim Erhitzen durch Schäumen des Materials anzeigt, muß man eine gesonderte Wasserbestimmung vornehmen und den Betrag des Wassers vom Gesamtverlust in Abzug zu bringen.

Vierzehntes Kapitel.

Chemische Methoden zur Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte.

Während die physikalischen Methoden zur Prüfung und Untersuchung der hier in Frage kommenden Körperklasse sich bereits heute auf einem Zustand großer Vollendung befinden, kann man das gleiche nicht von den chemischen Methoden sagen.

Die Schwierigkeiten wachsen hier, wie schon mehrfach betont worden ist, mit der Eigenartigkeit des Materials. Mit Sicherheit lassen sich nur die elementaren Bestandteile ermitteln, während bezüglich der Bestimmung und Trennung der näheren Bestandteile noch manche Frage der Lösung harret. Aber der Weg ist angebahnt durch die erfolgreichen Arbeiten der letzten Zeit, die besonders durch die Untersuchungen von Clifford Richardson eine Richtung eingeschlagen haben, die zum endlichen Ziel zu führen verspricht. Man darf mit Sicherheit erwarten, daß die hierunter folgenden Methoden, die uns heute nur ein lückenhaftes Eindringen in den komplizierten Aufbau des Stoffes gestatten, in absehbarer Zeit so vervollkommenet und vervollständigt werden, daß sie volles Licht verbreiten über dies in mancher Hinsicht noch dunkle Gebiet.

I. Allgemeine Prüfungsmethoden.

1. Bestimmung des Wassergehaltes.

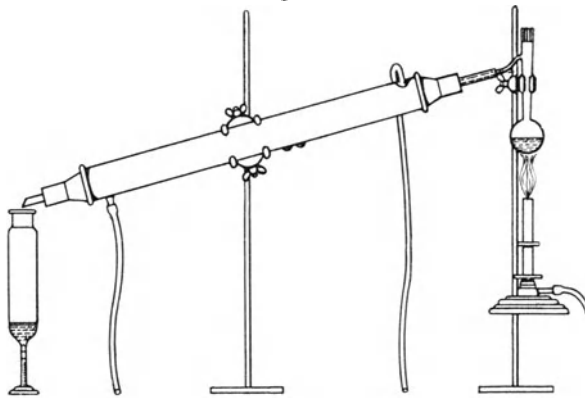
Die Wasserbestimmung geschieht am einfachsten durch Erhitzen des Materials. Sofern es nur wenig flüchtige Öle enthält, kann man schon aus der Gewichts Differenz vor und nach dem Erhitzen auf über 150° auf den Wassergehalt schließen. Die hohe Temperatur ist notwendig, da das Wasser oft in Form feiner Kügelchen in dem Material verteilt ist und in diesem Zustande beträchtlich überhitzt werden kann, ohne zu sieden. Genauer ist die direkte Bestimmung, indem man das Material mit hochsiedenden Ölen, wie Toluol, Terpentinöl, Petroleum, erhitzt¹⁾, wodurch alle Wasserdämpfe mitgerissen werden, das Destillat in einem graduierten Zylinder auffängt und direkt die Wassermengen daran abliest. Bei geringem Wassergehalt empfiehlt es sich, Zylinder zu verwenden, die unten spitz zulaufen, wie Fig. 221 zeigt, um die kleinen Wassermengen besser ablesen zu können.

¹⁾ Vgl. die Arbeiten von Hoffmann, Marcusson und Graefe.

2. Bestimmung des Aschengehaltes.

Wenn auch der Bitumengehalt genau nur durch Feststellung der extrahierbaren Bestandteile zu erhalten ist, so kann doch für Vorversuche oder für angenäherte Bestimmungen auch die Bestimmung des Gehaltes an Mineralbestandteilen an seine Stelle treten. Die Veraschung geschieht in üblicher Weise in einem Platin- oder Porzellantiegel und Wägung des Rückstandes. Bei Anwesenheit von kohlenurem Kalk in der Asche muß man sich des unten beschriebenen Verfahrens bedienen, um zu vermeiden, daß die ausgetriebene Kohlensäure als verbrannter Asphalt mit in Rechnung gestellt wird. Enthält das Gestein oder der Asphalt Wasser, so geht dies natürlich mit verloren und muß durch einen besonderen Versuch im Trockenofen einzeln bestimmt werden. Bei manchen Asphalten, wie z. B. Trinidadasphalt, gibt auch dieses Verfahren keinen Aufschluß, da die Aschenbestandteile in Form von Lehm und anderen wasserhaltigen Silikaten einen Teil des Wassers

Fig. 221.



Apparat zur Wasserbestimmung durch Destillation.

chemisch gebunden halten und erst bei sehr hohen Temperaturen abgeben. Hier kann man nicht direkt aus den Resultaten der Veraschung auf den Gehalt an Bitumen schließen. Gerade durch Unkenntnis über dieses Verhalten ist früher die Meinung entstanden, der Trinidadasphalt enthalte einen wesentlichen Anteil an organischen Substanzen nichtasphaltischer Natur, da die Bitumenbestimmungen durch Extraktion oder Ermittlung des Unverbrennlichen Differenzen bis zu mehreren Prozenten ergaben.

In ähnlicher Weise, nur unter Abschluß der Luft, geschieht

3. Die Bestimmung des nichtflüchtigen Kohlenstoffs.

Diese Bestimmung wird so ausgeführt, daß man 1 g des Materials in einem Platintiegel von 20 bis 30 g Inhalt bringt, der mit einem dicht schließenden Deckel versehen ist. Er wird sieben Minuten über der vollen Flamme des Bunsenbrenners, wie in Fig. 222 angegeben, geheizt. Der Tiegel wird auf ein Dreieck gesetzt und dieses 6 bis 8 cm über der Mündung des Bunsenbrenners angebracht. Die Flamme soll 20 cm hoch sein, wenn sie frei brennt. Zugluft, die die Flamme wegbläst, ist zu vermeiden. Die Oberfläche

des Tiegeldeckels soll nach der Verkokung blank sein, die untere dagegen mit Kohlenstoff bedeckt, ausgenommen, wenn das Bitumen so flüchtig und wasserstoffreich ist, daß sich auf der Unterseite des Tiegels kein Kohlenstoff abscheidet. Der Tiegel wird dann in den Exsikkator gebracht und gewogen; dann wird er abermals in schräger Lage ohne Deckel über einen Bunsenbrenner gesetzt und geglüht, bis alles Verbrennliche verascht ist. Ebenso wird der Kohlenstoffbeschlag auf der Unterseite des Tiegeldeckels abgebrannt. Das Gewicht der Asche wird vom Gewicht des Rückstandes, der beim ersten Erhitzen verblieb, abgezogen, und die Differenz ergibt den freien Kohlenstoff. Bei Anwesenheit von kohlensaurem Kalk würde dieser beim Glühen teilweise in Ätzkalk übergehen; man muß durch Behandeln der Asche mit Ammoniumcarbonat und abermaliges kurzes Glühen den Ätzkalk wieder in kohlensauren Kalk überführen. Bei Teeren und Residuen, wenn sie größere Mengen freien Kohlenstoffs enthalten, ergibt das Verfahren natürlich nur das Gesamtergebnis an Kohlenstoff, der schon vorher im Teer enthalten war, und an solchem, der erst beim Erhitzen entstanden ist; eine besondere Bestimmung des Koksrückstandes kann nach Extraktion des Teers usw. mit Lösungsmitteln, die alles Bitumen herauslösen, erfolgen, wird sich aber in den meisten Fällen als überflüssig erweisen.

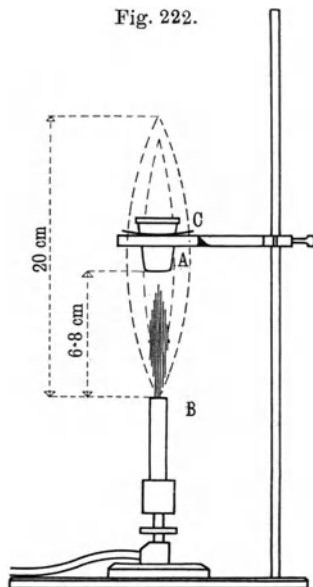
Ausschlaggebend für den Wert eines Asphaltmaterials ist

4. Die Bestimmung des Bitumengehaltes durch Extraktion.

Alle natürlichen und künstlichen Asphalte enthalten neben dem löslichen Bitumen noch größere oder geringere Mengen unlöslicher Körper, teils organischer, teils anorganischer Natur, von welchen das Bitumen nur durch Extraktion getrennt werden kann. Wenn es sich dabei lediglich um eine Bestimmung der Gesamtmenge des Bitumens handelt, verwendet man zur Extraktion zweckmäßig ein solches Lösungsmittel, in welchem alle Bestandteile desselben leicht löslich sind, um in einer einzigen Operation zum Ziel zu gelangen.

Für die natürlichen Asphalte ist ein derartiges Lösungsmittel im Schwefelkohlenstoff gefunden worden, welcher für diesen Zweck nur im reinsten Zustande, vor allem absolut frei von gelöstem Schwefel, verwendet werden kann. Natürlich ist es von größter Wichtigkeit, daß das betreffende Lösungsmittel sehr leicht flüchtig ist, um nicht beim Verdunsten desselben eine teilweise Zersetzung oder Verflüchtigung des extrahierten Bitumens infolge der höheren Temperatur, die dabei angewendet werden muß, befürchten zu müssen. Dieser Bedingung entspricht der Schwefelkohlenstoff in hohem Maße. Vollständig löslich ist das Bitumen der natürlichen Asphalte auch in den flüssigen

Fig. 222.



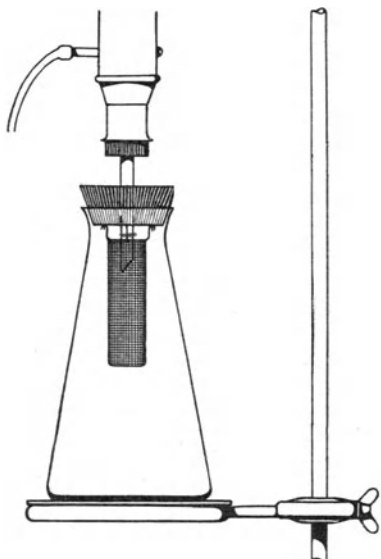
Apparat zur Bestimmung des nichtflüchtigen Kohlenstoffs.

A Platintiegel mit Deckel.
B Bunsenbrenner. C Dreieck.

Kohlenwasserstoffen des Steinkohlenteers sowie in den schwereren Destillationsprodukten des Erdöls, in Terpentinöl und in Chloroform.

Terpentinöl ist jedoch wegen seines hohen Siedepunktes nicht geeignet, da beim Abtreiben des Öles sehr leicht Zersetzungen des extrahierten Asphalts bzw. Verlust von leichteren mit extrahierten Substanzen eintreten können. Tetrachlorkohlenstoff vermag die Carbene des Asphalts nicht zu lösen und wird deshalb besonders angewendet, um bei künstlichen Asphaltten festzustellen, ob durch Überhitzung bei der Destillation Carbene entstanden sind, die die Qualität des Asphalts beeinträchtigen. Äther löst nur die weicheren Teile der Asphalte, und Alkohol löst noch wesentlich weniger. Ähnlich verhalten sich die leichten Petrolbenzine, die nur die Petrolene und Malthene auflösen,

Fig. 223.



Extraktionsapparat nach Graefe.

nicht dagegen Asphaltene und Carbene. Steinkohlenteeröle, wie Benzol, Toluol, sind sehr gute Lösungsmittel, die beinahe an Chloroform und Schwefelkohlenstoff heranreichen. Durch aufeinanderfolgende Anwendung verschiedener Lösungsmittel gelingt es wenigstens qualitativ, die Bestandteile der Asphalte in Gruppen voneinander zu trennen. Im hohen Maße scheint diese Eigenschaft auch dem Butanon zuzukommen.

Infolge der Leichtlöslichkeit des Bitumens in den zuerst genannten Lösungsmitteln kann die Extraktion desselben nach Meunier¹⁾ schon auf kaltem Wege in der Art erfolgen, daß man eine gewogene Menge des Asphalts in einem geschlossenen Gefäß mit einer genügenden Menge des Lösungsmittels übergießt und unter häufigerem Umschütteln längere Zeit stehen läßt. Man filtriert schließlich durch ein trockenes gewogenes Filter und wäscht den Filterinhalt so lange mit Lösungsmittel aus, als dieses noch Bestandteile auszuwaschen vermag. Rascher kommt man natürlich unter Verwendung eines der bekannten Extraktionsapparate, wie solche zu Fettbestimmungen und dergleichen üblich sind, zum Ziele, als deren bekanntesten wir den Apparat von Soxhlet anführen. Eine sehr einfache Vorrichtung dieser Art ist der Extraktionsapparat von Graefe, den man sich aus irgend einem weithalsigen Erlenmeyer-Kolben, einem Kühler und einem kleinen Körbchen aus Draht als Träger für die Extraktionspatrone selbst bauen kann. Er arbeitet wesentlich schneller als der Soxhlet-Apparat, da das zu extrahierende Material ständig im Dampf des Lösungsmittels hängt, der einmal selbst lösend wirkt, zum anderen aber das Extraktionsgut ständig auf hoher Temperatur hält, wodurch die Extraktion beschleunigt wird. Fig. 223 zeigt die Konstruktion des kleinen Apparates, die ohne weiteres verständlich ist.

¹⁾ Compt. rend. **123**, 1327 u. f.

Nach dem Verdunsten oder Abdestillieren des Lösungsmittels trocknet man den Destillationsrückstand bei 100° bis zum konstanten Gewicht im Trockenschrank, am besten im Kohlensäurestrom, um einer etwaigen Veränderung desselben durch Oxydation vorzubeugen. Durch Trocknen und Wiegen des Filterinhaltes erfährt man die Menge der Verunreinigungen des Asphalts; eine Differenz zwischen dem so gefundenen Gesamtgewicht und dem Gewicht der angewandten Substanz ergibt einen etwaigen Feuchtigkeitsgehalt des Asphalts. Ist es von Interesse, auch die Zusammensetzung der Verunreinigungen des Asphalts kennen zu lernen, so erfolgt die Untersuchung des Filterinhaltes nach dem gewöhnlichen Gang der quantitativen chemischen Analyse.

Die Bestimmung des Bitumengehaltes durch Extraktion auf kaltem Wege geschieht bei Zimmertemperatur und wird in folgender Weise ausgeführt:

2 bis 3 g von Asphalt oder 10 g von Asphaltgestein oder der bitumenhaltigen Straßenoberfläche werden in einen Erlenmeyer-Kolben gebracht, etwa 100 ccm reiner Schwefelkohlenstoff zugefügt und umgeschwenkt, bis keine Klumpen mehr zu sehen sind und auch nichts mehr am Boden haftet. Die Flasche wird dann zugekorkt und für 15 Minuten beiseite gestellt. Während der Zeit wird ein Gooch-Tiegel in der gewöhnlichen Weise mit Asbest zurechtgemacht, getrocknet, geglüht, im Exsikkator abkühlen lassen und gewogen. Er wird dann auf eine Absaugflasche gebracht und die Lösung des Bitumens aus der Erlenmeyer-Flasche vorsichtig auf den Asbest gegossen, zunächst ohne die Luftpumpe in Tätigkeit zu setzen. Den Rückstand läßt man im Erlenmeyer-Kolben und hört mit dem Aufgießen der Bitumenlösung auf, sobald etwas von den Mineralbestandteilen mit aus der Erlenmeyer-Flasche herausgespült wird. Man bringt dann neuen Schwefelkohlenstoff in den Erlenmeyer-Kolben und gießt den Inhalt nach dem Absetzen wieder durch das Filter. Schließlich spült man den Rückstand mit Schwefelkohlenstoff auf das Asbestfilter, läßt bei gewöhnlicher Temperatur das Filter trocknen und den meisten Schwefelkohlenstoff entweichen, trocknet dann für kurze Zeit den Gooch-Tiegel im Trockenofen bei 100° und wiegt zurück. Der Gewichtsverlust entspricht dem Gehalt an Bitumen. Durch Verdunsten des Schwefelkohlenstoffs und Veraschen des Rückstandes kann man sich davon überzeugen, ob nicht Mineralbestandteile mit durchs Filter gegangen sind. In diesem Fall ist der Betrag vom Bitumengehalt abzuziehen. Natürlich muß das zur Untersuchung verwendete Material trocken sein, da man sonst den Wassergehalt mit als Bitumen ermittelt. Enthält das Material sehr viel feine Bestandteile, wie manche Naturasphaltgesteine, so ist es schwer, alle anorganischen Bestandteile auf dem Filter zurückzuhalten. In diesem Falle kann man mit genügender Genauigkeit die Differenz zwischen Aschengehalt und dem ursprünglichen Material, das vorher getrocknet sein muß, als Bitumengehalt betrachten, wie dies weiter oben erwähnt worden ist. Enthält die Asche kohlen-sauren Kalk, der beim Veraschen teilweise in Ätzkalk übergehen kann, so muß man die Asche, wie erwähnt, noch mit einer Lösung von kohlen-saurem Ammonium befeuchten, um den etwa entstandenen Ätzkalk wieder in kohlen-sauren Kalk zurückzuführen; dann trocknet man bei 100°, erhitzt für einige Minuten zur dunkeln Rotglut und wiegt dann zurück. Dabei muß vorausgesetzt werden, daß die Aschenbestandteile kein Hydratwasser enthalten und anderweitige organische Substanzen fehlen, durch deren Verflüchtigung das Resultat beeinträchtigt würde.

Sind in dem Material sehr feine mineralische Bestandteile zugegen, wie oben erwähnt, was besonders bei Gegenwart von Trinidadasphalt der Fall ist, so muß man die Lösung in Schwefelkohlenstoff länger als 15 Minuten stehen lassen, und das Amerikanische Comité für Materialprüfung empfiehlt dafür folgende Methode:

2 bis 15 g der zu untersuchenden Substanz (das Quantum hängt von dem Reichtum der Substanz an Bitumen ab) werden in einen 150 ccm fassenden Erlenmeyer-Kolben eingewogen, dessen Tara vorher bestimmt ist. Der Kolbeninhalt wird mit 100 ccm Schwefelkohlenstoff versetzt, der Kolben mit einem Kork verschlossen und von Zeit zu Zeit geschüttelt, bis alle gröberen Teile des Materials zerfallen sind; dann wird der Kolben zur Seite gesetzt und 48 Stunden stehen lassen. Die Lösung wird darauf in einen vorher gewogenen ähnlichen Kolben abgefüllt, wobei soviel als möglich von der Lösung abzugießen ist, ohne daß der Rückstand aufgerührt wird. Der Inhalt des ersten Kolbens wird dann wieder mit frischem Schwefelkohlenstoff wie vorher behandelt, nachdem er zusammen mit dem zweiten Kolben zur Seite gestellt und für 48 Stunden in Ruhe belassen wurde. Am Ende dieser Zeit sind die Inhalte der beiden Kolben sorgfältig in einen gewogenen Gooch-Tiegel abzugießen, der mit einem Asbestfilter ausgefüttert ist, wobei der Inhalt des zweiten Kolbens zuerst durch das Filter zu bringen ist. Das Asbestfilter soll aus ungeglühtem, langfaserigem Asbest hergestellt sein, der in dem unteren Teil des Gooch-Tiegels nicht höher als 3 mm eingeschichtet worden ist. Nachdem der Inhalt beider Kolben das Filter passiert hat, sind die beiden Rückstände mit weiterem frischem Schwefelkohlenstoff zu schütteln und für 24 Stunden bzw. so lange ruhen zu lassen, bis man beobachten kann, daß sich alles als guter Bodensatz abgesetzt hat. Das Lösungsmittel wird dann abermals auf einem Filter vom Rückstand getrennt. Dieses Auswaschen ist fortzusetzen, bis das Filtrat farblos abläuft. Der Tiegel und die beiden Kolben werden bei 125° C getrocknet und gewogen. Das Filtrat, welches das Bitumen enthält, wird verdampft, der bituminöse Rückstand abgebrannt und das Gewicht der Asche, das auf diese Weise ermittelt wurde, dem der Rückstände in den beiden Kolben und dem des Trichters zugerechnet. Die Summe dieser Gewichte abgezogen vom Gewicht der verwendeten Substanz gibt das Gewicht des extrahierten Bitumens.

Bei Materialien, die sogenannten freien Kohlenstoff enthalten, wie Teeren und anderen Produkten der trockenen Destillation, wird natürlich dieser auch mit auf dem Filter zurückbleiben und ist dann gesondert durch Veraschen und Zurückwiegen der Asche zu bestimmen.

Die Bestimmung des reinen Bitumens in Teeren und Pechen, die als Produkte der trockenen Destillation neben Spuren von Asche meist nur einen mehr oder weniger großen Gehalt an freiem Kohlenstoff aufweisen, geschieht nach vereinbarter Methode in einfachster Weise wie folgt: Man wägt in einem kleinen Porzellanschälchen etwa 1 g des Materials ab, fügt 5 ccm Anilin hinzu und erwärmt für eine halbe Stunde auf dem Wasserbad. Die Mischung gießt man heiß auf einen kleinen Teller aus porösem Porzellan von 65 mm Durchmesser. Nachdem alles Anilin eingesogen ist, wäscht man das im Schälchen verbliebene mit 2 ccm Pyridinbasen sorgfältig nach und trocknet das Schälchen nach dem Verschwinden des Pyridins bei 120 bis 150°. Der trockene Kohlenstoff wird mit einem Holzspachtel vom Teller abgenommen

und gewogen. Bei dem geringen Gehalt an freiem Kohlenstoff, den die Teere aus Kokereien und modern eingerichteten Gasanstalten heute aufweisen (2 bis 6 Proz.), wird man bei Teeren erheblich größere Mengen an Material verwenden müssen, um einwandfreie Resultate zu erhalten.

Wendet man bei der Extraktion des Bitumens verschiedene Lösungsmittel hintereinander an, so zwar, daß man sie mit steigender Lösungsfähigkeit aufeinander folgen läßt, so kann man eine gewisse Fraktionierung der Asphalte zu Produkten von qualitativ verschiedenem Charakter erzielen. Im höheren Maße ist das allerdings bei einer Fraktionierung durch Fällung möglich. Diese Fraktionierung kann man entweder vornehmen, um aus einem einheitlichen Asphalt Produkte von verschiedenem Charakter zu erhalten oder um Gemische zu trennen und in ihnen die einzelnen Bestandteile nachzuweisen. Derartige Versuche reichen weit zurück.

Schon Boussingault¹⁾ trennte den Asphalt durch Extraktion mit Alkohol oder Destillation in zwei Bestandteile, die er als Petrolene und Asphaltene bezeichnete.

H. Kayser²⁾ erhielt durch sukzessive Extraktion verschiedener Asphalte und Asphaltite mit Alkohol (spez. Gew. 0,835), Äther und Chloroform drei Substanzen von verschiedener Zusammensetzung, die er als nähere Bestandteile des Asphalts betrachtet, wenngleich er auch nicht annimmt, daß es sich dabei um reine Körper handelt.

S. F. und H. E. Peckham³⁾ schlugen zur Charakterisierung und Identifizierung der Asphalte eine aufeinander folgende Extraktion mit Petroleumäther, Terpentinöl und Chloroform vor und erhalten Produkte mit sinkendem Schwefelgehalt.

Am eingehendsten hat sich Clifford Richardson⁴⁾ mit dieser Frage durch zahlreiche Untersuchungen an Asphalten der verschiedensten Art beschäftigt. Wir haben seine Methode bereits in dem Abschnitt über die näheren Bestandteile des Asphalts eingehend besprochen. Er trennt die Asphalte durch abwechselnde Behandlungsweise in vier Körpergruppen, die er in Anlehnung an die Nomenklatur Boussingaults als Petrolene, Malthene, Asphaltene und Carbene bezeichnet.

Die Petrolene können durch siebenstündiges Erhitzen auf 180° aus der Retorte abgetrieben werden, sind Bestandteile des Erdöls und finden sich hauptsächlich in den bergteerartigen Produkten.

Die Malthene erhält man aus dem Rückstand durch Extraktion mit Petrolnaphtha vom spez. Gew. 0,6442 (Sp. 25 bis 70° etwa 90 Proz.); sie bestehen aus einem eichen Bitumen mit geringerem Schwefelgehalt als die Asphaltene, in die sie mit der Zeit durch Polymerisation übergehen.

Die Asphaltene werden durch Extraktion des Rückstandes der Malthene mit Tetrachlorkohlenstoff bei Lufttemperatur und Abtreiben des Lösungsmittels isoliert; sie sind von spröder und harter Beschaffenheit, schmelzen nicht beim Erhitzen, sondern blähen sich unter Zersetzung auf. Sie enthalten viel Schwefel, und je größer ihr Schwefelgehalt ist, desto spröder ist ihre Beschaffenheit.

¹⁾ Ann. Chim. Phys. **64**, 171; **73**, 442. — ²⁾ A. a. O. — ³⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. **16**, 424. — ⁴⁾ A. a. O.

Die Carbene finden sich nicht in allen Asphalten. Zuweilen verbleibt bei der sukzessiven Extraktion nach der Behandlung mit Tetrachlorkohlenstoff noch ein Rückstand, der sich in Schwefelkohlenstoff bei Lufttemperatur löst und aus hochmolekularen Kohlenwasserstoffen besteht, die Richardson unter diesem Namen zusammenfaßt.

Welche Bedeutung der Kenntnis des Gehaltes der Asphalte an diesen Körpergruppen bei der praktischen Verwendung zukommt, haben wir im vorangehenden mehrfach zu betonen Gelegenheit gehabt.

Schwarz¹⁾ schlägt zur fraktionierten Trennung von festen Bitumen das Butanon vor nach folgender Arbeitsmethode:

Etwa 1 g chloroformlösliches Bitumen wird in einem mit Dephlegmatorrohr versehenen Erlenmeyer-Kolben vier- bis sechsmal mit je 20 ccm Butanon vom spez. Gew. 0,812 auf dem Wasserbade unter Umschütteln behandelt. Die Auskochung mit Butanon von 0,835 spez. Gew. kann wegfallen, da angesichts des verhältnismäßig geringen Ölgehaltes der festen Bitumen nicht zu befürchten ist, daß beim Ausziehen mit Butanon von 0,812 spez. Gew. Asphalt mitgelöst würde. Außerdem greift das stark wasserhaltige Butanon die festen Bitumen zu wenig an. Die Auszüge werden heiß durch ein glattes Filter (Weißband 589) gegossen, letzteres mit heißem Butanon von 0,812 spez. Gew. ausgewaschen; der im Kolben und auf dem Filter befindliche Asphalt wird dann mit Chloroform in eine gewogene Schale gespült und nach Abdampfen des Lösungsmittels gewogen.

Das Filtrat, aus welchem sich beim Abkühlen geringe Mengen harzartiger Stoffe ausscheiden, wird zwecks vollständiger Ausfällung der Harze mit Wasser versetzt, und zwar werden auf 100 ccm Lösung 10 ccm Wasser zugegeben. Die milchig trübe Flüssigkeit wird sodann einige Zeit (über Nacht) stehen gelassen, wobei sich am Boden des Gefäßes braune Tröpfchen von harzartig aussehenden Stoffen abscheiden. Die darüber befindliche Flüssigkeit wird durch ein Filter gegossen und das Harz im Kolben mit Butanon vom spez. Gew. 0,835 bei Zimmerwärme gewaschen. Die Harzstoffe und die in Lösung gebliebenen Anteile werden sodann nach dem Abdestillieren der Lösungsmittel getrennt gewogen. Auf diese Weise wurden zwei Naturasphalte und ein Erdöldestillationsrückstand in je drei Einzelbestandteile zerlegt. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Chloroformlösliches Bitumen besteht aus	bei 100° C sprödem Asphalt	rotbraunem, bei 100° C sprödem Harz	ölartigen Stoffen	Die abgeschiedenen Harze sind
1. Trinidadasphalt, hart	3,3	43,0	53,7	leicht oxydierbar
2. Italienischer Asphalt, weich	22,9	10,4	66,7	} beständig gegen Sauerstoff
3. Galizischer Erdölrückstand, hart.	13,9	25,2	60,9		leicht oxydierbar

Danach hat das Butanonverfahren vor den üblichen Verfahren zur Trennung der Materialien von den Petrolenen den Vorzug, die Trennung ohne chemische Veränderung der Einzelbestandteile vorzunehmen. Das Butanon

¹⁾ Chem.-Ztg. 1911, S. 1418.

bietet ferner den Vorteil, durch Zusatz von beliebigen Mengen Wasser die Lösungsfähigkeit des Mittels zu verändern, so daß eine fraktionelle Trennung der Asphaltbestandteile besser möglich ist, als wenn unveränderliche Reagenzien benutzt werden.

5. Bestimmung des Asphalts in Erdölen usw.

Die Bestimmung des Asphalts in asphaltischen Erdölen spielt in mehrfacher Hinsicht eine wesentliche Rolle. Zunächst ist es erwünscht, den Asphalt aus solchen Ölen möglichst zu entfernen, die auf Schmieröle oder andere asphaltfreie Produkte verarbeitet werden sollen; dann wird man in vielen Fällen Öle, besonders asphaltische, auf Asphalt durch Blasen mit Luft in der Wärme verarbeiten wollen, wozu es vorteilhaft ist, wenn das Öl möglichst viel Asphalt vorgebildet enthält. Zur Feststellung dienen verschiedene Asphaltbestimmungsmethoden, die denn auch teilweise, wie die Holdesche, auf andere Gebiete, wie z. B. Schmierölprüfung, übertragen worden sind.

D. Holde¹⁾ bedient sich zur Abscheidung und Bestimmung des Asphalts in rohen Erdölen einer Fällungsmethode. Zur Bestimmung des in Benzin unlöslichen Teiles des Asphalts werden 1,5 bis 3 g des Öls in einer 1 Literflasche aus farblosem Glase mit 300 bis 500 ccm Benzin von tunlichst niedrigem Siedepunkt (weil die Löslichkeit des Asphalts mit dem Fallen der Siedegrenze des Benzins abnimmt) tüchtig geschüttelt. Nach wenigstens eintägigem Stehen wird zunächst der Hauptteil der Lösung durch ein kleines Faltenfilter gegeben. Dann wird die Hauptmenge des Niederschlages auf das Filter gebracht und unter Nachspülen der Flasche mit reinem Benzin so lange ausgewaschen, bis das Filtrat keinen öligen Verdampfungsrückstand mehr gibt. Hierauf wird der Asphalt vom Filter durch heißes Benzol abgelöst; die in einen Kolben gespülte Lösung wird durch Destillation von der Hauptmenge des Benzols befreit und dann in eine tarierte Schale gegeben, welche nach Verdampfung des Benzolrestes und Trocknen bei 100° C gewogen wird. Das Ablösen des Asphalts vom Filter hat tunlichst bald zu geschehen, wenn man sicher sein will, daß derselbe (vermutlich infolge einer Oxydation) keine Gewichtszunahme erfährt.

Der in Alkoholäther (4 : 3) unlösliche Asphalt in rohen Erdölen oder ähnlichen Produkten wird ermittelt, wenn man 1 bis 2 g Öl mit 20 bis 40 ccm Alkoholäther (4 : 3) in eine Stöpselflasche spült und nach tüchtigem Durchschütteln zwei bis drei Tage stehen läßt. Das benutzte Wägegefäß, an dessen Wänden häufig Asphaltreste haften, wird inzwischen aufbewahrt. Man sammelt den Niederschlag auf einem kleinen Faltenfilter, wäscht mit Alkoholäther so lange nach, bis dieser beim Verdunsten einen in der Zimmerwärme höchstens klebenden, keineswegs aber mehr öligen Rückstand hinterläßt. Sollten sich im Filtrat nach mehrtägigem Stehen weitere Mengen Niederschlages absetzen, so werden diese mit dem ersteren vereinigt und wie oben ausgewaschen. Der gesamte, in der Wägeflasche, dem Schüttelgefäß und auf dem Filter verbliebene Rückstand wird mit heißem Benzol aufgenommen, die Lösung in einer Porzellanschale verdunstet, bei 100° C getrocknet und gewogen.

¹⁾ Lunges Chem.-techn. Untersuchungsmethoden 3, 7, Berlin 1900.

Nach C. Engler¹⁾ enthalten die festen Bestandteile aller Roherdöle als charakteristische Komponenten neben Paraffin Asphalt und Pech, welche sich in deren Destillationsrückständen anhäufen. Man darf annehmen, daß auch der Bergteer und das diesem nahe verwandte Erdpech als Abkömmlinge des Erdöls diese beiden Bestandteile der Hauptsache nach enthalten. Asphalt ist der in leichtestem Ligroin unlösliche, Pech der darin leicht lösliche Teil. Auf Veranlassung Englers hat A. Flachs²⁾ eine Methode zur Trennung dieser zwei Substanzen ausgearbeitet, welche sich auf dem Verfahren von Holde sowie einer früheren Arbeit von Engler und Böhm aufbaut und darin besteht, daß man das ursprüngliche Gemisch desselben, bzw. die dasselbe enthaltende Substanz in Benzol und Äther auflöst und die ätherische Lösung mit Alkohol fällt. In Benzol und Äther ist sowohl das Pech als auch der Asphalt löslich und beide werden auch zusammen durch Alkohol präzipitiert. Man filtriert und kann im Filtrat Paraffin und Öle nach bekannten Methoden bestimmen. Der Niederschlag wird mit Ligroin von höchstens 45° Siedepunkt, also dem leichtesten Anteil des Erdöls, extrahiert; das Pech geht in Lösung und seine Menge kann nach dem Abdestillieren des Lösungsmittels gefunden werden. Der Asphalt bleibt als unlösliches, tiefschwarzes Pulver zurück.

Nach Holde³⁾ lassen sich Öl und Asphalt derart trennen, daß das Ausgangsmaterial mit der gleichen Menge möglichst aschefreier Knochenkohle und feinem Kiessand gemischt und nacheinander durch Petroläther, Benzin, Äther, Benzol und Chloroform heiß extrahiert wird. Es werden dann, vermöge der absorbierenden Kraft der Kohle, die Bestandteile der Öle oder des Asphalts nach ihren Eigenschaften mit steigendem spezifischem Gewicht fallendem Kohlen- und Wasserstoffgehalt und steigender Konsistenz bis zur spröden Beschaffenheit erhalten. Auf diese Weise ist eine Fraktionierung des Asphalts auf physikalischem Wege möglich.

Charitschkow⁴⁾ empfiehlt, die flüssigen Bitumen, die ohne Zersetzung der hochsiedenden Anteile nicht destilliert werden können, in Amylalkohol zu lösen und durch Äthylalkohol fraktioniert zu fällen, wodurch man die flüssigen Bitumen in zwei wohlunterschiedene Klassen, paraffinreiche und paraffinarme, trennen kann.

Der Asphalt läßt sich nach Köttnitz⁵⁾ aus asphalthaltigen Mineralölen und Mineralölrückständen durch Essigsäureäthylester abscheiden.

Nach Diamand scheidet man den Asphalt aus Mineralölen durch Ausfällung mittels eines Gemisches von Benzin und Amylalkohol ab. Dadurch kommt man mit viel geringeren Mengen von Fällungsmitteln aus, als wenn die beiden Körper in schon bekannter Weise jeder einzeln benutzt wird⁶⁾.

Zur Abscheidung der öligen Bestandteile aus Asphalten verfährt man nach Marcusson⁷⁾ in folgender Weise:

10 g Bitumen werden in einem kleinen Kölbchen in 15 ccm Benzol gelöst, die Lösung wird unter Schütteln in 200 ccm Petroläther (bis 80° siedend) eingegossen. Das Kölbchen wird mit 50 ccm Petroläther nachgespült und die Lösung mit der Hauptmenge vereinigt. Die in Petroläther unlöslichen Asphaltstoffe fallen aus und werden nach einigem Stehen auf der Nutsche

¹⁾ A. a. O. — ²⁾ Inaug.-Diss. Flachs, Basel 1902. — ³⁾ Chem.-Ztg. 1907, S. 1099. — ⁴⁾ Ebend. 1904, Rep., S. 392. — ⁵⁾ Ebend. 1908, Rep., S. 25. — ⁶⁾ D. R.-P. Nr. 173 616. — ⁷⁾ Chem.-Ztg. 1908, S. 365.

abgesaugt. Das Filtrat enthält neben den öligen Bestandteilen des Bitumens noch beträchtliche Mengen Asphaltstoffe, die der Lösung eine tief dunkle bis schwarze Färbung erteilen. Zur völligen Entfernung des Asphalts wird das Filtrat dreimal mit je 15 ccm konzentrierter Schwefelsäure im Scheidetrichter geschüttelt. Die Säure bedingt eine völlige Aufhellung der Lösung, die zum Schluß noch mit n_1 -alkoholischer Kalilauge (50 proz. Alkohol) und dann mit Wasser ausgewaschen wird. Jetzt wird der Petroläther abdestilliert, der Rückstand bei 105° zehn Minuten getrocknet und gewogen. Naturasphalte liefern dabei gelbbraune bis braune Produkte von öliger Beschaffenheit, die bei 20° fließend sind, in der Ausbeute von 1,4 bis 31 Proz., Erdölpeche dagegen bei 20° salbenartige Stoffe von grüner bis grünschwarzer Farbe in einer Ausbeute von 26 bis 58 Proz. Die Ausbeuten sind alle auf aschefreies Ausgangsmaterial bezogen. Es gelingt auf diese Weise, namentlich unter Zuhilfenahme der Paraffinbestimmung, aus den Destillaten dieser öligen Anteile Naturasphalte und Erdölrückstände zu unterscheiden, ja sogar Vermischungen der verschiedenen Materialien qualitativ festzustellen. Es wird ein Analysengang angegeben zur Kennzeichnung der verschiedenen Asphalte.

Parr, Mears und Weatherhead¹⁾ empfehlen folgendes Verfahren: 0,5 g des zu untersuchenden natürlichen oder künstlichen Asphalts werden in 5 ccm Schwefelkohlenstoff gelöst und mit 100 ccm Hexan (spez. Gew. 0,6516) versetzt. Der hierdurch entstehende Niederschlag Nr. 1 wird nach zwei-stündigem Stehen abfiltriert und bei 105° getrocknet. Das Filtrat wird zur Trockne verdampft, der Rückstand mit 10 ccm Hexan aufgenommen und diese Lösung unter Umrühren in 300 ccm Methylalkohol fließen gelassen. Der so erhaltene Niederschlag Nr. 2 wird wie der vorige behandelt. Das Filtrat Nr. 2 wird zur Trockne verdampft und der Rückstand, Niederschlag Nr. 3, gewogen. Es hat sich gezeigt, daß sich aus den Mengenverhältnissen der drei Niederschläge bestimmte Schlüsse auf die chemische Zusammensetzung von Asphaltmischungen ziehen lassen und daß namentlich ein Zusatz von Teer leicht durch die fraktionierte Fällungsmethode nachzuweisen ist²⁾.

Bei der großen Fülle der zur Verfügung stehenden Methoden halten wir es für nötig, Vereinbarung darüber zu treffen, welche Methode zur Fällung von Asphalt bzw. zur Fraktionierung angewendet werden soll, und es empfiehlt sich, von einer einwandfreien Stelle sämtliche Methoden durchzuprüfen, um festzustellen, mit Hilfe welchen Verfahrens man die besten Resultate erhält. Jedenfalls scheinen nach den neuen Versuchen des Königlichen Materialprüfungsamtes und den dabei angewendeten Verfahren noch am ehesten Schlüsse über die Natur bzw. Einheitlichkeit des Asphalts zulässig zu sein. Die bei der Fällung der Asphalte erhaltenen Produkte sind bis jetzt jedoch nur oberflächlich charakterisiert und bedürfen noch der näheren Erforschung.

6. Bestimmung der elementaren Bestandteile der Asphalte.

Die Bestimmung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Stickstoffs der Asphalte geschieht nach dem gewöhnlichen Verfahren der Elementaranalyse. Dazu teilt Peckham³⁾ aus seiner Praxis mit, daß man dabei insofern Schwierigkeiten hat, als man häufig zu wenig Kohlenstoff findet, Schwierig-

¹⁾ Chem.-Ztg. 1909, Rep., S. 631. — ²⁾ Journ. Ind. and Eng. Chem. 1, 751 (1909). — ³⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, S. 996; Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 329.

keiten, die sich bei Kohlenwasserstoffen mit hohem Siedepunkt und festem oder halbfüssigem Aggregatzustand öfters ergaben. Richardson¹⁾ vermutet, daß der Grund hierzu einmal in der gleichzeitigen Anwesenheit von Schwefel und Stickstoff und ferner im Auftreten von Acetylen und anderen ungesättigten Verbindungen bei der Verbrennung des Asphalts liegt. Bei der Verbrennung derartiger und auch leichtflüchtiger Kohlenstoffverbindungen empfiehlt daher Schieffelin²⁾ die Anwendung mehrerer, untereinander verbundener Verbrennungsrohren.

Bei der Elementarbestimmung muß darauf geachtet werden, daß fast alle Asphalte schwefelhaltig sind, und daher Maßregeln ergriffen werden müssen, um die Verbrennungsprodukte des Schwefels zu absorbieren, da sie sonst als Kohlensäure bei der Analyse mit gefunden werden. Man muß die Verbrennung mit Bleichromat vornehmen oder die Verbrennungsprodukte des Schwefels mit absorbierenden Mitteln, wie Bleisuperoxyd u. dgl., beseitigen. Erwähnt soll werden, daß die Verbrennung stets mit dem reinen Bitumen vorgenommen werden muß, da sonst aus den Aschebestandteilen Kohlensäure ausgetrieben werden kann. Man muß zu diesem Zweck die Asphalte extrahieren und nach Verjagung des Lösungsmittels das Extrakt der Verbrennung unterwerfen.

Zur Bestimmung des Schwefels in Asphalt sind mehrere Methoden im Gebrauch. Vielfach wird Carius' bewährte Methode zur Bestimmung des Schwefels in organischen Substanzen durch Oxydation mit rauchender Salpetersäure in der Einschmelzröhre benutzt. Nach Hicks³⁾ verfährt man dabei zweckmäßig so, daß man zunächst nur eine verhältnismäßig niedrige Temperatur einhält, nach dem Erkalten den Druck durch Öffnen der Kapillare abläßt, das Rohr wieder zuschmilzt und die Reaktion nun bei höherer Temperatur zu Ende führt.

S. F. und H. E. Peckham⁴⁾ verwerfen das Verfahren und beschreiben folgende, von ihnen mit gutem Erfolge angewendete Bestimmungsweise. 2 g Asphalt mit 16 g eines Gemenges von gleichen Teilen Natriumcarbonat und Kaliumnitrat gemischt, werden in kleinen Portionen in einem Platintiegel bei dunkler Rotglut geschmolzen und die Schmelze in Wasser gelöst. Die Lösung wird unter Zusatz von Salzsäure zur Abscheidung der Kieselsäure unter den bekannten Vorsichtsmaßregeln zur Trockne verdampft und die Lösung des Rückstandes mit Chlorbaryum gefällt.

Nach Richardson⁵⁾ ist es unmöglich, das Peckhamsche Verfahren ohne Verlust an Schwefel auszuführen; man erhält dagegen genaue Resultate bei der Oxydation des Asphalts mit starker Salpetersäure, unter Zusatz von etwas chloresurem Kali im offenen Gefäß.

Lidow⁶⁾ ändert das Oxydationsverfahren mit der Sodasalpetermischung dahin ab, daß er 1 g des Bitumens in chemisch reinem Äther oder einem sonstigen leichtflüchtigen Lösungsmittel auflöst und die Lösung im Mörser mit 30 g eines Gemisches von 17 Tln. Kalisalpeter und 13 Tln. Soda mischt. Nachdem das Lösungsmittel verdunstet ist, wird das Gemisch in eine rotglühende Platinschale von 250 bis 300 ccm Inhalt eingetragen und nach dem Schmelzen der Schwefel wie üblich als Baryumsulfat bestimmt.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 329. — ²⁾ Ebend. — ³⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, S. 996; Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 329. — ⁴⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, S. 996. — ⁵⁾ Ebend. — ⁶⁾ Journ. russ. phys.-chem. Ges. St. Petersburg 31, 567.

Henriques¹⁾ kombiniert die Oxydation der Substanz durch Salpetersäure im offenen Gefäß mit einer nachfolgenden Schmelze durch Sodasalpetermischung und kann diese Methode, die übrigens schon von Kayser angewendet worden ist, als die technisch hequemste unbedingt empfehlen. Man wiegt 1 g der zu analysierenden Probe ab, während man inzwischen ein kleines, außen unglasiertes Porzellanschälchen von 6 cm Durchmesser und 30 cm Inhalt, mit einem Glasstäbchen versehen, zu einem Drittel mit reiner, konzentrierter Salpetersäure (spez. Gew. 1,4) beschickt, auf dem Wasserbade erwärmt hat. Man trägt nun ein wenig der abgewogenen Substanz ein, bedeckt mit einem Uhrglase und erwärmt weiter, bis lebhafte Entwicklung roter Dämpfe den Beginn der Zersetzung anzeigt. Jetzt fährt man mit dem Eintragen der Substanz unter jeweiliger Lüftung des Uhrglases in der Weise fort, daß die Reaktion weder aufhört noch zu stürmisch wird, indem man das Schälchen je nachdem entweder auf dem heißen Wasserbade beläßt oder auch abhebt. Man hat so die Regulierung des Prozesses ganz in der Hand. Ist alle Substanz eingetragen, so erhitzt man noch einige Zeit bei bedecktem Schälchen weiter, bis die Substanz völlig zergangen ist und die Entwicklung roter Dämpfe nachläßt. Alsdann nimmt man das Uhrglas ab, wischt es sorgfältig mit kleinen Schnitzelchen Filtrierpapier ab, die man in die Säure fallen läßt und dampft nun bis zur Sirupkonsistenz ein; dann fügt man noch ein gleiches Quantum Salpetersäure, wie zu Anfang, hinzu und dampft ein zweites Mal ein, was in allen Fällen genügt.

Ist die Salpetersäure möglichst vollkommen verjagt, so verrührt man den Sirup in der Wärme möglichst vollkommen mit einem feinpulverigen Sodasalpetergemisch (5:3), das so sorgfältig hergestellt sein muß, daß es keine größeren Salpeterkriställchen mehr enthält und von dem im ganzen etwa 5 g zur Anwendung gelangen. Man beläßt nötigenfalls noch auf dem Wasserbade, bis keine Kohlensäure mehr entweicht, und überstreut schließlich noch das Schmelzgemisch mit Sodasalpetermischung, bevor man die Schmelze ausführt. Diese hat im Anfang sehr vorsichtig zu erfolgen, wenn man eine plötzliche Verpuffung vermeiden will.

Man setzt hierzu das Schmelzschälchen etwa 5 cm über eine ganz kleine Bunsenflamme, die dann langsam höher geschraubt wird, und überdeckt das erstere noch mit einem zweiten Schälchen derselben Form (Hohlseite nach unten). Wird die Verpuffung dann doch einmal eine heftigere, so bleiben weggeschleuderte Teilchen in der Deckschale haften, in welcher sie später für sich mit Sodasalpeter geschmolzen werden können. Unter normalen Verhältnissen aber schwärzt sich die Masse allmählich an den Rändern und kann dann kräftiger geschmolzen werden, während in der Deckschale sich nur braune, schwefelfreie Destillationsprodukte festsetzen. Die Dauer der Schmelze, die man gegen den Schluß nach Abnahme der Deckschale durch Rühren mit dem mit der Tiegelzange gefaßten Glasstäbchen beschleunigt, beträgt 1 bis 1½ Stunden.

Nach dem Erkalten wird die Schmelze mit kochendem Wasser behandelt und filtriert, wobei der Gesamtschwefel als Alkalisulfat ins Filtrat übergeht, während man auf dem Filter etwa vorhandene Metalle in Form von Carbonaten oder Oxyden findet. Manche Asphalte enthalten auch Silicium²⁾ in

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1899, S. 802. — ²⁾ Vgl. Le Bel und Muntz, Bull. Soc. Chim. [2], 17, 156. Die Ansicht hat sich inzwischen als irrig erwiesen.

organisch gebundener Form; man verdampft daher zweckmäßig das Filtrat unter Zusatz von etwas Salzsäure zur Trockne, macht die Kieselsäure in bekannter Weise unlöslich, zieht mit Wasser aus und filtriert ein zweites Mal. Im Filtrat bestimmt man schließlich den Schwefel in Form von Baryumsulfat wie üblich.

v. Konek¹⁾ bedient sich des bekannten Parrschen Natriumsuperoxydkalorimeters zur Bestimmung des Schwefels in Asphalten und Erdölen, wobei genau wie bei Heizwertbestimmungen gearbeitet wird. Er bezeichnet das Verfahren wegen der Schnelligkeit der Ausführung als „Rapidmethode“.

Nach der Verbrennung entfernt man die Bombe aus dem Wasserbehälter des Kalorimeters, schraubt den Ventildeckel herunter und spült letzteren mit kaltem Wasser in ein Becherglas von 700 ccm Inhalt gut ab; hierauf stellt man die geöffnete Bombe selbst in geneigter Lage in den Becher, fügt zur Zersetzung ihres Inhaltes etwa 10 ccm kaltes Wasser hinzu und bedeckt das Glas sofort mit einem gut aufliegenden Uhrglas; nach einigen Minuten schäumt der Stahlzylinder kochend über und ergießt den größeren Teil seines Inhaltes in das Becherglas. Nachdem die erste, heftige Reaktion vorüber, hebt man die heiße Bombe mit einer Tiegelfange heraus, stellt sie in ein kleines Porzellanschälchen und spült sie noch einige Male mit wenig kaltem Wasser so lange in- und auswendig ab, bis das abtropfende Wasser kaum mehr alkalisch reagiert; hierauf entfernt man noch aus dem Becherglas dasjenige Stückchen Eisendraht, welches zum Entzünden des Natriumsuperoxydgemisches diente und beim Abspülen der Bombe hineingelange. Man spare mit Wasser, so daß im Gefäß höchstens 200 ccm Flüssigkeit enthalten sind. Nachdem auf diese Weise der gesamte Bombeninhalt quantitativ in das Becherglas übergeführt ist, neutralisiert man die darin befindliche, stark alkalische, Natriumsuperoxydhydrat, Natriumcarbonat und Sulfat enthaltende Lösung bei bedecktem Glase vorsichtig mit 40 ccm reiner, konzentrierter Salzsäure, kocht auf, entfernt Spuren unverbrannter Kohle oder anderer Verunreinigungen durch Filtration und fällt in dem siedenden Filtrat auf bekannte Weise die gebildete Schwefelsäure mit Chlorbaryum. Selbstverständlich ist erste Bedingung der Brauchbarkeit des Na_2O_2 zu Schwefelsbestimmungen, daß dieses chemisch rein und hauptsächlich absolut frei von Schwefelverbindungen sei.

Bei der Bestimmung des Schwefels in flüssigen Körpern, wie Erdöl usw., erleidet der erste Teil der Methode, die Herstellung des Superoxydgemisches, einige Veränderungen. Zur Abwägung der Substanz dienen etwa 20 ccm fassende, pyknometerähnliche Tropfgefäße, deren Ausflußröhrchen mit dichtschießender aufgeschliffener Glaskappe versehen sind. Auf ein Maß Na_2O_2 verwendet man zweckmäßig 15 bis 20 Tropfen — ungefähr 0,3 g — Öl. Das auf das Superoxyd geträufelte Öl wird mit Hilfe eines dünnen Glasstabes mit ersterem innig gemischt und der Glasstab mit etwas Na_2O_2 abgespült. Bei Gegenwart flüchtiger Substanzen muß die Bombe hierauf sofort geschlossen werden. Die Entzündung des Bombeninhaltes macht beim Vorliegen flüssiger Substanzen manchmal Schwierigkeiten, weil diese sich mit dem Superoxyd nicht so innig mischen lassen wie pulverförmige Körper, und es daher vorkommen kann, daß der glühende Draht auf eine Superoxydschicht fällt,

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1903, S. 516.

welche keine organische Substanz enthält. Man beseitigt diesen Mißstand, indem man nach dem Einrühren des Öles auf die Superoxydoberfläche 0,1 bis 0,2 g reine, trockene, staubfreie Weinsäure oder Rohrzucker streut. Die kalorimetrische Bestimmung hat natürlich in diesem Falle zu unterbleiben. Besondere Vorsicht erfordert hier auch die Zersetzung des Bombeninhaltes mit Wasser; man darf das letztere nur tropfenweise und äußerst langsam hinzufügen, weil sonst leicht heftige Explosionen eintreten können, die von noch unzersetzten Kohleteilchen hervorgerufen werden.

Bei der Bestimmung des Schwefelgehaltes in Asphalten nach dem „Rapid“-verfahren benutzt man zum Abwägen der Substanz zweckmäßig kleine, mit Ausguß versehene Kristallisierschälchen, in welchen man das Bitumen durch kurzes Erwärmen auf 70 bis 90° tropfbar flüssig macht. Härtere Asphalte lassen sich leicht in gepulverter Form zur Anwendung bringen. Gleichzeitig erwärmt man im Trockenschrank ein halbes Maß Na_2O_2 , läßt 0,3 bis 0,4 g des geschmolzenen Asphalts zutropfen, mischt so gut als möglich und bringt das Gemenge noch warm vermittelt eines kleinen kupfernen Trichters in die Bombe; die zweite Hälfte des Superoxyds dient zum Nachspülen von Schälchen, Glasstab und Trichter, und nachdem man noch, wie oben, 0,1 bis 0,2 g Weinsäurepulver aufgestreut hat, schließt man die Bombe und verfährt, wie beschrieben. Die Zersetzung des Bombeninhaltes mit Wasser hat noch vorsichtiger zu geschehen als bei dünnflüssigen Stoffen, weil die Mischung zähflüssiger Substanzen mit Na_2O_2 nicht ohne Klümpchenbildung möglich ist. Übrigens ist die die Explosionen verursachende Kohle, wie v. Konek sich überzeugt hat, frei von Schwefel, weil dieser eben von Natriumsuperoxyd viel schneller oxydiert wird als der Kohlenstoff.

Als Hauptvorzug der Methode rühmt v. Konek besonders die Schnelligkeit und die damit verbundene Zeitersparnis. In vielen Fällen von großem Wert ist natürlich auch der Umstand, daß gleichzeitig damit die Bestimmung der molekularen Verbrennungswärme und des Heizeffektes verbunden werden kann. In 10 bis 20 Minuten ist der Schwefelgehalt jedweder organischen Verbindung in Form von schwefelsaurem Baryt quantitativ zur Abscheidung gebracht, ein Erfolg, den wohl keine einzige der seither üblichen Methoden zur Bestimmung des Schwefels in organischen Körpern aufzuweisen hat.

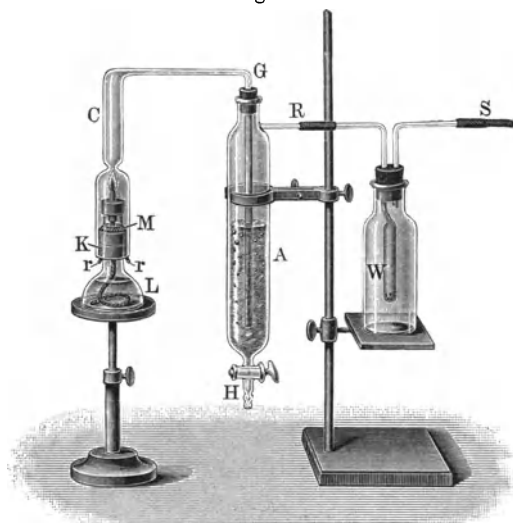
Mabery¹⁾ verbrennt rohes Erdöl, Asphalt usw. im Sauerstoff- oder Luftstrom und leitet die Verbrennungsgase durch titrierte Kalilauge. Das zu untersuchende Produkt wird, in ein Platinschiffchen gefüllt, in einem weiten Kaliglasrohr im Luft- oder Sauerstoffstrom verbrannt und die Gase mit einem beständigen Kohlensäurestrom in eine U-förmige, mit Glasstückchen und titrierter Kalilauge beschickte Vorlage geleitet. Nach Beendigung der Verbrennung wird unter Anwendung von Methylorange, einem gegen Kohlensäure unempfindlichen Indikator, zurücktitriert und aus dem Verbrauch an Maßflüssigkeit der Schwefelgehalt des verbrannten Produktes berechnet.

In sehr sinnreicher Weise erfolgt die Bestimmung des Schwefels in Petroleum nach den Methoden von Heusler²⁾, C. Engler³⁾, R. Kiesling⁴⁾ und Ohlmüller⁵⁾ durch Verbrennung des Öles in einer kleinen Lampe und

¹⁾ Amer. Chem. Journ. 1894, S. 544. — ²⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1895, S. 285. — ³⁾ Chem.-Ztg. 1896, S. 197. — ⁴⁾ Ebend. 1896, S. 199. — ⁵⁾ Arb. aus dem Kaiserl. Ges.-Amt 15, 366, Berlin 1899.

Durchsaugen der Verbrennungsgase durch irgend eine Absorptionsflüssigkeit, wie Permanganatlösung (Heusler, Kiesling), alkalische Bromlösung (Engler) oder Kaliumhydrocarbonatlösung (1:20, Ohlmüller). Diese vier Methoden wurden von S. Friedlaender¹⁾ einer vergleichenden Prüfung unterzogen und dabei gefunden, daß dieselben hinsichtlich der Genauigkeit der Resultate vollkommen gleichwertig sind. Ein Haupterfordernis dabei ist ein völlig rußfreies Brennen der Flamme sowie eine wirksame Absorptionsflüssigkeit für die Gase. Wenn man nach dem Vorgang Holdes²⁾ den Asphalt in einem schwefelfreien Petroleum in solcher Menge löst, daß er sich in der Lampe verbrennen läßt, kann man eine dieser Methoden auch mit Vorteil zur Bestimmung des Schwefelgehaltes im Asphalt verwenden. Wir geben in nachstehendem das Verfahren von Engler, als das in der Praxis meistens

Fig. 224.



Schwefelbestimmung nach Engler.

übliche und verweisen bezüglich der anderen auf die Originalliteratur sowie auf die Abhandlung Friedlaenders. Auf der kleinen Lampe *L* (Fig. 224), die mit dem zu untersuchenden Petroleum bzw. der Lösung des zu untersuchenden Asphalts in solchem gefüllt wird, ist mittels des Korkstopfens *K* der Zylinder *C* luftdicht aufgesetzt. Der Korkstopfen trägt eine Metallkapsel *M*, welche die zur Verbrennung erforderliche Luft vermittelt der beiden Röhren *r* in den Verbrennungsraum führt; die Metallkapsel endigt oben in eine siebartig durchlöchernte Platte, die eine gleichmäßige Verteilung der zugeführten Luft bewirkt. An den Zylinder ist eine rechtwinklig gebogene Glasröhre *G* angeschmolzen, durch welche die Verbrennungsprodukte in das Absorptionsgefäß *A* gesaugt werden. Dieses Gefäß ist fast bis zur Hälfte mit Glasstückchen gefüllt und wird mit 20 bis 25 ccm Absorptionsflüssigkeit beschickt. An das Absorptionsgefäß schließt man eine Muenckesche Waschflasche, um einen Verlust an Absorptionsflüssigkeit durch Fortreißen während des lebhaften Saugens zu vermeiden. Die nicht absorbierten Gase werden durch den zur Saugpumpe führenden Schlauch *S* abgesaugt.

Nach Beendigung der Verbrennung werden durch den Hahn *H* 20 bis 25 ccm Wasser in das Absorptionsgefäß gesaugt, dann einige Minuten hindurch Luft durch den ganzen Apparat aspiriert und das Wasser wieder abgelaßen; diese Operation muß einige Male wiederholt werden.

¹⁾ Chem. Ind. 1899, S. 343. — ²⁾ Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden 3, 34.

Zur Darstellung der von Engler benutzten Absorptionsflüssigkeit versetzt man eine fünfprozentige Kaliumcarbonatlösung mit elementarem Brom, bis eine deutlich gelb gefärbte Flüssigkeit entsteht, welche man entweder mehrere Tage an der Luft stehen läßt oder durch welche man so lange einen Strom von schwefelfreier Luft leitet, bis sie wieder entfärbt ist. Man prüft einen Teil der farblosen Lösung durch Ansäuern mit Salzsäure und Versetzen mit Chlorbaryumlösung auf etwaige Anwesenheit von Schwefelsäure und verwendet den gut befundenen Rest zur Absorption der Verbrennungsgase.

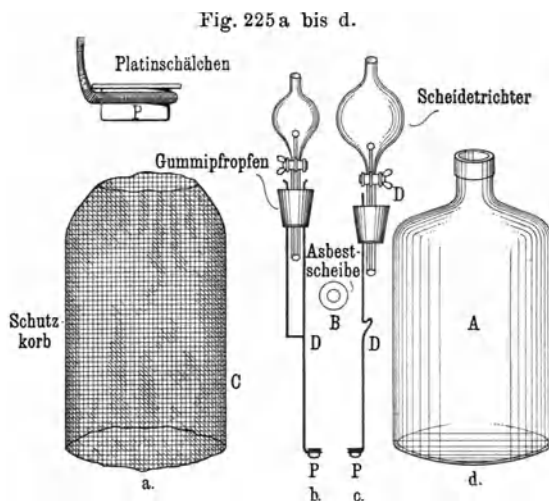
Die nach Beendigung der Verbrennung aus dem Absorptionsgefäß abzulassende Flüssigkeit wird mit Salzsäure übersättigt und in der Siedehitze mit Chlorbaryumlösung ausgefällt. Folgende Tabelle zeigt die Versuchsdauer und Versuchsergebnisse der vier Methoden an ein und demselben Petroleum:

Methode	Angewandt g	Brenndauer	Schwefelgehalt in Proz. S
Heusler	13,86	2 Std. 20 Min.	0,0286
Engler	11,05	2 " 56 "	0,0286
Kiesling	11,71	2 " 04 "	0,0280
Ohlmüller	12,74	— " 31 "	0,0284

Die Schwefelbestimmung in Asphalten kann vorteilhaft auch nach der Methode Hempel-Graefe¹⁾ vorgenommen werden, die darauf beruht, daß man das zu prüfende Material in einer Sauerstoffatmosphäre verbrennt und die entstandene Schwefelsäure in Baryumsulfat überführt.

In einer etwa 7 Liter fassenden, mit Sauerstoff gefüllten Flasche *A* verbrennt man etwa 1 g der zu untersuchenden Kohle in einem Platinschälchen *P*, das an einem Kupferdraht *D* befestigt ist. Um den Kupferdraht schlingt man einen Zwirnsfaden, den man vor dem Aufsetzen des Stopfens anzündet und der die Zündung auf den im Verbrennungsschälchen auf etwas Baumwolle liegenden Asphalt überträgt.

Während der Verbrennung bedeckt man die Flasche mit einem Drahtkorb *C* und entlastet den entstehenden Überdruck durch geringes Öffnen des Scheidetrichterhahns, der als Sperrflüssigkeit etwas Na_2O_2 -Lösung enthält. Nach dem Verbrennen der Kohle läßt man durch den Scheidetrichter *D* etwa 20 bis 30 ccm 10proz., frisch bereitete Natrium-



Schwefelbestimmung nach Graefe.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1904, S. 616; Chem.-Ztg. 1910, S. 417.

superoxydlösung eintreten, schüttelt um und gießt nach etwa einer Stunde die Lösung in ein Becherglas, säuert mit Salzsäure an, filtriert und fällt mit Chlorbaryum die Schwefelsäure aus, die wie üblich bestimmt wird: 1 g $\text{BaSO}_4 = 0,1375$ g S. Die Einrichtung ist in Fig. 225 a bis d abgebildet.

Zu den Bitumen der natürlichen Asphalte kann der Schwefel infolge ihrer Bildungsweise sowohl in freiem Zustande als auch in organisch gebundener Form vorkommen. Es ist daher nach Endemann¹⁾ nicht gleichgültig, welches Lösungsmittels man sich bei der Extraktion des Bitumens bedient. Handelt es sich darum, den freien Schwefel im Rückstande zu erhalten, so sind Schwefelkohlenstoff und alle Schwefel lösenden Lösungsmittel zu verwerfen und die Extraktion lediglich mit einer reichlichen Menge Chloroform auszuführen.

II. Besondere Untersuchungsmethoden.

1. Unterscheidung der natürlichen und künstlichen Asphalte und Prüfung von Gemischen.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der verschiedenen natürlichen und künstlichen Asphalte, wie sie im vierten Kapitel dieses Werkes unter reichlicher Benutzung von Zahlenmaterial eingehend geschildert worden sind, ermöglichen wohl eine Unterscheidung der einzelnen Individuen im unvermischten Zustande unter sich, aber für die Beantwortung der Hauptfragen, die hier in Betracht kommen: ob und in welchem Mengenverhältnis dieselben z. B. in Handelsprodukten nebeneinander vorkommen, lassen sie uns gänzlich im Stich.

Hier sei zunächst noch einiger optischer Unterscheidungsmerkmale gedacht. Wie C. Meinecke²⁾ gezeigt hat, gibt der mikroskopische Befund einigen Aufschluß über die Natur des Asphalts. Er stellt die mikroskopischen Präparate durch Streichen des Asphalts über einen erhitzten Objektträger her. Der syrische Asphalt stellt, mikroskopisch betrachtet, eine gelbbraune, durchsichtige, homogene Masse dar. Ganz ähnlich, jedoch nicht so feurig gefärbt, zeigt sich das Braunkohlenteerpech unter dem Mikroskop, während das Steinkohlenteerpech in einer goldgelben Grundmasse unzählig viele Kohlepartikelchen erkennen läßt, gegen welche die Grundmasse zurücktritt. Beim Trinidadasphalt ist die gelbbraune Grundmasse mit größeren und kleineren Steinchen, zwischen denen sich kleinere Partikelchen unbekannter Natur (Kohle?) befinden, dicht durchsetzt. Durch gekreuzte Nikols betrachtet, ergeben die Strichpräparate nichts Bemerkenswertes.

Nach R. Kayser³⁾ ist das spektroskopische Verhalten der verschiedenen Asphalte ein ausgezeichnetes Mittel zur Unterscheidung der natürlichen von künstlichen Produkten. Über die Ausführung derartiger Untersuchungen verweist er auf H. W. Vogels „Praktische Spektralanalyse irdischer Stoffe“. Zur Untersuchung der Absorptionsspektren verwendet Kayser Lösungen der Asphalte in Chloroform von möglichst gleicher Farbenintensität. Die Fig. 226 bis 237 zeigen eine graphische Darstellung der bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate. Besonders charakteristisch für die Asphalte aus Syrien und Trinidad

¹⁾ Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 1005; Wagners Jahresber. 1898, S. 1205. —

²⁾ A. a. O. — ³⁾ A. a. O.

sind die zwischen den Linien *D* und *E* mit α , β und γ bezeichneten Absorptionsstreifen, welche auf ihre in Weingeist und Äther löslichen Bestandteile zurückzuführen sind, da der in denselben unlösliche Teil diese Streifen nicht zeigt. Unterscheidend für den in Weingeist und den in Äther löslichen Teil ist für den ersteren der starke Absorptionsstreifen bei γ , welcher dem in Äther löslichen Bestandteil fehlt, wofür jedoch in letzterem der Streifen bei β viel stärker hervortritt.

Die Absorptionsspektren des Asphalts von Pechelbronn und seiner Bestandteile, sowie des Asphalts aus Steinkohlenteer zeigen diese Streifen nicht.

Charakteristisch für Steinkohlenteerpech ist die hervorragende grünblaue Fluoreszenz selbst schwacher Lösungen in Benzol, Schwefelkohlenstoff, Chloroform u. dgl.

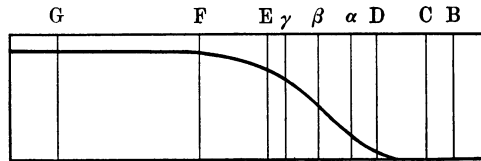
In chemischer Hinsicht als charakteristische Merkmale können im allgemeinen gelten:

a) Der Gehalt an Schwefel, der bei Naturasphalten meist zwischen 2 bis 12 Proz. schwankt, bei Erdölrückständen in der Regel nicht über 1 Proz. steigt und bei Steinkohlenteerpech zwischen 0,6 bis 0,8 Proz. liegt. In neuerer Zeit kommen jedoch auch große Mengen mexikanischer Erdölrückstände mit asphaltischer Basis auf den europäischen Markt, die einen Gehalt von 2 bis 6 Proz. Schwefel aufweisen, ferner, besonders aus Amerika, künstlich geschwefelte Erdölrückstände. Die Prüfung auf Schwefel versagt gänzlich in solchen Fällen.

b) Die Löslichkeit in konzentrierter Schwefelsäure. Beim Erwärmen in konzentrierter Schwefelsäure wird das Bitumen des Steinkohlenteerpechs gänzlich, das des Braunkohlenteergoudrons zum großen Teil in lösliche Sulfosäuren übergeführt, während das Bitumen der Naturasphalte in wasserunlösliche Additionsprodukte übergeht.

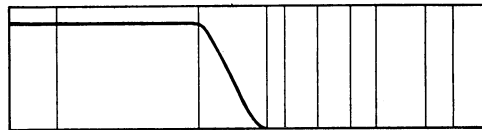
c) Der Gehalt an Phenolen, der für das Bitumen aus Braunkohlenteer und Steinkohlenteer entscheidend ist. Graefe hat darauf eine Probe begründet, die auf der Farbstoffbildung des alkalischen Extrakts derselben mit Diazobenzolchlorid beruht und die beide Pechsorten von allen Naturasphalten und anderen Pechen scharf unterscheidet. Unter sich charakteri-

Fig. 226.



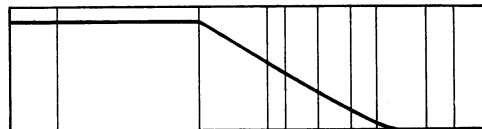
Asphalt von Pechelbronn.

Fig. 227.



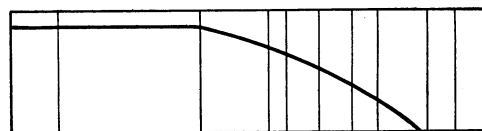
Petrolen aus Asphalt von Pechelbronn.

Fig. 228.



Asphalten aus Asphalt von Pechelbronn.

Fig. 229.

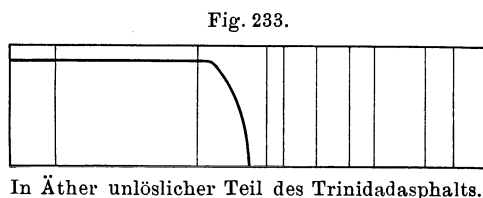
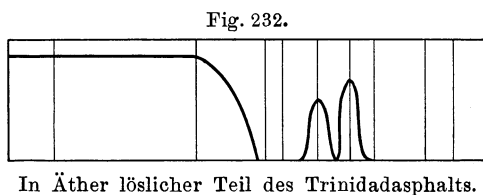
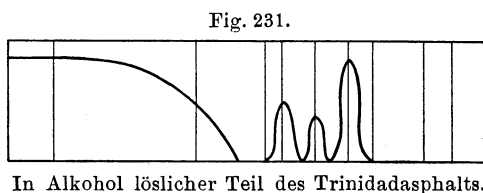
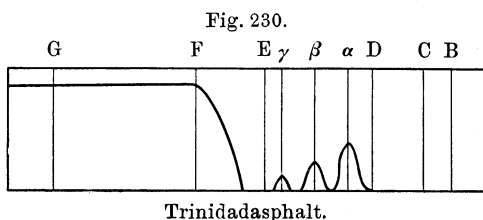


Steinkohlenteerasphalt.

sieren sie sich durch ihre völlige oder teilweise Löslichkeit in konzentrierter Schwefelsäure.

d) Der Gehalt der öligen Bestandteile an Paraffin, der die Erdresiduen, auch die künstlich geschwefelten, scharf von den Asphalten und Pechen unterscheidet.

e) Die Bildung von Akrolein beim Erhitzen auf höhere Temperatur, sowie die hohen Verseifungszahlen, die nur den Fettpechen zukommen.



Werden die Extraktückstände mit 200 bis 300 ccm Wasser aufgekocht und dann der Ruhe überlassen, so zeigt sich, daß die natürlichen Asphaltbitumen an Wasser nur sehr wenig abgeben und an der Sandoberfläche nur wenig schwarze, schwimmende Anteile absetzen. Beim Steinkohlenteerpech hingegen ist diese Ablagerung beträchtlich.

Während die Identifizierung der einzelnen Varietäten von natürlichen und künstlichen Asphalten an und für sich keine großen Schwierigkeiten bietet, gehört der Nachweis derselben in Gemischen zu den subtilsten Auf-

Die Feststellung fremder Beimischungen im Asphalt gelingt meist durch Prüfung auf gewisse Reaktionen, die für die vermutlichen Beimischungen charakteristisch sind. Ist ihre An- oder Abwesenheit konstatiert, so ist es schließlich möglich, auf Grund ihrer besonders charakteristischen Eigenschaften wenigstens annähernd ihre Mengen anzugeben. Immerhin stellt das Arbeiten auf diesem Gebiete nicht mehr als ein Tasten vor, und man muß die hierbei gewonnenen Resultate mit Vorsicht aufnehmen.

Zur qualitativen Prüfung der Asphalte behandelt Toth¹⁾ das Material mit verschiedenen Lösungsmitteln. Er mischt das Material, um es für das Lösungsmittel leichter zugänglich zu machen, in erwärmtem Zustande mit viel Sand und extrahiert es dann im Extraktionsapparat, zuerst mit Alkohol, dann mit Benzin und zuletzt mit Schwefelkohlenstoff. Er fand dabei die Werte der Tabelle auf S. 432.

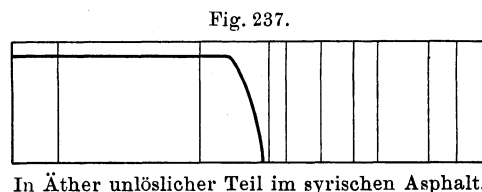
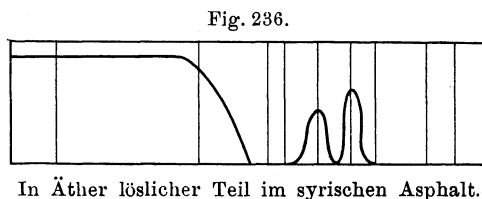
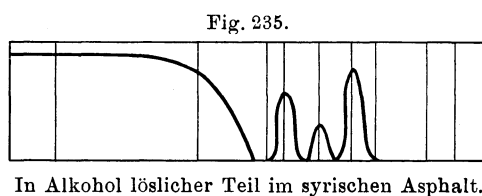
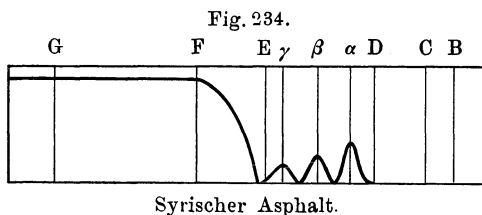
¹⁾ Chem.-Ztg. 1909, S. 899.

gaben der analytischen Chemie. Immerhin sind auch auf diesem Gebiet im letzten Jahrzehnt große Fortschritte gemacht worden.

Am schwierigsten gestaltet sich wohl wegen der nahen genetischen Beziehungen der Nachweis und die Bestimmung von Petrolresiduen neben natürlichen Asphalten, die man früher für unmöglich hielt und die um deswillen doppelt erschwert sein müssen, weil manche Öle, aus denen Petrolasphalte gewonnen werden, schon an und für sich asphaltischer Natur sind, also die Produkte enthalten, aus denen der Asphalt auf dem Wege der Polymerisation und Oxydation entstanden ist.

Neuerdings aber sind im Königl. Materialprüfungsamt¹⁾ zu Groß-Lichterfelde Beobachtungen gemacht worden, die die Führung des Nachweises gestatten. Durch Untersuchungen von J. Marcusson und R. Eickmann ist festgestellt worden, daß sich unter geeigneten Bedingungen aus Naturasphalten mineralölartige Kohlenwasserstoffe in Mengen von 2 bis 34 Proz. der aschenfreien Substanz abscheiden lassen, die fast frei von Paraffin und bei 20° fließend wie Mineralmaschinenöle sind, während aus Erdölrückständen bei der gleichen Behandlung 26 bis 58 Proz. dicker, salbenartiger, bei 20° nicht fließender Anteile gewonnen werden, die reichliche Mengen vaselinartiger Stoffe und einen Parafingehalt von 3,2 bis 16,6 Proz. aufweisen.

Die Abscheidung dieser öligen Teile geschieht wie folgt: 30 g Bitumen werden in einem kleinen Kölbchen in 45 ccm Benzol gelöst und die Lösung unter Schütteln in 600 ccm Petroläther bis 80° siedend eingegossen. Das Kölbchen wird mit 50 ccm Petroläther nachgespült und die Lösung mit der Hauptmenge vereinigt. Die in Petroläther unlöslichen Stoffe fallen aus und werden nach einigem Stehen auf der Nutsche abgesaugt. Das Filtrat enthält neben den öligen Bestandteilen des Bitumens noch beträchtliche Mengen Asphaltstoffe, die die Lösung dunkel färben und sich durch dreimaliges



¹⁾ Chem. Revue 1912, XIX, S. 166.

Schütteln mit je 45 ccm konzentrierter Schwefelsäure im Scheidetrichter unter Aufhellung der Lösung entfernen lassen. Nach dem Abziehen der Säureharze wäscht man das gereinigte Öl mit Wasser und schließlich mit $\frac{1}{2}$ -alkoholischer Kalilösung (50 Proz. Alkohol), treibt den Petroläther ab, trocknet den Rückstand 10 Minuten bei 105° und wägt.

Die Ermittlung der Menge und äußeren Beschaffenheit der öligen Anteile genügt in den meisten Fällen zur Entscheidung der Frage, ob Naturasphalt oder Erdölrückstand vorliegt. Sie läßt sich schnell und einfach ausführen und man muß, wie üblich, vor Ausführung der Konsistenzprobe das Öl im Wasserbad in einem 15 mm weiten Reagenzglas 10 Minuten erwärmen und dann erst eine Stunde stehen lassen, wobei nicht gerührt werden darf, um die sich bildende Netzhaut von Paraffinteilchen nicht zu zerstören, wodurch auch unter Umständen die salbenartigen Produkte aus Erdölrückständen fließend werden könnten.

Herkunft bzw. Benennung des Materials	Tataros Proz.	Trinidad Proz.	Selenitza Proz.	Neuchâtel Proz.	Petroleum- pech Proz.	Stein- kohlen- teerpech Proz.
Weingeistiges Extrakt	45,5	32,8	10,6	50,9	39,4	31,1
Benzinextrakt	71,6	11,4	34,0	52,7	31,8	5,6
Schwefelkohlenstoff- extrakt	11,2	20,0	38,4	5,3	28,6	39,6
Summe der Extrakte .	98,3	64,2	83,0	98,9	99,8	76,3
Rückstand mit Wasser aufgeköcht	das Wasser bleibt rein	im Wasser schwebt wenig schwarze Substanz	im Wasser schwebt wenig schwarze Substanz	im Wasser schwebt wenig schwarze Substanz	im Wasser schwebt wenig braune Substanz	im Wasser schwebt viel schwarze Substanz
Aussehen der Schnitt- fläche		glänzend	glänzend	glänzend	glänzend	{ nicht glänzend }	glänzend
Konsistenz	weich	weich	weich	weich	weich	spröde

Findet man bei der Analyse eines Asphalts mehr als 34 Proz. des aschenfreien Rohmaterials an öligen Anteilen, die bei 20° salbenartige Konsistenz und vaselinartige Ausscheidungen zeigen, so ist Vorhandensein von Erdölrückständen erwiesen. Trifft nur eine dieser Voraussetzungen (z. B. bei Mischungen von Naturasphalt mit Erdölrückständen) zu, so entscheidet die Bestimmung des Paraffingehaltes der öligen Teile. Bei Vorliegen von Naturasphalt enthalten die öligen Teile meist weniger als 1 Proz., bei Erdölaspphalt 3,3 bis 16,6 Proz. Paraffin. Wird der Paraffingehalt höher als 2 Proz. gefunden, so ist auf Gegenwart von Erdölpech zu schließen. Die Bestimmung des Paraffingehaltes erfolgt nach dem Engler-Holdeschen Verfahren, wobei es sich als zweckmäßig erwiesen hat, vor der Ausführung der Bestimmung die zu prüfenden öligen Anteile einer Destillation auf Koks unter direkter Erhitzung zu unterwerfen und das Destillat zur Untersuchung heranzuziehen, weil sonst leicht mit dem Paraffin auch etwa vorhandene harzartige Bestandteile bei — 20° mit ausfallen; das Ergebnis ist natürlich auf die ursprüngliche Menge der öligen Anteile zu beziehen. Bei stark paraffinhaltigen Ölen ist diese Anreicherung nicht erforderlich und man kann ohne Destillation den

Nachweis erbringen, ob reiner Naturasphalt vorliegt oder nicht. Es gelingt auf diese Weise, noch 25 Proz. Erdölpech im Naturasphalt nachzuweisen.

Das Verfahren ist in der vorliegenden Form auch bei Gegenwart künstlich geschwefelter Erdölrückstände durchführbar; ein solcher, bei Zimmerwärme harter Rückstand vom Schwefelgehalt 3,5 Proz. ergab eine Ausbeute von 35 Proz. bei 20° nicht fließender, gelbgrüner Öle mit einem Paraffingehalt von 4,7 Proz. Derartige Produkte lassen sich auch durch Destillation mit Wasserdampf vom Naturasphalt unterscheiden, wobei ein reichlicher Geruch nach Schwefelwasserstoff auftritt, der bei reinen Asphalten ausbleibt.

In den nachfolgenden beiden Tabellen sind die Resultate zusammengestellt, die Marcusson bei der Untersuchung verschiedener Erdölrückstände und Petrolasphalte erhalten hat.

Erdölrückstände.

Lfdl. Nr.	Herkunft	Beschaffenheit	Ölanteile	
			Proz.	Paraffingehalt Proz.
1	Galizien	hart	36,9	9,4
2	"	mittelweich	41,0	9,0
3	"	"	39,3	—
4	"	hart	33,0	—
5	"	sehr hart, spröde	25,7	16,6
6	"	hart	39,5	12,4
7	"	sehr hart, spröde	29,5	5,4
8	"	" " "	29,3	—
9	"	mittelweich	35,5	—
10	"	"	42,0	8,0
11	Rußland	"	47,2	13,5
12	"	"	49,6	13,2
13	"	mittelhart	48,1	—
14	"	weich	55,5	—
15	Deutschland	dickflüssig	58,6	3,3
16	"	mittelweich	36,2	3,7
17	"	"	40,4	3,4

Rumänische und kalifornische Petrolasphalte.

Lfdl. Nr.		Paraffingehalt der ursprüngl. Probe Proz.	Ölige Anteile		
			Proz.	Beschaffenheit	Paraffingehalt Proz.
1	Rumän. Petrolasphalt, soft . .	1,5	42,0	} salbenartig, vaselineartige Ausscheidungen	3,6
2	" " medium	1,1	37,0		3,1
3	Kaliforn. Erdölrückst., B-Grade	0,7	24,5		2,9
4	" " D- "	0,65	29,5		2,2

Der umgekehrte Fall, ob nämlich in einem wesentlich aus Erdölrückständen bestehenden Asphalt geringere Mengen von natürlichem Asphalt vorhanden sind, läßt sich nach diesem Verfahren nicht zur Entscheidung bringen. Die Möglichkeit hierzu bietet sich in einer neuerlichen Beobachtung des

Königl. Materialprüfungsamtes, welche darin besteht, daß bei der Destillation der Naturasphalte mit den ersten Destillaten merkliche Mengen von organischen Säuren in den ersten Anteilen mit übergehen, während bei der Destillation von Erdölrückständen nur geringe Mengen Säuren nachweisbar sind. Es werden 30 g Bitumen (bei aschenhaltigem Material eine diesem Bitumengehalt entsprechende Menge) in einer kleinen Retorte so destilliert, daß zwei Fraktionen von je 4 bis 5 ccm erhalten werden. Diese werden in Äther gelöst und behufs Entfernung von Mineralsäuren mit Wasser gewaschen. Unter Zugabe von neutralem Alkohol werden in beiden Proben die Säurezahlen unter Verwendung von Alkaliblau bestimmt. Bei Naturasphalt liegt die Säurezahl des ersten Destillats beträchtlich über 1, bei Petrolrückstand unter 1. Bei Verwendung von reinem Naturasphalt zeigt die zweite Fraktion noch eine merkliche Säurezahl, bei Petrolrückstand ist das zweite Destillat stets säurefrei. Im einzelnen sind die Ergebnisse der Untersuchung von Natur- und Erdölasphalten in nachstehender Tabelle zusammengestellt. Aus dieser geht hervor, daß sich auch die paraffinarmen kalifornischen Erdölrückstände durch die Bestimmung des Säuregehaltes leicht von Naturasphalten unterscheiden lassen.

Säurezahlen der Destillate von Naturasphalten
und Erdölrückständen.

Lfde. Nr.	Material	Säurezahlen	
		Destillat I	Destillat II
Naturasphalte.			
1	Trinidadasphalt	14,0	5,6
2	Manjac	4,2	0,4
3	Syrischer Asphalt	4,7	2,7
4	Bermudezasphalt	7,1	0,6
5	San Valentino-Asphaltbitumen (weich)	1,9	1,4
6	Gilsonit	4,3	säurefrei
Erdölrückstände.			
1	Deutscher (Wietzer) Erdölrückstand	0,5	säurefrei
2	Russischer Weichgoudron	0,7	"
3	Galizische Erdölrückstände I	0,6	"
4	" " II	0,9	"
5	Kalifornischer Petrolasphalt, B-Grade	0,2	0,2
6	" " D- "	0,2	0,2
7	Rumänischer " soft	0,3	0,2
8	" " medium	0,4	0,4
9	Schwefelreicher mexikanischer Petrolasphalt	0,9	0,4

Um eine endgültige Entscheidung herbeizuführen, wenn kein Säuregehalt und keine Paraffinausscheidung festzustellen ist, ist es nötig, das Gemenge in der vorher beschriebenen Weise mit Benzin und Schwefelsäure zu behandeln, um die öligen Teile abzuscheiden, in denen sich dann das Paraffin anreichert.

Voraussetzung für die Richtigkeit der Schlußfolgerungen aus der Bestimmung der Säurezahlen ist allerdings die Abwesenheit von Fettpechen,

weil diese nach früheren Untersuchungen von Holde und Marcusson ebenfalls eine hohe Säurezahl für das erste Destillat bedingen. Sie geben sich aber durch ihren Geruch und die Bildung von Akrolein beim Erhitzen zu erkennen, auch sind die Säuren der Fettpeche fettsäureartigen Charakters und in Benzin leicht löslich, die der Asphalte asphaltischen Charakters und in Benzin fast unlöslich.

Die hohen Säurezahlen lassen nach Marcusson und Skopnik darauf schließen, daß auch die Naturasphalte beträchtliche Verseifungszahlen besitzen werden. Auch dies Verhalten kann zur Unterscheidung von Erdölrückständen in den Naturasphalten dienen. Man verfährt dabei in folgender Weise:

5 g benzollösliches Bitumen werden in 25 ccm thiophenfreiem Benzol gelöst und mit 25 ccm $\frac{n}{1}$ -alkoholischer Kalilauge eine Stunde am Rückflußkühler gekocht. Nach dem Erkalten versetzt man mit etwa 200 ccm 96proz. neutralisierten Alkohol und fällt so die Hauptmenge der dunkelfarbigem Pechstoffe aus. Zur Lösung setzt man, ohne abzufiltrieren, 4 ccm 1proz. Phenolphthaleinlösung und titriert bis eben zum Verschwinden der Rotfärbung. Dann erwärmt man auf siedendem Wasserbad unter häufigem Umschütteln, bis sich die Flüssigkeit von neuem rötet. Die Färbung wird durch Zulaufenlassen einiger Tropfen $\frac{n}{2}$ -Salzsäure zum Verschwinden gebracht und die gleiche Operation wiederholt, bis beim Erwärmen keine Rotfärbung mehr eintritt. Diese Maßnahme ist erforderlich, damit sich nicht von den ausgefallenen Pechstoffen etwa eingeschlossenes Alkali der Titration entzieht.

Durch Ausschütteln der mit Wasser verdünnten alkoholischen Seifenlösung mit Benzin (um sie von unverseifbaren Stoffen zu befreien) und darauffolgende Zersetzung der Seifen mit Mineralsäuren kann man die Säuren ausscheiden und mit Lösungsmitteln, wie Äther und Chloroform, ausschütteln. Verschiedene Asphalte gaben dabei folgende Resultate:

Verseifbare Bestandteile von Naturasphalten
und Erdölrückständen.

Lfd. Nr.	Material	Verseifungszahl	Gesamt-säuren Proz.	Äther-löslicher Anteil der Säuren Proz.	Chloroform-löslicher Anteil der Säuren Proz.
A. Asphalte.					
1	Bitumen aus Trinidadrohasphalt.	34,0	12,7	12,1	0,6
2	Bitumen aus Trinidadasphalt epuré	28,5	11,2	10,8	0,4
3	Bermudezasphalt	29,0	7,5	7,5	Spuren
4	Syrischer Asphalt	33,6	4,5	4,2	0,3
B. Erdölrückstände.					
1	Deutsches Weichpech	7,6	3,3	3,2	0,14
2	Russisches Hartpech	8,1	2,1	2,1	Spuren
3	Galizischer Erdölrückstand . . .	7,9	2,5	2,4	0,06
4	Sehr sprödes galizisches Hartpech	7,9	3,6	3,3	0,25
5	Kaliforn. Petrolasphalt, D-Grade	11,8	3,4	3,3	0,14
6	Kansas- „ medium.	12,3	3,2	3,1	0,07
7	Rumänischer „ soft . .	13,5	3,0	2,9	0,08
8	„ „	7,9	2,7	2,6	0,08

Trinidadasphalt ließ sich hierbei in drei verschiedene Anteile zerlegen, in 73,4 Proz. alkohollunlösliche hartpechartige, spröde Stoffe, 13,8 Proz. dickölige bis weichharzige unverseifbare Stoffe und 12,7 Proz. Säuren. Der in dem ursprünglichen Bitumen zu 4,35 Proz. enthaltene Schwefel verteilte sich auf die einzelnen Bestandteile wie folgt:

Alkohollunlösliche Pechstoffe	S = 5,1 Proz.
Ölige unverseifbare Bestandteile	S = 3,3 „
Säuren	S = 3,1 „

Ihrer chemischen Natur nach liegen die Braunkohlenteerpeche in der Mitte zwischen den Erdölpechen und dem Steinkohlenteerpech. Sie enthalten, wenn auch nicht in dem Maße wie die letzteren, beträchtliche Mengen leicht sulfurierbarer aromatischer Substanzen, unterscheiden sich aber von letzterem durch die gänzliche Abwesenheit kohligter Stoffe, die allerdings auch im Steinkohlenteer bei den neueren Entgasungsverfahren mehr und mehr verschwinden. Die Braunkohlenteergoudrons sind besonders charakterisiert durch ihren steten Gehalt an hochmolekularen Phenolen. Graefe hat auf Grund dessen eine Probe zur Erkennung der Braunkohlenteerpeche gegründet, die im Laboratorium des Königl. Materialprüfungsamtes einer Nachprüfung unterworfen worden ist und sich als durchaus zuverlässig erwiesen hat. Sie wird wie folgt ausgeführt:

5 g Pech werden 5 bis 10 Minuten mit 20 ccm $\frac{n}{1}$ -wässriger Natronlauge gekocht; nach dem Erkalten filtriert man die Lösung ab und versetzt das Filtrat mit einigen Tropfen aus Anilin, Salzsäure und Natriumnitridlösung frisch bereiteter Diazobenzolchloridflüssigkeit. Bei Gegenwart von Braunkohlenteerrückständen tritt Rotfärbung, unter Umständen sogar Abscheidung eines roten Niederschlages ein.

Die gleiche Reaktion zeigen infolge eines fast stets vorhandenen Phenolgehaltes auch die Steinkohlenteerpeche; sie unterscheiden sich aber scharf durch ihre fast gänzliche Sulfurierbarkeit. Mit Hilfe der Graefeschen Probe lassen sich nicht allein die Peche als solche kennzeichnen, es kann auch ihre Anwesenheit in Naturasphalten und Erdölrückständen, besonders die des Braunkohlenteerpeches scharf erkannt werden. Ein großer Teil des im deutschen Handel vorkommenden sogenannten Trinidadgoudrons wird aus Trinidadasphalt unter Zusatz von 5 bis 10 Proz. Paraffinöl (meist aus Braunkohlenteer stammend) als Flußmittel hergestellt. Da dieses Öl gleichfalls Phenole enthält, könnte bei positivem Ausfall der Graefeschen Reaktion die Vermutung auftreten, daß ein so hergestellter Goudron mit Braunkohlenteerpech vermischt sei.

Versuche im Königl. Materialprüfungsamt haben ergeben, daß die in Frage kommenden Braunkohlenteeröle in Petroläther löslich sind, also auch petrolätherlösliche Phenole enthalten; dagegen sind die Braunkohlenteerpeche in Petroläther unlöslich. Zeigt ein solcher Trinidadgoudron die Graefesche Diazoreaktion, so kann die Frage, ob diese auf einen Zusatz von Braunkohlenteeröl oder Braunkohlenteerpech zurückzuführen ist, wie folgt entschieden werden: man löst 10 g der Probe in 15 ccm Benzol unter Erwärmen auf, gießt die Lösung in 100 ccm Petroläther ein und saugt den Niederschlag auf einer Nutsche ab. Er wird einige Male mit Petroläther ausgewaschen, getrocknet und gepulvert und darauf, um die Phenole möglichst vollständig

auszuziehen, eine Viertelstunde mit $\frac{1}{2}$ -alkoholischer Kalilauge am Rückflußkühler gekocht, filtriert und nach dem Erkalten der Alkohol verdampft. Man nimmt den Rückstand mit Wasser auf, schüttelt die Lösung zur Entfärbung (nach Holde) mit Kochsalz und prüft darauf in üblicher Weise mit Diabenzolchloridlösung.

Loebell¹⁾ modifiziert die Graefesche Methode wie folgt:

Etwa 2 g Bitumen werden in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade erwärmt, mit etwa der gleichen Menge Sand gut vermischt und nach dem Erkalten in einem weiten Reagenzglas mit farblosem Aceton gut durchgeschüttelt. Bleibt die Lösung farblos oder färbt sie sich nur schwach gelblich, dann liegt kein Verdacht phenolhaltiger Zusätze vor. Tritt dagegen eine stärkere Färbung der Lösung ein, so wird filtriert, das Filtrat bis zum völligen Verjagen des Acetons eingedampft und der braunrote ölige Rückstand nach Graefe mit Natronlauge und Diazobenzolchloridlösung behandelt. Bei Asphaltmastix und ähnlichen leicht pulverisierbaren bitumenhaltigen Proben kann die Prüfung mit Aceton direkt mit der feingepulverten ursprünglichen Probe ohne Vermischen mit Sand erfolgen.

Neben den Erdölrückständen wird wohl das Steinkohlenteerpech am häufigsten²⁾ als Ersatzmittel für natürlichen Asphalt verwendet. Die Teerrückstände enthalten als charakteristische Bestandteile Phenole und Anthracen, die sich nach der Graefeschen bzw. Liebermannschen Farbenreaktion nachweisen lassen. Bei der Destillation liefern sie Öle, die sich durch ihr hohes spezifisches Gewicht (über 1, soweit sie über 230° sieden), ihre leichte Löslichkeit in Alkohol und völlige Sulfurierbarkeit von jenen der Naturasphalte und Erdölresiduen scharf unterscheiden. Die löslichen Bestandteile der Teerrückstände bestehen im wesentlichen aus aromatischen Kohlenwasserstoffen, deren Oxydationsprodukten und Substanzen, die durch Erwärmen mit konzentrierter Schwefelsäure nahezu vollständig in lösliche Sulfosäuren übergeführt werden können, im Gegensatz zu Naturasphalten, deren lösliche Bestandteile mit Schwefelsäure Additionsprodukte liefern. Auf Grund dieses Verhaltens ist es nach Marcusson³⁾ möglich, nicht allein Naturasphalt scharf vom Steinkohlenrückstand zu unterscheiden, sondern auch ersteren in Mischungen, wie sie namentlich als Asphaltklebmassen viel verwendet werden, qualitativ und quantitativ nachzuweisen. Die aus Naturasphalten, z. B. Trinidadasphalt, erhältlichen Additionsprodukte mit Schwefelsäure stellen schwarze, kohleartige Pulver dar, die in den meisten Lösungsmitteln nicht oder nur wenig, dagegen in siedendem Pyridin leicht löslich sind. Eine aus Trinidadrohasphalt erhaltene Verbindung enthielt 8,1 Proz. Schwefel, eine aus Epuré gewonnene 7,7 Proz., während der Schwefelgehalt der ursprünglichen Materialien 4,35 bzw. 4,15 Proz. betrug. Über die chemische Natur dieser Stoffe sind Arbeiten noch im Gange.

Vor Ausführung der Prüfung ist es erforderlich, das reine Gemisch der Bitumen aus Naturasphalt und Teerrückstand mit Benzol, Chloroform oder Schwefelkohlenstoff zu extrahieren. Wenn nur untergeordnete Mengen von Naturasphalt vorliegen, so bietet dieser übliche Weg der Extraktion insofern Schwierigkeiten, als die kohligen Bestandteile des Steinkohlenteerpechs geringe

¹⁾ Asphalt- u. Teerind.-Ztg. 1912, S. 26. — ²⁾ Vgl. Marcusson, Chem. Revue 1912, S. 167. — ³⁾ Ebenda und Zeitschr. f. angew. Chem. 1913, S. 91 u. ff.

Mengen des Bitumens durch Adsorption hartnäckig zurückhalten. Man verfährt daher vorteilhafter nach der Methode von Prettner (s. d.) zur Bestimmung des Bitumengehaltes in Asphaltmehlen. Die Methode ist auch deshalb empfehlenswert, weil die im Naturasphalt unter Umständen enthaltenen asphaltinsauren Salze durch die Wirkung der Äthersalzsäure aufgeschlossen werden.

Die Ausführung des Verfahrens gestaltet sich wie folgt: 10 g der Probe werden mit 75 ccm Äthersalzsäure (herzustellen durch Schütteln von konzentrierter Salzsäure mit Äther unter Wasserkühlung) in drei bis vier Portionen unter ständigem Rühren versetzt. Nach etwa zehn Minuten langem Rühren setzt man 75 ccm Wasser zu und erwärmt auf dem Dampfbad bis zum Verschwinden des Äthergeruchs. Jetzt wird die saure Lösung abfiltriert, das Unlösliche ausgewaschen, nötigenfalls getrocknet und mit siedendem Chloroform in einem Extraktionsapparat erschöpfend ausgezogen. Durch Abdestillieren des Chloroforms gewinnt man das für die Sulfurierung erforderliche Bitumen, dessen Menge nach kurzem Trocknen bei 105° bestimmt wird.

3 g dieses Bitumens werden in einem dickwandigen Reagenzglas mit 6 ccm konzentrierter Schwefelsäure versetzt und im siedenden Wasserbad unter häufigem Umrühren, so daß alle Teile mit der Schwefelsäure in Berührung kommen, drei Viertelstunden lang erhitzt. Je größer der Gehalt an Naturasphalt war, desto dicker wird die Masse. Nach Beendigung der Sulfurierung läßt man erkalten und spült das Reaktionsprodukt mit etwa 200 ccm Wasser in einen Erlenmeyer-Kolben. Im Verlauf von etwa einer Stunde setzt sich auf dem Boden ein schwarzer, pulveriger, zum Teil bröckeliger Niederschlag ab, der abfiltriert und unter Zerdrücken der Brocken mit kaltem Wasser ausgewaschen wird, bis im Filtrat durch Methylorange keine Schwefelsäure mehr angezeigt wird. Man trocknet bei 100°, wiegt und berechnet den Befund in Prozenten auf das Ursprungsmaterial (Mischung von Steinkohlenteerpech und Naturasphalt).

Infolge Verstopfens des Filters entstehen beim Trennen des Niederschlages von der Flüssigkeit zuweilen Schwierigkeiten, weshalb sich die Verwendung einer Nutsche von etwa 7 cm Durchmesser empfiehlt. Man gibt die Flüssigkeit ohne Aufrühren des Niederschlages aufs Filter, wäscht letzteren durch Dekantieren mit Wasser im Kolben anfänglich aus und bringt ihn erst ganz zuletzt aufs Filter. Ist seine Menge gering, so kann man sich auch des Gooch'schen Tiegels oder, wo eine solche vorhanden ist, der Zentrifuge bedienen.

Zur Beurteilung der Brauchbarkeit des Verfahrens hat Marcusson zunächst Mischungen von Trinidadrohasphalt und Epuré vom Bitumengehalt 45 bis 58 Proz. mit Steinkohlenteerpech im Verhältnis von 15 bis 60 Proz. in Untersuchung genommen. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden beiden Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Man ersieht hieraus, daß der Niederschlag stets etwas geringer ist als die Menge des in der Probe enthaltenen Naturbitumens. Dagegen hatte sich bei Vorversuchen mit reinem Trinidadasphalt ergeben, daß die Ausbeuten etwa 108 Proz. betragen. Es scheint daher, daß bei Anwesenheit von Steinkohlenteerpech auch ein geringer Teil (laut Tabellen 2 bis 6, im Mittel 4 Proz.) des Naturbitumens in lösliche Stoffe übergeführt wird, weshalb sich eine Korrektur von + 4 Proz. der gefundenen Werte empfiehlt, die nach Tabelle 3 der wirklichen Menge entspricht.

Ein ähnliches Verhalten gegen Schwefelsäure wie die Naturasphalte zeigen auch die Erdölrückstände; unter Umständen ist daher außer der Bestimmung der Menge des Niederschlags noch darauf zu prüfen, ob Naturasphalte oder Erdölrückstände vorliegen, was auch bei Gegenwart von Steinkohlenteerpech durch Bestimmung des Paraffingehaltes der öligen Anteile sowie des Säuregehaltes der Destillate einwandfrei möglich ist.

Tabelle 1. Ergebnisse der Untersuchung von Mischungen aus Steinkohlenteerpech und Trinidadrohasphalt.

Lfde. Nr.	Gehalt an Trinidadrohasphalt Proz.	Naturasphaltbitumen		Differenz a—b Proz.	
		a) berechnet Proz.	b) gefunden Proz.		
1	15	6,8	3,6	4,2	3,2
			4,7		
2	20	9,0	6,1	6,7	2,0
			7,0		2,0
			6,0		3,0
3	25	11,3	8,6	8,4	2,7
			8,1		3,2
4	30	13,5	11,0		2,5
5	40	18,0	13,4		4,6
6	45	20,3	14,6		5,7
7	60	27,0	22,8		4,2

Tabelle 2. Ergebnisse der Untersuchung von Mischungen aus Steinkohlenteerpech und Trinidad epuré¹⁾.

Lfde. Nr.	Gehalt an Trinidad epuré Proz.	Naturasphaltbitumen		Differenz a—b Proz.	
		a) berechnet Proz.	b) gefunden Proz.		
1	20	11,6	7,3	4,3	
2	23	13,4	9,1	9,2	4,3
		13,4	9,1		4,3
		13,4	9,4		4,0
3	30	17,4	12,6	12,3	4,8
		17,4	12,0		5,4
4	35	20,5	15,7	14,9	4,6
		20,3	14,0		6,3
5	40	23,2	16,9		6,3

Der Nachweis von Fettpechen im Naturasphalt wird kaum jemals in Frage kommen. Es gehören hierher die Rückstände der Verarbeitung tierischer und pflanzlicher Fette, die unter den Namen Kerzenteer, Stearinpech, Wollschweißfettpech, Cottonölpech, Palmölpech usw. bekannt sind. Sie spielen zwar in der neueren Zeit auch in der Asphaltindustrie zur Herstellung

¹⁾ Der hierzu verwendete Trinidad epuré war bereits mit Paraffinöl versetzt.

unbesandeter Dachpappen eine größere Rolle, dienen hier aber nur zur Aufbesserung bzw. Geschmeidigmachung der Petrolresiduen. Sie bilden ein verwickeltes Gemisch von freien Oxyfettsäuren, Laktonen und anderen Anhydriden, Neutralfett, erdölartigen Kohlenwasserstoffen und Asphaltenen.

Tabelle 3. Zusammenfassung der Resultate aus Tabelle 1 und 2 unter Berücksichtigung einer Korrektur von + 4 Proz.

Lfde. Nr.	Gemisch von Steinkohlen- teerpech mit	Naturasphaltbitumen		Differenz	
		a) berechnet Proz.	b) gefunden Proz.		
1	Trinidad- rohasphalt	6,8	$\left. \begin{array}{l} 7,6 \\ 8,7 \end{array} \right\} 8,2$	+ 1,4	
2		9,9	$\left. \begin{array}{l} 10,1 \\ 11,0 \\ 10,0 \end{array} \right\} 10,4$	+ 1,4	
3		11,3	$\left. \begin{array}{l} 12,6 \\ 12,1 \end{array} \right\} 12,4$	+ 1,1	
4		13,5	15,0	+ 1,5	
5		18,0	17,4	- 0,6	
6		20,3	18,6	- 1,7	
7		27,0	26,8	- 0,2	
1	Trinidad epuré	11,6	11,3	- 0,3	
2		13,4	13,1	$\left. \begin{array}{l} 13,1 \\ 13,1 \\ 13,4 \end{array} \right\} 13,2$	- 0,2
		13,4	13,1		
3		13,4	13,4		
4		17,4	16,6	$\left. \begin{array}{l} 16,6 \\ 16,0 \end{array} \right\} 16,3$	- 1,1
	17,4	16,0			
5	20,3	19,7	$\left. \begin{array}{l} 19,7 \\ 18,0 \end{array} \right\} 18,9$	- 1,4	
	20,3	18,0			
5	23,2	20,9	- 2,3		

Fettpech kann man nach Marcusson¹⁾ im Erdölpech durch Fällung mit ätherischer Quecksilberbromidlösung nachweisen. Alle Erdölrückstände geben infolge ihres Schwefelgehaltes nach Marcusson mit Quecksilberbromid Niederschläge. Fettpeche dagegen nicht. Mischungen von Fettpechen mit Erdölrückständen verhalten sich wie reine Erdölpeche. Die freien Fettsäuren der Peche hindern die Reaktion und müssen zuvor entfernt werden. Das Verfahren ist wertvoll bei der Untersuchung von Dachpappen, die als Imprägnierungsmasse neuerdings Fettpeche und Mischungen fetter Peche mit Erdölrückständen enthalten. Das extrahierte Bitumen zeigt bei Vorliegen von Fettpech dessen charakteristischen Geruch und bildet beim Erhitzen Akroleindämpfe, außerdem weist es eine wesentlich höhere Verseifungszahl auf.

Donath und Margosches²⁾ destillieren eine kleine Menge des Materials und prüfen das ölige Destillat. Holzpech gibt dabei ein sauer reagierendes, wässriges Destillat und außerdem färbt das Pech den Tetrachlorkohlenstoff

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1911, S. 1300 ff. — ²⁾ Ebend. 1905, S. 754.

nicht beim Schütteln. Für Steinkohlenpech ist das Vorhandensein von Anthracen im Destillat charakteristisch und kann durch die Liebermannsche Reaktion nachgewiesen werden. Kocht man das zu prüfende Pech mit Kalilauge und filtriert, so scheiden sich beim Wollpech aus dem Filtrat cholesterinhaltige Niederschläge ab. Lag Stearinpech vor, so erhält man einen Niederschlag dagegen erst, nachdem der Alkohol verjagt ist und der Rückstand mit Salzsäure gesättigt wurde. Extrahiert man das zu prüfende Material vollständig, so ist bei Steinkohlenpech, manchmal auch bei Braunkohlen- und Petrolepech, der Rückstand schwarz und kohlig, nie dagegen, wenn Naturasphalt vorliegt.

Kovacs und Sötet¹⁾ hatten schon früher folgendes Verfahren angegeben:

Ein Muster des zu untersuchenden Asphalts wird mit Schwefelkohlenstoff ausgezogen, der filtrierte Extrakt auf dem Wasserbade eingedampft und der Rückstand bei 110° getrocknet. Der getrocknete Rückstand wird in dem Zweieinhalbfachen seines Gewichts an Schwefelkohlenstoff gelöst und gleichzeitig eine ebenso konzentrierte Lösung von reinem Asphalt in Schwefelkohlenstoff hergestellt.

Man versetzt nun 1 ccm der Lösung in einem Reagenzglas mit 2 $\frac{1}{2}$ ccm Terpentinöl; dabei erhält man, falls das Produkt aus Steinkohlenteerpech bestand, eine hellbraune Lösung und einen hellbraunen Absatz, während die Lösung natürlicher Asphalte dunkel gefärbt bleibt und keinen Niederschlag gibt.

Versetzt man die Originallösung mit absolutem Alkohol im Verhältnis von 1:10, so erhält man bei Steinkohlenteerpech einen braunen Niederschlag; natürliche Asphalte liefern einen schwarzen, klebrigen, pechartigen Niederschlag, während Petroleumpech einen schwarzen, flockigen Absatz liefert. Wenn man diese Niederschläge abfiltriert und bei 90 bis 95° trocknet, so ist der von Steinkohlenteerpech erhaltene pulverig, matt und von hellbrauner Farbe, während der von natürlichem Asphalt schwarz, klebrig, von hohem Glanz ist und sich in der Wärme in feine Fäden ausziehen läßt. Bei Petroleumrückständen dagegen ist der Niederschlag schwarz, matt, erdig und zerbröckelt leicht zwischen den Fingern.

Schüttelt man 1 ccm der Originallösung mit nur 5 ccm absolutem Alkohol, so liefert Steinkohlenteerpech einen braunen Niederschlag und einen schwarzen, pechartigen Absatz, Petroleumpech ein schwarzes, schlammiges Präzipitat, während reine Asphalte schwarze Niederschläge oder pechartige, zusammenhängende Absätze geben. Die über den Niederschlägen stehende Flüssigkeit ist rötlichbraun bei Petroleumpech und hellbraun bei Steinkohlenteerpech und reinen Asphalten.

Auf Filtrierpapier ausgebreitet und bei 90 bis 95° getrocknet, zeigen sich präzipitiertes Steinkohlenteerpech und Asphalte glänzend, pechähnlich, klebrig und festhaftend nach dem Erwärmen; Petroleumpech dagegen stumpf, zerreiblich, und hinterläßt einen durchscheinenden, öligen, braunroten Fleck auf dem Papier.

Zur Trennung von aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen in Gemischen von Pechen mit Naturasphalt und Erdölrückständen kann man sich nach Graefe²⁾ der Valentischen Reaktion bedienen. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe sind ganz in Dimethylsulfat löslich, die aliphatischen Kohlenwasserstoffe dagegen nicht oder nur zum kleinen Teil. Das Verfahren kann gleichfalls verwendet werden, um mit Hilfe der Destillationsprodukte

¹⁾ Chem. Revue 1900, S. 8. — ²⁾ Ebend. 1907, S. 113; Zeitschr. f. angew. Chem. 1908, S. 603.

Mischungen von Pechen, die aus Teer stammen, von Asphalten zu unterscheiden. Bei quantitativen Bestimmungen muß man dabei aber berücksichtigen, daß nach Versuchen von Graefe auch aliphatische Kohlenwasserstoffe teilweise in Dimethylsulfat löslich sind.

2. Prüfung und Untersuchung von Erdölresiduen und Pechen.

Petroleumasphalt. Nach D. Lohmann¹⁾ hat der Verbrauch von Petroleumasphalt in den Vereinigten Staaten eine so große Ausdehnung erreicht, die von Jahr zu Jahr noch steigt, daß sich die Notwendigkeit ergeben hat, chemische und physikalische Methoden auszubilden, die inzwischen auf dem ganzen westlichen Kontinent zu allgemeiner Einführung gelangt sind. Man arbeitet dort nach folgendem Schema:

Penetration (Eindringungsvermögen) bei	0° C	
"	"	25° C
"	"	38° C
Gesamtbitumen, löslich in CS ₂	. . . . .	—, — Proz.
Organisch-Unlösliches	. . . . .	—, — "
Mineralbestandteile	. . . . .	—, — "
Bitumen, löslich in CCl ₄	. . . . .
" lösl. in Naphtha von 70° Bé (entsprechend Normalbenzin vom spez. Gew. 0,700)		
Flüchtige Kohlenwasserstoffe	. . . . .	—, — Proz.
Kohlengehalt (Fixed carbon)	. . . . .	—, — "
Aschengehalt	. . . . .	—, — "
Schwefel	. . . . .	—, — "
Duktilität (Zähigkeit) vor und nach dem Versetzen mit Flußmittel (Flux).		

Die Penetration, als Kennzeichen der Härte und bis zu einem gewissen Grade auch der Zähigkeit, wird im Apparat von Dow oder Richardson bestimmt, der Kohlenrückstand nach der vom Committee on Coal Analysis of the American Chemical Society angenommenen Methode wie folgt: 1 g wird in einem bedeckten Tiegel von 20 bis 30 g Gewicht mit voller, etwa 20 cm hoher Bunsenflamme 7 Minuten erhitzt. Der Boden des Tiegels soll 6 bis 8 cm über dem Brenner angebracht sein. Vom Resultat wird der Aschengehalt subtrahiert und der Rest als flüchtige Kohlenwasserstoffe bezeichnet. Die Bestimmung des Schwefels erfolgt in der kalorimetrischen Bombe von Mahler, wobei die entstehenden Gase mit Sodalösung aufgefangen und dem Bombeninhalte zugefügt werden. Die Duktilität oder Zähigkeit wird mit der Maschine von Dow und Smith ermittelt. Sie bildet neben der Penetration einen der wichtigsten Anhaltspunkte für die Beurteilung eines Asphalts. So ist z. B. ein Petrolasphalt von mittlerer Härte mit geringer Duktilität für den Straßenbau nicht geeignet, da er zu wenig Elastizität besitzt, um dem Verkehr zu widerstehen, und daher bald brüchig wird. Dies kommt schon bei der Bestimmung der Penetration zum Ausdruck.

Ein Asphalt von hoher Duktilität zeigt meist auch große Differenzen in der Penetration bei verschiedenen Temperaturen. Nachdem man ihn durch Zusatz von Flux, d. h. eines stark asphaltigen, dickflüssigen Petrolrückstandes,

¹⁾ Chem.-Ztg. 1911, S. 357.

auf etwa 50 Penetration bei 77° F gebracht hat, soll die Duktilität etwa 20 oder mehr Zentimeter betragen, wenn er zum Straßenbau dienen soll. Ist sie geringer, so kann das Material mit Vorteil zur Herstellung von Dachpappe oder zum Überziehen von eisernen Dächern, Tanks usw. dienen, vorausgesetzt, daß seine Härte genügend groß ist.

Von einem Petrolasphalt wird allgemein verlangt, daß er möglichst reines Bitumen darstellt, also bis auf einen Bruchteil in Schwefelkohlenstoff löslich ist und sich auch bis auf wenige Procente in Tetrachlorkohlenstoff löst. Er unterscheidet sich hierdurch in charakteristischer Weise von Naturasphalten, die oft bis zu einem Drittel ihres Gewichts oder mehr Mineralsubstanzen enthalten. Eine Ausnahme hiervon macht der Gilsonit von Kolorado und Utah, der nur etwa 1/2 Proz. Asche zeigt. Die Löslichkeit in Normalbenzin vom spez. Gew. 0,700 gibt bis zu einem gewissen Grade ein Kennzeichen dafür, ob ein Petroleumasphalt während der Destillation Zersetzung erlitten hat. Dasselbe mexikanische Rohöl lieferte nach Lohmann Asphalt mit folgendem Resultat:

	Asphalt Nr. 1, ohne Zersetzung destilliert	Asphalt Nr. 2, unter teilweiser Zersetzung destilliert
Penetration bei 32° F	13	20
" " 77° F	34	35
" " 100° F	42	38
Duktilität bei 77°	21 cm	10 cm
Benzinlösliches	72,0 Proz.	60,50 Proz.
CS ₂ -Lösliches	99,6 "	99,5 "

Die folgenden, von Lohmann untersuchten Typen zeigen die Beziehungen zwischen Penetration und Duktilität.

1. Typen von hoher Duktilität.

	California Dukt. Grade	Mexikanischer Asphalt von S. Pearson a. Son
Penetration bei 32° F	7	12
" " 77° F	34	34
" " 100° F	140	50
Duktilität nach dem Fluxen	höher als 50 cm	45 cm

Hohe Duktilität, große Differenzen der Penetrationen.

2. Typen von geringer Duktilität.

	Galizischer Asphalt	Ebano A-Grade
Penetration bei 32° F	10	15
" " 77° F	17	17
" " 100° F	23	18
Duktilität	4,5 cm	3 cm

Geringe Duktilität, geringe Differenzen der Penetrationen.

Die Eigenschaften der Veränderung der Härte mit der Temperatur, der Duktilität und Löslichkeit in Normalbenzin gehen bis zu einem gewissen Grade Hand in Hand. Bei starker Zersetzung durch mangelhaft geleitete Destillation wird auch die Löslichkeit in Schwefelkohlenstoff und Tetrachlorkohlenstoff herabgesetzt. Es bilden sich unlösliche Kohlepartikelchen, wobei der Asphalt die Duktilität gänzlich einbüßt.

Was den Schwefel anbelangt, so scheint der Prozentgehalt keinen Einfluß auf die technisch wichtigen Merkmale zu haben. Lohmann beobachtete, daß alle mexikanischen, stark schwefelhaltigen Rohöle einen hohen Asphaltgehalt zeigen, jedoch ist die Güte des Asphalts vom Schwefelgehalt unabhängig und als individuelle Eigenschaft zu betrachten. Mit sinkendem Schwefelgehalt sinkt in der Regel auch der Asphaltgehalt. Einige mexikanische Öle, wahrscheinlich sekundärer Natur, die nur wenige Zehntel Prozent Schwefel enthalten, sind praktisch als asphaltfrei zu betrachten. Der Schwefelgehalt der Petroleumasphalte ist meist beträchtlich und übersteigt den des Rohöles, aus dem sie gewonnen werden, um 5 bis 10 Proz., wenn sie von mittlerer Härte sind. Der weiche Asphalt enthält etwas weniger, der harte Asphalt etwas mehr.

Beispiele für den Schwefelgehalt natürlicher und künstlicher Asphalte.

Natürliche Asphalte:		
Kubanischer, raffinierter, weicher Asphalt	8,35 Proz.	}
„ „ harter „	8,92 „	
Trinidadbitumen	11,48 „	
„ „ , raffiniert	10,00 „	
Lobsannasphalt	5,00 „	
Künstliche Asphalte:		
Ebano, Medium Grade petroleum asphalte	5,91 Proz.	}
Galizischer Petroleumasphalt (Herkunft fraglich)	6,07 „	
Harter Asphalt, Ölfelder von Tehuantepec (Mexiko)	5,64 „	
Mediumasphalt, „ „ „ „	5,10 „	
„ „ „ „ „ „	5,12 „	
Weicher Asphalt von Tehuantepec (Mexiko)	4,90 „	
Harter Asphalt, Ölfelder der nordöstlichen Zone	4,60 „	
„ „ „ „ „ „	4,50 „	
Mittlerer „ „ „ „ „ „	4,12 „	
„ „ „ „ „ „	4,20 „	
Weicher „ „ „ „ „ „	3,80 „	
„ „ „ „ „ „	3,50 „	

Petrolasphalte können unter sich noch große Unterschiede zeigen. Vor allem ist es wichtig, einen etwaigen Paraffingehalt festzustellen, da sie mit diesem für Straßenbauzwecke nur wenig geeignet sind. Die Paraffinbestimmung geschieht mit Hilfe der Holdeschen Methode durch Ätheralkohol im Destillat des Asphalts. Es ist nicht zugänglich, die Bestimmung mit dem Asphalt selbst auszuführen, da die Protoparaffine sich sehr schlecht ausfällen und auswaschen lassen und außerdem noch fremde Stoffe mit dem Paraffin ausgefällt werden können. Wichtig ist es ferner zu erfahren, ob der Asphalt ein Rückstand von der Öldestillation oder von der Destillation der Säureharze ist. Dieser

Nachweis ist möglich, wenn die Säureharze, wie in den meisten Fällen, noch geringe Reste von Schwefelsäure oder Sulfosäuren enthalten, deren Zersetzungsprodukte dann ins Destillat übergehen.

Zur Unterscheidung der Pecher von den Erdölrückständen geben Holde und Marcusson¹⁾ folgende Zusammenstellung der im alkoholisch-ätherischen Auszug bestimmten Säure-, Verseifungs- und Esterzahlen:

	Harte Fettpeche, Stearinpech, Wollpech usw.	Erdöl- und Braun- kohlenteerpeche	Steinkohlen- teerpech
Säurezahl	1,0—12,0	0,5—3,0	0,0
Verseifungszahl	16,7—28,3	1,1—6,5	4,8
Esterzahl	9,4—16,4	3,4—5,0	4,8
im ersten, zweiten und dritten Drittel, im Gesamtdestillat dagegen :			
Säurezahl	5,2; —1,1; —0,08	0,4; —0,4; —0,3	11,7

Der Nachweis und die teilweise Bestimmung von Naturasphalt und anderen Pechen im Erdölpech kann auf die im vorigen Abschnitt besprochene Weise geschehen. Speziell der Nachweis von Naturasphalt im Steinkohlenteerpech kann erforderlich werden, weil von gewissen Eisenbahnbauämtern bei der Lieferung von Asphaltisierplatten (siehe diese) vorgeschrieben wird, daß die zur Herstellung derselben verwendete Teermasse 25 Proz. Naturasphalt enthalten soll.

Nach Holde²⁾ gelingt der Nachweis von Naturasphalt und Erdölpech im Steinkohlenteerpech durch Behandeln der Destillate des Gemisches mit konzentrierter Schwefelsäure, worin die des Steinkohlenteerpechs als vorwiegend aromatischer Natur, unter Bildung wasserlöslicher Sulfosäuren löslich sind. F. Schwarz³⁾ macht aber darauf aufmerksam, daß dieser Nachweis nicht immer sicher ist, weil auch diese Bitumen, wenn sie unter 20 Proz. im Teerpech vorhanden sind, bei der Destillation eine starke Zersetzung in ungesättigte, schwefelsäurelösliche Kohlenwasserstoffe erleiden. Er umgeht daher die Destillation und läßt die konzentrierte Schwefelsäure bei 160 bis 180° direkt auf das Gemisch einwirken. Das sich an das bekannte Lachvan Boyensche Ozokeritverfahren anlehrende Verfahren wird wie folgt ausgeführt:

10 g Pech werden im Hartglas im Ölbad auf 160 bis 180° erhitzt und mit 4 cm konzentrierter Schwefelsäure, unter 5 Minuten langem Rühren behandelt. Man hält die Temperatur des Gemisches so lange auf etwa 180°, bis fast sämtliche schweflige und Schwefelsäure verdampft ist. Die erkaltete Masse wird mit 40 g Knochenkohle in glasierter Reibschale innig vermenget und im Soxhlet mit siedendem Benzin ausgezogen. Nach dem Verdampfen des Benzins wird der Extraktionsrückstand mit Benzin aufgenommen, filtriert und nach dem Verjagen des Lösungsmittels gewogen. Die mit Benzin ausgezogenen, von Schwefelsäure nicht angegriffenen Stoffe enthalten manchmal etwas freien Schwefel aus der Reduktion der Schwefelsäure durch Kohle bei der hohen Temperatur. Zur Abscheidung desselben löst

¹⁾ Mitt. des Kgl. Materialprüfungsamtes 1900, S. 147 u. f. — ²⁾ Unters. der Mineralöle u. Fette, 1909, S. 233. — ³⁾ Chem. Revue 1913, S. 28.

man letztere vorsichtig und ohne Rühren mit etwas Aceton, filtriert, wäscht nach und wägt den Rückstand nach dem Vertreiben des Acetons.

Die bei 11 Steinkohlenteerpechen, 7 Naturasphalten und 12 Erdölpechen erhaltenen Ausbeuten sind tabellarisch zusammengestellt und ergeben, daß der Gehalt an Stoffen, die von konzentrierter Schwefelsäure unter den angegebenen Verhältnissen nicht angegriffen werden, schwankt

bei Naturasphalten von 1 bis 16 Proz., meistens von 3 bis 8 Proz.,
 „ Erdölpechen „ 6 „ 36 „ „ „ 15 „ 30 „
 „ Steinkohlenteerpechen von 0,10 bis 0,21 Proz.

Werden also bei der Behandlung mit Schwefelsäure Zahlen erhalten, die den Betrag von 0,2 Proz. erheblich übersteigen, so ist die Gegenwart eines der genannten, dem Steinkohlenteer fremden Bitumens anzunehmen. Zur Erprobung wurden Gemische aus Steinkohlenteerpech und 20 Proz. Naturasphalt, bzw. 10 Proz. Erdölpech hergestellt und geprüft. Die ursprünglichen Materialien verhielten sich bei der Behandlung mit Schwefelsäure wie folgt:

Lauf. Nummer	Natur und Herkunft	Beschaffenheit	Bei der Behandlung mit etwa 70 proz. konzentrierter Schwefelsäure bei 160 bis 180° unangegriffene Teile	
			Proz.	Äußere Beschaffenheit
	Steinkohlenteerpech:			
10	Deutschland	weichpechartig	0,21	} farblos, ölig
3	„	„	0,14	
8	„	hartpechartig	0,20	
	Asphalt:			
5	Trinidad	„	5,8	farblos, ölig, mit geringen Ausscheidungen
2	Sizilien	weichpechartig	3,2	farblos, ölig
	Erdölpech:			
8	Rußland	„	25,5	vaselinartig

Gemische von Steinkohlenteerpech mit Naturasphalt,
bzw. Erdölpech.

Laufende Nummer	Zusammensetzung	Beim Behandeln mit etwa 70 proz. konzentrierter Schwefelsäure bei 160 bis 180° unangegriffene Teile in Prozenten des Reinbitumens
1	80 Proz. Steinkohlenteerpech Nr. 10, 20 Proz. Naturasphalt Nr. 5	0,80
2	80 Proz. Steinkohlenteerpech Nr. 3, 20 Proz. Naturasphalt Nr. 2	0,69
3	90 Proz. Steinkohlenteerpech Nr. 8, 10 Proz. Erdölpech Nr. 8	0,46

Nach diesen Ergebnissen können demnach die angegebenen Mengen von Naturasphalt und Erdölpech im Steinkohlenteerpech nachgewiesen werden;

im ersteren Falle stieg der Gehalt an schwefelsäureunlöslichen Stoffen von 0,21 bzw. 0,14 Proz. auf 0,80 bzw. 0,69 Proz., im letzteren von 0,20 auf 0,46 Proz.

Über die Zusammensetzung und Untersuchung der Fettpeche hat Marcusson¹⁾ eine ausführliche Arbeit veröffentlicht. Für die Unterscheidung von Wollfettpech und Stearinpech hatten Donath und Margosches²⁾ bereits früher ein Verfahren angegeben, das auf dem Kochen der Probe mit alkoholischer Kalilauge beruht, wobei sich, falls Wollfettpech vorlag, ein an Cholesterinverbindungen reicher Niederschlag ergeben sollte. Es zeigt sich aber, daß Cholesterinverbindungen nur in ganz untergeordnetem Maße vorhanden sind, es sich vielmehr um das Kalisalz einer hochmolekularen Fettsäure handelt. Nach Marcussons Untersuchungen an einer größeren Anzahl Woll- und Stearinpechen ist der Niederschlag charakteristisch für Wollpech; das Verfahren kann daher zur Unterscheidung der beiden Peche empfohlen werden und ist so empfindlich, daß sich noch 25 Proz. Wollpech in einem Stearinpech nachweisen lassen. Man verfährt dabei so, daß man 10 g Pech mit 25 ccm halbnormal-alkoholischer Kalilauge $\frac{1}{2}$ Stunde am Rückflußkühler kocht und nach dem Erkalten bei ruhigem Stehen prüft, ob sich oberhalb der unlöslichen Pechanteile kristallinische Ausscheidungen bemerken lassen. Bei unvermischten Pechen genügt oft schon ein Reagenzglasversuch.

Zum Nachweis von Erdölpech im Fettpech (Heißwalzenfettindustrie) wurde ein einfaches Verfahren unter Fällung mit Quecksilberbromidlösung gefunden. Diese von Malencovic zur Unterscheidung von Naturasphalten und Erdölpechen angegebene Reaktion fand Marcusson als unzuverlässig, da sich ergeben hat, daß unter geeigneten Umständen alle Erdölpeche Niederschläge geben, wenn auch in geringerer Menge als Naturasphalte. Nach Ausschaltung aller störenden Einflüsse (freie Fettsäuren hemmen die Reaktion, die Anwesenheit von Wasser und Alkohol geben Veranlassung zur Reduktion des Quecksilbersalzes usw.) gestaltet sich der Nachweis geringer Mengen von Erdölpech im Fettpech wie folgt:

10 g der zu prüfenden Mischung werden in 25 ccm Benzol unter Erwärmen gelöst, die Lösung wird nach dem Erkalten mit 30 ccm halbnormal-alkoholischer Kalilauge versetzt, kurz umgeschüttelt und dann schnell mit etwa 200 ccm 96 proz. Alkohol verdünnt. Nach kurzem Stehen wird die alkoholische Lösung, welche die in der Probe ursprünglich enthaltenen freien Fettsäuren als Alkalisalze enthält (die Lösung muß mit Phenolphthaleïn Rotfärbung geben), abgegossen, der im Kolben verbleibende pechartige Rückstand wird noch mit wenig Alkohol nachgewaschen, dann durch Erwärmen im Wasserbad unter gleichzeitigem Aussaugen mit der Wasserstrahlpumpe von Alkohol tunlichst befreit und im Trockenschrank bei 105° getrocknet.

Der so von freien Fettsäuren befreite Rückstand enthält nunmehr das Erdölpech in angereicherter Form; er wird durch Erwärmen mit 100 ccm Äther am Rückflußkühler gelöst, wobei sich, behufs Ausschluß von Wasser, der Zusatz von etwas gekörntem Chlorcalcium empfiehlt. Ist alles gelöst bzw. fein verteilt, so läßt man erkalten und filtriert nach genügendem Absitzen der ungelösten Asphaltene durch ein Faltenfilter in ein geräumiges, weites Reagenzglas. Die klare Lösung versetzt man mit 20 ccm Quecksilberbromid-

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1911, S. 1297 u. f. — ²⁾ Chem. Ind. 1904, S. 224.

lösung (5 g Quecksilberbromid in 250 ccm Äther) und läßt über Nacht stehen. Ein etwa gebildeter Bodensatz, der sich am besten beim Neigen des Glases zu erkennen gibt, wird abfiltriert, mit Äther ausgewaschen und mit warmem Benzol vom Filter gelöst. Sollte sich Quecksilberbromid mit ausgeschieden haben, so bleibt dies auf dem Filter zurück. Nach dem Abdampfen des Lösungsmittels erhält man die Quecksilberbromiddoppelverbindung als dunkelbraune bis schwarze Masse.

Die Brauchbarkeit des beschriebenen Verfahrens ist an zehn verschiedenen Mischungen aus den verschiedenartigsten Fett- und Erdölpechen erwiesen worden, deren eine 50 Proz. Erdölpech, vier je 30, eine 25, drei je 20 und eine nur 10 Proz. Erdölpech enthielten. In jedem Falle konnte die Anwesenheit von Erdölpech mit Sicherheit nachgewiesen werden; 10 Proz. Erdölpech dürften sich nur in vereinzelt Fällen feststellen lassen, indessen genügt der Nachweis von 20 Proz. vollkommen, da geringere Mengen praktisch belanglos sind.

Handelt es sich um den Nachweis überwiegender Mengen von Erdölpech im Fettpech, so läßt sich in vielen Fällen das Prüfungsverfahren wesentlich vereinfachen, insofern eine Abscheidung der Fettsäuren dann nicht erforderlich ist. Es genügt, 10 g der Probe mit 100 ccm Äther am Rückflußkühler bis zur Lösung bzw. feinen Verteilung zu erwärmen und die Lösung nach Erkalten und Filtrieren mit 20 ccm der Quecksilberbromidlösung zu versetzen. Entsteht nach einigen Stunden ein brauner, flockiger, in Benzol löslicher Niederschlag, so war Erdölpech zugegen.

Steinkohlenteerpeche verhalten sich bei der Quecksilberbromidprobe wie Erdölpeche; sie werden aber Fettpechen kaum jemals zugesetzt und können leicht nach den bereits früher gegebenen Methoden gekennzeichnet werden, wie auch die Braunkohlenteerpeche mit Hilfe der Graefeschen Diazobenzolchloridprobe in Mischungen erkannt werden können.

Die Quecksilberbromidprobe eignet sich außer zur Ermittlung der Zusammensetzung der Heißwalzenmasse auch für die Untersuchung von Dachpappen, zu deren Herstellung nicht Steinkohlenteer, sondern Gemische von Fettdestillationsrückständen und Erdölpech als Imprägniermasse verwendet worden sind. Das Fehlen von Steinkohlenteer erkennt man mit Sicherheit durch erschöpfendes Ausziehen mit Benzol. Das ausgezogene Bitumen zeigt bei Vorhandensein von Fettpechen deren charakteristischen Geruch, liefert beim Erhitzen Akroleindämpfe und gibt außerdem eine beträchtliche Verseifungszahl. War neben Fettpech auch Erdölrückstand oder Naturasphalt vorhanden, so tritt die Quecksilberbromidreaktion positiv ein.

Fünfzehntes Kapitel.

Technische Prüfung und Untersuchung von Asphaltmaterialien.

Wir behandeln in diesem Kapitel jene technischen Prüfungs- und Untersuchungsmethoden, die für die Beurteilung gebrauchsfertiger Asphaltmaterialien in Anwendung sind, und richten uns bei der Einteilung des Stoffes nach dem Inhalt der Kapitel, die den technischen Teil dieses Werkes ausmachen.

1. und 2. Stampfasphalt und Gußasphalt.

Hier handelt es sich zunächst um die Untersuchung des Asphaltpulvers. Wichtig ist vor allem die Bestimmung des Bitumengehaltes.

Meunier¹⁾ empfiehlt zur Bestimmung des Bitumens die Extraktion von 10 g des gepulverten Materials mit 50 ccm Schwefelkohlenstoff durch 24stündiges Stehenlassen bei gewöhnlicher Temperatur, Filtrieren und Nachwaschen des Rückstandes durch einige Aufgüsse von je 10 ccm Schwefelstoff, bis das Filtrat farblos abläuft. Der Auszug wird in einem tarierten Porzellantiegel eingedampft, bei 100° getrocknet und gewogen.

Zweckmäßiger geschieht dies unter Verwendung von Schwefelkohlenstoff, Benzol, Chloroform u. dgl. in einem der üblichen Extraktionsapparate.

Bornemann²⁾ verfährt folgendermaßen: 1 bis 3 g der zweckmäßig möglichst fein zerriebenen Probe werden in einem Becherglas in etwas Aceton, Alkohol oder dergleichen mit Wasser mischbaren Flüssigkeiten verteilt, in welchen das Bitumen, je nach dem Wassergehalt der Flüssigkeiten, gar nicht oder nur unerheblich löslich ist. Sodann setzt man nach und nach konzentrierte Salzsäure hinzu, bis alles Calciumcarbonat in Lösung gegangen, d. h. keine Kohlensäureentwicklung mehr bemerkbar ist. Hierauf verdünnt man mit heißem Wasser, läßt absetzen, filtriert durch ein Filter, das vorher getrocknet und gewogen wurde, falls das Unlösliche (SiO₂ usw.) bestimmt werden soll, und wiederholt das Behandeln mit heißem Wasser, bis Silbernitrat in einer Probe der filtrierten Flüssigkeit nur noch eine schwache Reaktion erzeugt. Filter und Becherglas werden alsdann bei etwa 105° C getrocknet, sodann das an den Wandungen des Becherglases haften gebliebene Bitumen zweckmäßig mit Chloroform bzw. dem weniger flüchtigen Tetrachlorkohlenstoff gelöst, worauf man diese Lösung auf das Filter bringt und letzteres so lange mit dem angewandten Lösungsmittel auswäscht, bis das Filtrat ungefärbt

¹⁾ Compt. rend. **123**, 1327. — ²⁾ Chem.-Ztg. 1907, S. 500.

erscheint. Hierbei kann man das Auswaschen und Filtrieren beschleunigen, wenn das Filter öfters schnell getrocknet oder das trockene Filter in einem Soxhlet-Apparat extrahiert wird. Schließlich kann man auch so verfahren, daß man das Behandeln der Probe mit Salzsäure in einem Erlenmeyer-Kolben vornimmt, in den man nach dem Trocknen das getrocknete Filter bringt, um es darin am Rückflußkühler mit dem Lösungsmittel einige Zeit zu kochen, worauf man die Bitumenlösung filtriert und das Auskochen und Filtrieren so oft wiederholt, bis das Filtrat farblos erscheint.

Es gelingt so, den Aschegehalt auf etwa 0,05 Proz. zu reduzieren. Wenn man an Stelle von Chloroform als Lösungsmittel Tetrachlorkohlenstoff oder Benzol benutzt, so muß man den Rückstand noch mit Chloroform behandeln, wodurch noch ein Teil in Lösung geht. Dieser Anteil stellt eine dunkelbraune, durchscheinende, glänzende und nahezu aschefreie Masse, wie das reine Bitumen, dar, ist jedoch hart und nicht klebrig. Bornemann glaubt, daß es sich auf diese Weise feststellen läßt, ob ein Asphaltmehl nur aus reinem Asphaltstein besteht, oder ob es einen künstlichen Zusatz von Bitumen oder Goudron besitzt. Ein Asphaltstein von Eschershausen mit 6 Proz. Bitumen ergab nach der Behandlung mit Tetrachlorkohlenstoff nur 0,1 Proz. in Chloroform Lösliches, während in einer mit Trinidad epuré versetzten Probe 0,5 Proz. Chloroformlösliches enthalten war.

Nach demselben Autor¹⁾ kann man das Pulverisieren bitumenreicher Stampfasphaltmehle dadurch erleichtern, daß man das Produkt mit Alkohol oder einer ähnlichen, das Bitumen nur wenig lösenden Flüssigkeit übergießt und so lange zerreibt, bis es eine mehr oder minder steife Paste bildet, die dann unter Reiben zum Trocknen gebracht wird. Die Bestimmung des Bitumens geschieht in folgender Weise:

2 g des feinen Mehls werden in einem Becherglas (200 ccm Inhalt) mit etwa 2 ccm Alkohol durchfeuchtet und nach Zusatz von 10 ccm konzentrierter Salzsäure (1,12) öfters umgeschwenkt. Nach 10 bis 15 Minuten, d. h. sobald keine Kohlensäurebläschen mehr auftreten, setzt man etwa 50 ccm Wasser hinzu, läßt einige Minuten absetzen und dekantiert die Flüssigkeit durch ein (entfettetes) Filter (9 cm Durchmesser), durch welches zuvor ungefähr 1 g sehr fein verteilten Asbest enthaltendes Wasser filtriert worden ist; darauf wird die verbleibende Bitumenmasse auf das Filter gespült und durch Auf- und Einspritzen von etwa 100 ccm heißem Wasser weiterhin ausgewaschen. Trichter nebst Becherglas und Glasstäbchen werden, falls an ihnen etwas haften geblieben ist, bei 105 bis 110° 1 bis 1½ Stunden getrocknet und darauf mit etwa 75 ccm Chloroformalkohol (10:2) ausgelaut. Das zuerst erhaltene Filtrat wird zweckmäßig nochmals aufgegeben, und das die Bitumenlösung enthaltende Kölbchen dann in einen Soxhlet-Apparat gebracht, in den man das entsprechend zusammengefaltete und z. B. in einen kleinen Kugelfiltriertrichter eingelegte Filter einsetzt und bis zu farblosem Filtrat ausgelaut, wozu meist ein drei- bis viermaliges Abfließen der Flüssigkeit genügt. An Stelle eines Filters kann auch, besonders bei Betriebsanalysen, ein Asbestfilterrohr verwendet werden, wobei die in dem Becherglas befindliche Reaktionsmasse mit etwa 0,5 bis 1 g fein verteilten Asbest enthaltendem Wasser ver-

¹⁾ Chem.-Ztg. 1909, S. 1226.

mischt werden muß, um stets ein gut laufendes Filtrat zu erzielen. Ferner empfiehlt es sich, während des Trocknens des Rohres hin und wieder Luft hindurchzusaugen, um möglichst schnell und sicher alle Feuchtigkeit zu entfernen. Weiterhin wird das Trocknen des in einen Platintiegel eingebrachten Bitumens (dessen Aschegehalt nur ungefähr 0,3 Proz. und weniger beträgt, sofern unter Verwendung von genügend fein verteiltem Asbest filtriert und die Filtration unter Umständen mehrmals wiederholt wurde) beschleunigt und gesichert, wenn man den Tiegel schräg in den Trockenschrank einstellt und während des Trocknens häufiger dreht, um dem in der Hitze zähflüssigen Bitumen Gelegenheit zu geben, am Boden des Tiegels entlang zu fließen. Die Mitverwendung von Seesand leistet gleichfalls gute Dienste, doch wird die Beschleunigung des Trocknens durch die erforderlichen anderen zeitraubenden Manipulationen teilweise aufgehoben; sie ist aber immerhin zu empfehlen, weil dabei stets sichere Resultate erzielt werden.

Holde und Schäfer¹⁾ schlagen vor, an Stelle von Benzol Chloroform zur Extrahierung von Asphaltpulvern behufs Bestimmung des Asphaltgehalts zu verwenden. Aus der Lösung scheiden sich beim Stehen noch feste Niederschläge ab, teilweise heller Färbung, herrührend von anorganischen Bestandteilen; teilweise dunkeler Färbung, herrührend von unlöslich gewordenem, organischem Bitumen. Um die Bitumenlösung möglichst aschefrei zu erhalten, empfehlen sie gleichfalls ein Behandeln mit Salzsäure.

Prettner²⁾ verfährt wie folgt: 2 g (bei mehr als 20 Proz. Bitumen besser nur 1 g) des gepulverten, bei 105° getrockneten Asphalts werden in einen 150 ccm fassenden Erlenmeyer-Kolben gebracht. In den schräg gestellten Kolben läßt man allmählich in drei bis vier Portionen von je 15 ccm Äthersalzsäure zufließen und rührt das Gemenge mit einem unten spatelartig abgeflachten Glasstab 8 bis 10 Minuten gut durch. Eine Zugabe von 5 ccm Äther deckt die durch das Entweichen der Kohlensäure verursachten Verluste an diesem Lösungsmittel. Durch Zutropfen von 10 bis 15 ccm Wasser belebt und beendet man unter stetem Digerieren die Zersetzung. In den fortwährend schräg gehaltenen Kolben (man lehnt ihn zweckmäßig an einen Winkel innerhalb eines zum Dreieck gebogenen, etwa 6 cm breiten Blechstreifens) spritzt man sodann 40 bis 50 ccm heißes Wasser ein, wodurch der Äther größtenteils entweicht. Der Rest desselben kann durch Einstellen in heißes Wasser rasch vertrieben werden. Man kühlt nun im fließenden Wasser ab und filtriert die Lösung der anorganischen Stoffe in der Weise ab, daß das erstarrte Bitumen, soweit es nicht schon an der Kolbenwandung festhaftet, mit entsprechend quer gehaltenem Glasstab für etwaige spätere Untersuchung im Erlenmeyer-Kolben zurückgehalten wird. Hatte man, was sehr wesentlich ist, wie verlangt, 8 bis 10 Minuten mit Äthersalzsäure gut durchgerührt, so ist eine nochmalige Behandlung des Bitumens damit überflüssig, und es genügt, den Kolbeninhalt sowie das Filter zwei- bis dreimal mit sehr verdünnter Salzsäure zu spülen. Im klaren Filtrat nimmt man die übliche Bestimmung der Schwefelsäure vor. Die Äthersalzsäure stellt man in der Weise her, daß man 200 ccm Salzsäure, 1,19, allmählich und unter fortwährendem Schütteln bei Wasserkühlung mit Äther sättigt, wovon etwa 300 ccm erforderlich sind.

¹⁾ Chem.-Ztg. 1906, S. 437. — ²⁾ Ebend. 1909, S. 918 u. 919.

Der nicht an Kalk gebundene Schwefel oder Bitumenschwefel des Asphaltmaterials wird durch Oxydation von feingepulvertem Asphalt mit Natriumsuperoxyd in Schwefelsäure übergeführt und das Natriumsulfat in der Schmelze bestimmt. Die Menge des gefundenen Gesamtschwefels, vermindert um den Schwefel, der in den anorganischen Bestandteilen (Gips) enthalten ist, ergibt die Menge des Bitumenschwefels. Am gleichen Ort sind auch Analysen über Bitumengehalt, Schwefelgehalt und Gipsgehalt verschiedener Asphaltsteine sowie eine Schnellmethode zur Bitumenbestimmung in Asphaltmaterialien angegeben¹⁾.

In ganz der gleichen Weise geschieht auch die Bestimmung des Bitumengehaltes sowie die Analyse bei Gußasphaltprodukten.

Die mechanische Prüfung der Stampf- und Gußasphalte auf ihre Güte erstreckt sich in der Regel auf die Bestimmung der Druck- und Zugfestigkeit bei verschiedenen Temperaturen. Nach Rankine²⁾ hat man die Güte des Asphalts schon früher in England auf die Weise bestimmt, daß man eine Eisenspitze, viereckig-pyramidal zulaufend, aber abgestumpft, bei einer Belastung von etwa 30 kg und einer Temperatur von 27° C auf die Versuchsplatten wirken ließ; in Stampfasphalt soll dieselbe etwa 8 mm, in Gußasphalt etwa 5 mm eindringen, während der Eindruck, den sie auf Surrogate ausübt, bedeutend geringer ist.

Nach den „Mitteilungen der Königl. Technischen Versuchsanstalten“³⁾ werden zur Bestimmung der Druckfestigkeit Platten von 12,5 × 12,5 cm bei 5 cm Dicke hergestellt. Da es wünschenswert ist, die Erwärmung oder Abkühlung oberflächlich und nur einseitig — entsprechend der Bestrahlung der Straßenfläche durch die Sonne oder der Abkühlung durch eine Eis- und Schneeschicht — eintreten zu lassen, legt man die quadratischen Platten in starkwandige Holzkästen, so daß nur die Oberfläche (Straßendecke) frei bleibt, und füllt den Zwischenraum zwischen Asphalt und Holz gut mit Asbest aus. Die Erwärmung auf +18, +40 und +80° erfolgt im Dampfschrank mit Wärmereregulator, die Abkühlung auf — 15° in einem mittels Lindescher Eismaschine gekühlten Schrank von annähernd konstanter Temperatur. Nach Vorversuchen genügt es, wenn die Erwärmung oder Abkühlung 3 Stunden lang fortgesetzt wird.

Die Probestücke werden ohne Aufenthalt mit den sie umgebenden Holzrahmen in den Druckapparat gebracht, und die Zeit der Belastung bis zum Bruch dauert höchstens 5 Minuten, so daß also während der Versuchszeit eine merkliche Abkühlung der Oberfläche nicht eintreten kann.

Zur Ausführung des Druckversuches dient die Amsler-Laffonsche Presse, auf deren im Kugellager bewegliche Druckplatte die im Holzkasten befindliche Platte gelegt wird; auf die freiliegende Oberfläche derselben setzt man einen scharfkantigen Stahlzylinder von 4,2 cm Durchmesser (13,85 qcm Querschnitt) und 3 cm Höhe und belastet nun zunächst so weit, bis sich ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche der Platte zeigt, notiert den Druck und setzt den Versuch fort, bis Rißbildung eintritt, was man am Fallen des Manometers erkennt.

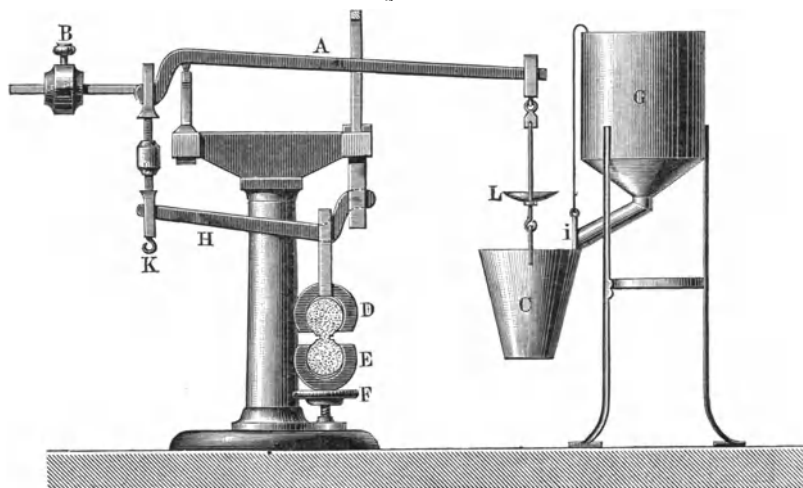
¹⁾ Vgl. Chem.-Ztg. 1909, S. 926. — ²⁾ Vgl. Dietrich, Asphaltstraßen, S. 60.
— ³⁾ 1896, S. 69.

Vergleichsweise führen wir hier die Zahlen an, welche die Königlichen Versuchsanstalten bei der Untersuchung zweier Asphaltplatten aus künstlichem (Steinkohlenteer), komprimiertem Asphalt gegenüber einer unter gleichen Druckverhältnissen aus sizilianischem Asphalt hergestellten Platte erzielt haben.

Wärme beim Versuch	Kunstasphaltsteine A		Kunstasphaltsteine B		Naturasphaltsteine C	
	Spezifischer Druck		Spezifischer Druck		Spezifischer Druck	
	bei welchem ein merk- licher Ein- druck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Riß- bildung sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem ein merk- licher Ein- druck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Riß- bildung sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem ein merk- licher Ein- druck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Riß- bildung sichtbar wurde kg/qcm
− 15° C . . .	158	391	159	403	53	111
+ 18° C . . .	45	127	38	67	21	32
40° C . . .	38	95	22	44	9	19
80° C . . .	25	54	19	27	9	13

Hiernach könnte es auffallend erscheinen, daß ein aus künstlichem Material hergestellter Stampfasphalt den aus natürlichem Gestein erzeugten Platten in bezug auf Druckfestigkeit bedeutend überlegen ist. Dies ist indessen nur ein scheinbarer Vorteil; man weiß, daß künstliche, aus Stein- oder Braun-

Fig. 238.



Zugfestigkeitsapparat.

kohlenteerpech mit einem mineralischen Füllstoff hergestellte Asphalte bei ziemlich rascher Steigerung der Belastung ganz wie spröde Gesteine sich verhalten und unter Krachen in parallele Stücke zerplatzen, während natürlicher, sowohl Stampf- wie Gußasphalt, unter Ausbauchen, Bersten und Spalten zerfließt, und zwar von einem um so niedrigeren Punkt an, je besser die

Bruchflächenbeschaffenheit, Gewicht, Dichtigkeitsgrad und Abnutzung.

Bezeichnung des Materials	Bruchflächenbeschaffenheit			Raumgewicht ¹	Spez. Gewicht ²	Dichtigkeitsgrad d	Undichtigkeitsgrad n	Abnutzung (Verlust über den Sandstrahl)	
	Gefüge	Bruch	Farbe					Gramm	Materialverlust in ccm/qcm
Sizilianischer Asphalt	{ gleichmäßig, schwach, feinporig, kleinkörnig } { gleichmäßig, schwach, feinporig, kleinkörnig } { gleichmäßig, schwach, feinporig, etwas körnig }	unebenendig	tief graubraun	1,855	2,331	0,796	0,204	10,1	5,4
Limmer-Vorwohler Asphalt		unebenendig	tief dunkelgrau	2,061	2,278	0,905	0,095	10,2	4,9
Tektolith-Kunstasphalt		unebenkörnig	schwarz	1,954	2,203	0,887	0,125	19,2	9,8	0,35

betreffende Asphaltorte sich für Straßenpflaster eignet. Das geht auch aus der auf S. 455 folgenden Tabelle von Hauenschild hervor.

Die Druckfestigkeit von Asphaltplatten wird durch Druckversuche mit belasteten Stahlstempeln ermittelt. Nach den Untersuchungen des Königl. Materialprüfungsamtes hat sich dabei ergeben, daß die Größe der Druckfläche von Einfluß auf das Ergebnis des Druckversuches ist. Je größer die Druckfläche ist, um so geringer fallen die spezifischen Werte für den Widerstand gegen Eindrücke aus. Die Form der Druckfläche ist jedoch ohne wesentlichen Einfluß auf das Ergebnis des Eindruckversuches. Untersuchte Platten aus sizilianischem Asphalt, Limmer-Vorwohler Asphalt und Tektolith-Kunstasphalt ergaben eine Druckfestigkeit von 35,87 und 62 kg pro Quadratcentimeter. Die sonstigen Untersuchungsergebnisse dieser Platten waren die in der nebenstehenden Tabelle angegebenen.

Die Zugfestigkeit des Stampf- und Gußasphalts läßt sich mit Hilfe von Frühlings Maschine zur Prüfung der Zugfestigkeit des Zements bestimmen. Die Maschine, deren Konstruktion Fig. 238 zeigt, besteht aus einer massiven, gußeisernen Säule von 375 mm Höhe, welche als Träger für die beiden Hebel *A* und *H* dient, die durch Vermittelung der Zugstange *K* eine Quinquagesimalwage bilden. Der an der Klaue *D* wirkende Widerstand von vertikalen Zugkräften wird also durch $\frac{1}{50}$ des Gewichtswertes an der Wagschale *L*

oder dem Eimer *C* ausgeglichen. Die Schneiden des oberen Hebels *A* sind in Maßverhältnissen 1:10 an demselben verteilt, die des unteren Hebels *H* im Verhältnis 1:5. Die an dem Haken *K* aufgehängten Lasten können also durch Gewichte auf der Schale *L* wie mit einer Dezimalwage gewogen werden. Die Lagerpfannen, Schneiden und Gehänge sind ähnlich wie an den Präzisionswagen konstruiert. Die obere Klaue *D* zur Aufnahme des Probeobjektes ist auf einem Stahldorn leicht beweglich aufgehängt; die untere *E* erhält ihre Beweglichkeit durch ein Kugelgelenk. Das Gewicht *B*, welches auf einer zylindrischen Verlängerung des oberen Hebels *A* verschiebbar ist, dient zur Herstellung des genauen Gleichgewichtes des Hebelsystems nach Aufhängung der oberen Klaue *D* und des Doppelhakens mit der Wagschale *L*. Der zum Zerreißen des Probeobjektes dienende Bleischrot befindet sich in dem Blechgefäß *G*, dessen Auslauf mit dem regulierbaren federnden Schieber *i* versehen ist, um die Bleischrote nach Belieben rascher oder langsamer austreten zu lassen, und sich automatisch schließt, wenn ein Zerreißen des Probeobjektes eingetreten ist.

Asphaltprobe	Druckfestigkeit bei 8° C pro 1 qcm	Zugfestigkeit in kg pro qcm	Eindring. d. Eisen- spitze n. Rankine bei 27° C mm
Stampfasphalt, Val de Travers, frisch . . .	bei 52 kg unter Bersten zerfließend	26,5	6—7
Gestampfter Berliner Straßenasphalt	bei 93 kg unter Spalten zerfließend	30,0	7—8
Berliner Trottoirasphalt (Guß) Limmer . .	bei 65 kg bröckelnd zer- fließend	24,38	5—6
Künstl. Asphalt aus Steinkohlenpech, alter Stallbelag (Guß)	bei 148 kg unter Krach brechend	29,0	1—2
I. Ungar. Naturasphalt coulé, normal . . .	bei 108 kg bröckelnd zer- fließend	25,2	4—5
II. Ungar. Naturasphalt coulé, stark überhitzt	bei 109 kg rasch berstend	36,75	2—3
III. Ungar. Naturasphalt coulé, stark überhitzt	bei 112 kg rasch berstend	36,75	4—4,5

Zur Prüfung selbst fertigt man sich mit Hilfe der dem Apparat beigegebenen Formen durch Gießen der geschmolzenen Asphaltmasse oder durch Pressen des Stampfasphaltpulvers bei dem in Frage kommenden Druck Versuchsobjekte von der aus der Zeichnung ersichtlichen Form, welche in die Klauen möglichst symmetrisch eingeschoben werden. Dann wird die untere Klaue durch das Stellrad *F* so weit nach unten gezogen, daß das Probeobjekt an den inneren Flächen der Klaue fest anliegt und der nur mit dem Eimer *C* belastete Hebel *A* ein wenig höher als in horizontale Lage kommt. Man öffnet nun durch Anziehen der Schnur den Auslauf *i* des passend über dem Eimer aufgestellten Schrotgefäßes und läßt den Inhalt bis zum Bruche der Probe abfließen. Der kleinste Querschnitt der Normalform ist 5 qcm. Wägt man also den Eimer mit Schrot jetzt an dem Haken *K* durch Gewichte auf der Schale *L*, so erhält man durch $\frac{1}{10}$ der Anzahl Gramme, welche beim Aus-

wiegen erforderlich waren, den Ausdruck der absoluten Festigkeit in Kilogrammen für 1 qcm des Probeobjektes.

Nach Hauenschild¹⁾ läßt sich die Bestimmung der Zugfestigkeit natürlicher Asphalte nur bei höchstens 8° C, und zwar bei rasch steigender Belastung ausführen. Die Tabelle auf S. 455, welche gleichzeitig die Druckfestigkeit sowie die von Rankine mitgeteilte englische Druckprobe berücksichtigt, zeigt die Ergebnisse einer Reihe von Prüfungen an verschiedenen Stampf- und Gußasphaltproben.

Man ersieht aus dieser Tabelle, wie zweifelhaft der Wert derartiger Prüfungen ist; an einer wirklich zuverlässigen, mechanisch-technischen Prüfungsmethode der Stampf- und Gußasphalte, welche neben der Druck- und Zugfestigkeit auch die Haltbarkeit bzw. Abnutzbarkeit des Materials berücksichtigt, fehlt es zurzeit noch ganz und gar.

Weitere Prüfungsmethoden für Stampfasphalt finden sich in „Asphalt- und Teerindustrie-Ztg.“ 1912, S. 259.

3. Prüfung von fertigen Mischungen zum Bau von Walzasphaltstraßen.

Die Prüfung geschieht zur Kontrolle des Betriebes sowohl, als auch zur Verhütung von Mißerfolgen und Feststellung des Grundes bei solchen. Sie kann sowohl am fertigen Material, wie es zum Bau der Straßen dient, als auch an ausgeschlagenen Stücken aus der Straße selbst vorgenommen werden. Einer der wichtigsten Punkte ist naturgemäß die Bestimmung des Bitumens. Sie geschieht in folgender Weise:

Ein Trichter von 6 cm Durchmesser mit kurzem Rohr und einem Filter von Schleicher u. Schüll von 9 cm Durchmesser, Papier Nr. 597, wird auf einen Erlenmeyer-Kolben von 250 ccm gesetzt. Dann bringt man 10 g der zu untersuchenden Mischung auf das Filter und bläst aus einer Spritzflasche etwas Schwefelkohlenstoff auf das Material, nicht mehr als nötig ist, um es aufzuweichen, läßt einige Zeit ziehen und spült mit Schwefelkohlenstoff nach. Dann wäscht man aus, bis der Schwefelkohlenstoff farblos abläuft, läßt die Schwefelkohlenstofflösung über Nacht absetzen, gießt vorsichtig ab und bringt den Rückstand durch Spülen mit Schwefelkohlenstoff mit aufs Filter. Darauf wird das Filter getrocknet, und nach Entfernen der Mineralbestandteile verascht. Das Gewicht des Ascherückstandes, abzüglich des der Asche des Filters, wird den mineralischen Bestandteilen zugezählt, die nach vollständigem Trocknen gewogen werden. Die Differenz der Gewichte der mineralischen Bestandteile und des angewendeten Materials gibt die Menge des Bitumens bis auf $\frac{1}{10}$ Proz. genau an. In Laboratorien, in denen viele Untersuchungen auszuführen sind, bedient man sich zur Extraktion der Zentrifugen, einer Arbeitsweise, die von Clifford Richardson²⁾ beschrieben wird.

Ein zweiter, sehr wichtiger Punkt ist das Klassieren der Mineralbestandteile. Dies geschieht, nachdem sie gewogen worden sind, mit Hilfe der bereits früher (S. 217) beschriebenen Siebe in genau derselben Weise, wie bei den größeren Proben. Diese Methode ist natürlich nicht auf Asphaltmakadam anwendbar, sondern nur für Sandasphaltmischungen geeignet, wie

¹⁾ Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg., Dezember 1881. — ²⁾ a. a. O., S. 570.

sie für die Tragfläche der obersten Schicht verwendet werden. Bei der Prüfung von Asphaltmakadam hängt es von der Größe der Mineralbestandteile ab, wieviel Material zur Untersuchung genommen werden soll. Von Asphaltblöcken, deren größte Bestandteile kaum über 10 mm stark sind, genügen 300 g. Sind die größten Steine im Asphaltmakadam im Durchmesser von 12 bis 18 mm, so nimmt man 500 g, sind sie aber $2\frac{1}{2}$ cm groß, so nimmt man 1000 g zur Untersuchung. Das Material wird in ein Metallgefäß gebracht, mit Schwefelkohlenstoff bedeckt und zwei Stunden stehen gelassen; dann wird

Fig. 239.



Maschensiebe

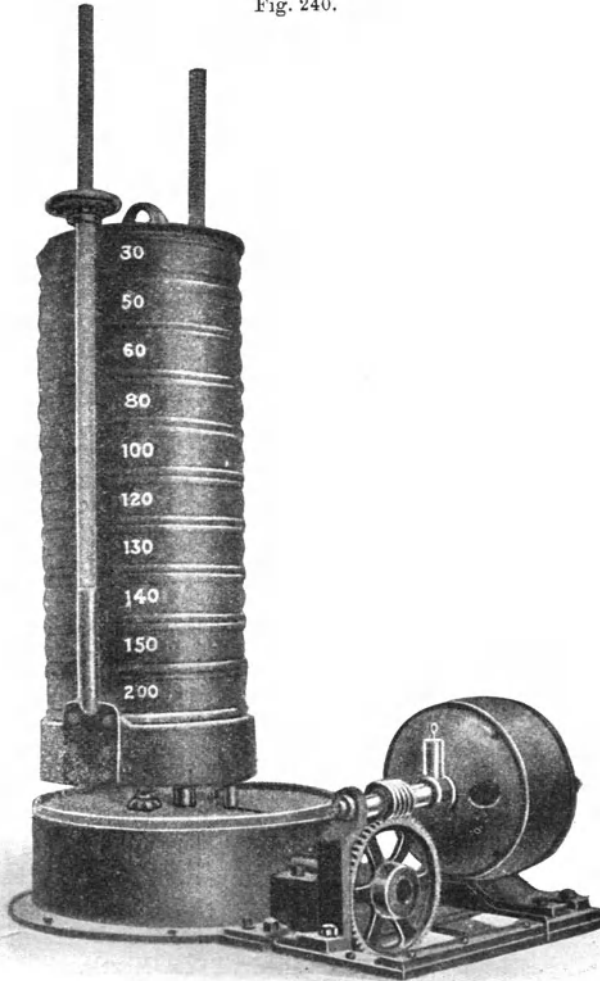
die Lösung vorsichtig abgossen und die Auswaschung so lange fortgesetzt, bis der abgelaufene Schwefelkohlenstoff klar ist. Was sich aus der Lösung noch abscheiden sollte, wird nach längerem Stehen vorsichtig durch Dekantieren von der Lösung getrennt, ausgewaschen und in einen Platin- oder Porzellantiegel gebracht, getrocknet und gewogen. Der Rückstand von der Extraktion der Hauptmasse wird durch Trocknen vom Schwefelkohlenstoff befreit, gewogen und durch Siebe in der gewöhnlichen Weise klassiert.

Zur Untersuchung des Sandes und der Steine bedient man sich verschiedener Siebe, deren Nummern parallel mit der Maschenzahl pro Zoll laufen. Die Maschenzahl schwankt zwischen 200 und 10 Maschen pro Zoll = 2,6 cm.

Maschenzahl		Maschenzahl	
pro Zoll	pro Zentimeter	pro Zoll	pro Zentimeter
200	77	40	16
100	39	30	12
80	31	20	8
50	20	10	4

Die Siebe sind derartig ineinandergesetzt, daß das größte Sieb den geringsten, das feinste den größten Durchmesser hat. Man geht von einer bestimmten Menge Sand aus, etwa 100 g, die auf einer bis auf $\frac{1}{2}$ g empfindlichen Wage gewogen wird, so daß die einzelnen Mengen in Grammen gleich die Prozente angeben. Das Material wird dann in den Siebsatz

Fig. 240.



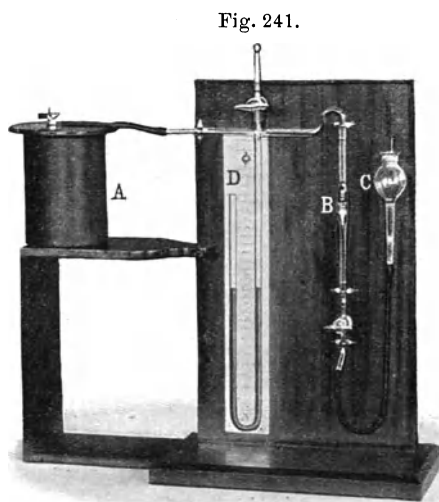
Maschensieber mit mechanischem Antrieb.

gegeben und so lange geschüttelt, bis aus dem feinsten Siebe nichts weiter herausfällt. Durch Stoß oder Anschlagen sorgt man von Zeit zu Zeit dafür, daß Körnchen, die sich in die Maschen geklemmt haben, mit hindurchgehen, und die Siebflächen freibleiben. Unter das feinste Sieb bringt man ein Stück glattes Papier zum Auffangen des feinen Staubes. Das Schütteln geschieht bei kleinen Siebsätzen (Fig. 239) per Hand, bei größeren durch besondere Maschinen (vgl. Fig. 240), die das Schütteln mechanisch ausführen. In vielen Fällen, wenn sehr feines oder lehmhaltiges Material vorhanden ist, empfiehlt es sich,

zunächst alles auf das feine Sieb zu bringen, damit die größeren Sandkörner das feine Material erst zerreiben und es leichter das feine Sieb passiert. Den Rückstand aus dem feinen Siebe bringt man darauf in einen Siebsatz auf das gröbste Sieb und verfährt wie gewöhnlich.

Das aus dem Makadam extrahierte Bitumen kann nach Verjagen des Lösungsmittels auf seine Eigenschaften geprüft werden, wie Schmelzpunkt, Penetration, Duktilität, Paraffingehalt u. dgl. Wichtig ist die Verwendung eines möglichst niedrig siedenden Lösungsmittels, z. B. Schwefelkohlenstoff, das vor der weiteren Prüfung des Asphalts gänzlich abgetrieben werden kann, da geringe Mengen desselben den Schmelzpunkt, die Penetration und Duktilität schon außerordentlich beeinflussen; ebenso daß nicht infolge notwendig werdender hoher Temperatur beim Abtreiben des Lösungsmittels Öle, die zum Weichermachen (Fluxen) dem Asphalt zugesetzt wurden, mit verjagt werden.

Für die Bestimmung der Hohlräume in Stein- und Sandmischungen für Walzasphaltstraßen hat Graefe ein Volumenometer konstruiert, das aus einem Blechgefäß (A) von 1 Liter Inhalt mit luftdicht aufgeschliffenem Deckel besteht, sowie aus einer Pipette von 5 ccm (B) Inhalt und einem kleinen Niveaugefäß (C). Es beruht auf der Messung des Unterdruckes, der beim Absaugen von 5 ccm Luft aus dem Blechgefäß entsteht. Je geringer der Luftinhalt des Gefäßes ist, um so höher muß der Unterdruck sein, der auf einer Skala abgelesen wird, die hinter einem mit Wasser gefüllten Manometer (D) angebracht ist. Da das



Volumenometer.

Produkt aus Druck mal Volumen konstant ist, so läßt sich aus dem bei Vermehrung des unbekanntes Luftvolumens um 5 ccm entstehenden Unterdruck dieses Luftvolumen selbst berechnen. Während der Unterdruck im Manometer bei leerem Gefäß und einer Vergrößerung des Volumens von 5 ccm 5 cm Wassersäule beträgt, steigt er bei 50 Proz. Volumen der Steinmischung auf 10 cm und bei nur 25 Proz. Volumen auf 20 cm. Die Konstruktion des Volumenometers ist aus Fig. 241 ersichtlich.

Eingehend sind die Prüfungsmethoden für Asphaltblocksteine ausgearbeitet worden, da man es hier mit einem fertigen Produkt zu tun hat, das nicht von einer nachträglichen Fertigstellung, wie Asphaltmakadam oder Walzasphalt abhängig ist, und da ferner an das Material schon für den Transport hohe Anforderungen gestellt werden.

Die Prüfungsmethoden umfassen Bruchfestigkeits-, Abnutzungs- und Stoßfestigkeitsprüfungen, während von den übrigen die wichtigste die Bestimmung des Bitumens ist.

Der Bruchversuch wird wie folgt ausgeführt: Der Block wird mit der größten Fläche nach oben auf zwei seitliche Halter aufgesetzt. Diese Halter sind gleich weit von der Mitte des Blockes entfernt, und der Druck wird in der Mitte ausgeübt, längs einer geraden Linie quer über die ganze Fläche des Blockes. Wenn das keilförmig geformte Stück Gußeisen, das man als Druckkörper benutzt, auf den Block niederdrückt, wird der zur Herbeiführung des Bruches nötige Kraftaufwand automatisch angezeigt. Es mag hierbei gleich bemerkt werden, daß derjenige Block, der bei diesem Versuche den höchsten Wert ergibt, durchaus nicht der beste sein muß, denn ein mit einem außerordentlich harten Bitumen hergestellter Block ergibt einen höheren Wert als ein mit einem Zement von größerer Schmiegsamkeit fabrizierter, eine Eigenschaft, die besonders wünschenswert für ein Bindematerial ist. Der bei diesem Versuch erzielte Wert ist als Bruchmodul bekannt.

Wenn es verlangt wird, den Versuch bei einer anderen als der gewöhnlichen Temperatur auszuführen, so kann dies unter Wasser geschehen, das auf die gewünschte Temperatur erwärmt oder abgekühlt ist.

Der Stoßversuch soll sich möglichst naturgetreu an die Stöße des Verkehrs anlehnen. Der Block wird fest auf eine Zementunterlage aufgelegt und der Stoß durch einen Kolben mit halbkugelförmigem Ende übertragen, der im Mittelpunkt der größten Fläche des Blockes aufsitzt. Der Block ist so eingerichtet, daß das halbkugelförmige Ende des Kolbens durch zwei Spiralfedern auf ihn gepreßt wird, die um die Führungsstange des Kolbens gelegt sind. Der Schlag selbst wird durch einen Hammer im Gewicht von 2 kg bewirkt, der durch ein Seil und eine Rolle gehoben und automatisch ausgelöst wird. Die Fallhöhe für den ersten Schlag beträgt 1 cm und steigt dann von Schlag zu Schlag je um 1 cm bis zum Bruch des Blockes. Die Anzahl Stöße, die nötig ist, um den Block zu zerbrechen, gibt den Maßstab für die Zähigkeit. Dieser Versuch läßt sich sehr leicht und fast bei jeder nur gewünschten Temperatur ausführen. Zuerst wurde er zur Prüfung von Steinen durch L. W. Page, den Direktor der U. S. Office für öffentliche Wege, ausgeführt.

Der Abnutzungsversuch hat den Einfluß des Zuges und Druckes nachzuahmen, den Pferdehufe und Wagenräder auf eine Pflasterung ausüben. Zur Ausführung werden zunächst 18 bis 20 Blocks in ein eisernes Schüttelgefäß, das drehbar angeordnet ist, in entsprechender Anordnung eng verkeilt, so daß sie sich nicht bewegen können und eine ebene Oberfläche bilden. Dann wird eine Ladung Schrot von etwa 11 kg in das Schüttelgefäß gegeben, bestehend aus gußeisernen Würfeln von 6,5 cm Seitenlänge, die mit scharfen Kanten versehen sind und ein Gewicht von je etwa 2 kg haben. Nachdem der Deckel des Schüttelgefäßes geschlossen ist, wird dasselbe mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit von 37 Umdrehungen pro Minute, die auf einem Zifferblatt automatisch angezeigt werden, in Bewegung gesetzt. Ein Versuch besteht aus 10 000 Umdrehungen.

Die Blocks werden vor und nach dem Versuch gewogen, der Gewichtsverlust in Prozente umgerechnet und der Durchschnittsverlust eingetragen. Dieser Versuch kann fast bei jeder wünschenswerten Temperatur ausgeführt werden, wenn in das Schüttelgefäß ein kleiner Ammoniakkühler eingebaut ist, der zur Erniedrigung der Temperatur benutzt werden kann.

Bei mehr als 30 verschiedenen Versuchen, die von Hottel mit Blocks aus Trinidadasphalt Bermudezasphalt, Gilsonit und Bermudezasphalt und Kaliforniapech angestellt wurden, ergab sich ein durchschnittlicher Verlust von 8,7 Proz. Der Höchstverlust bei einem Satz Blocks war 10,98 Proz., der Mindestverlust eines Satzes 7,02 Proz.

Der Bitumengehalt wird durch Extraktion mit kaltem Schwefelkohlenstoff oder heißem Benzol ermittelt. Die Extraktion mit Schwefelkohlenstoff geschieht an einigen 100 g der zerkleinerten Mischung in einem kegelförmigen, zweiteiligen Bronzegefäß, dessen eine Hälfte, die zur Aufnahme des Materials dient, von der zweiten Hälfte durch eine Filzscheibe getrennt wird, die als Filter bestimmt ist. Nach dem Einfüllen des Materials bringt man Schwefelkohlenstoff durch eine Öffnung an der Spitze des Gefäßes ein und hängt das Gefäß in eine kleine Zentrifuge von außerordentlich hoher Geschwindigkeit, wobei die Lösung durch den Filzring abfiltriert. Der Vorgang wird so lange wiederholt, bis die Lösung klar und ungefärbt abfließt.

Zur Bestimmung der Dichtigkeit der mineralischen Beimengungen wird entweder Jacksons oder Le Chatéliers Apparat benutzt, die gleichen, die auch zur Prüfung der Dichtigkeit von Zementen gebraucht werden. Die mineralischen Beimengungen haben verschiedene Siebe zu passieren, um zu bestimmen, ob sie vorschriftsmäßig gradiert waren, und dies vervollständigt die Analyse der Asphaltblocks.

Aus der Menge des Bitumens, der Dichtigkeit des Blocks und der Dichtigkeit der mineralischen Beimengungen lassen sich die Hohlräume in der Masse berechnen.

Einige der besseren Sorten Blocks haben kaum mehr als 1 Proz. Lücken, was bekundet, daß die Mineralteile vollständig mit Asphalt überzogen sind und daß genug Füllmaterial zugefügt wurde, um einen kompakten Block zu erhalten.

Die Analyse eines Blockes sei hierunter angefügt:

Größe	31,2 × 13 × 7,8 cm
Gewicht in Luft	7,00 kg
„ „ Wasser	4,2 „
Spezifisches Gewicht	2,5
Lücken	2,3 Proz.
Aussehen des Blockes	kompakt
Stoßfestigkeit bei 25° C	46
Bitumen	7,3 Proz.

Mineralbestandteile:

200 Msch.	17,1 Proz.	30 Msch.	1,7 Proz.
100 „	6,3 „	20 „	6,3 „
80 „	4 „	10 „	12 „
50 „	4 „	8 „	8 „
40 „	3,3 „	4 „	28 „

Rückstand in 4 Msch. 2 Proz.

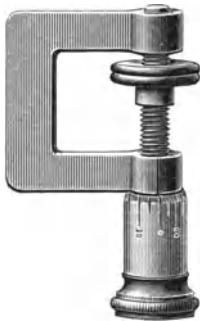
Spezifisches Gewicht der Mineralteile	2,92
Charakter der Mineralteile	{ enthalten aus-
	{ gewetete Steine
Penetration des Asphaltzementes	30
Dehnbarkeit des Asphaltzementes	15 cm
Durchschnittsverlust im Schüttelgefäß	7,5 Proz.

4. Dachpappen, Isolierplatten usw.

Die chemische Untersuchung der Dachpappen, Isolierplatten usw. hat Aufschluß zu geben über das Mengenverhältnis zwischen Asphalt und den übrigen Rohmaterialien sowie über die Natur und Beschaffenheit derselben.

Durch Extraktion mit Benzol oder Schwefelkohlenstoff entzieht man dem (bei Dachpappen und Isolierplatten) in Streifen geschnittenen Material den Asphalt, Steinkohlenteer usw., dessen Menge man nach Abtreiben des Lösungsmittels aus dem Filtrat im Dampfstrom ermitteln kann. Die Natur des verwendeten Bitumens erfährt man aus der Untersuchung des Extraktes nach den im vorigen Kapitel gegebenen Methoden. Der Rückstand besteht aus der Rohpappe, dem Filz, Sand, Kies und dem Füllmaterial, die sich auf mechanischem Wege trennen und bestimmen lassen. Dabei behält die Rohpappe ihre Form bei, während Asphaltfilz (bei Isolierplatten) in die Fasern

Fig. 242.



Dickenmesser.

Fig. 243.



Mikrometer.

zerfällt; die Qualität dieser Rohmaterialien kann nach den im zehnten Kapitel gegebenen Gesichtspunkten festgestellt werden.

Die technische Prüfung dieser Materialien erstreckt sich auf die Bestimmung der Dicke, der Zug- und Druckfestigkeit, sowie des Wasser- und Wärmedurchlässigkeitsvermögens.

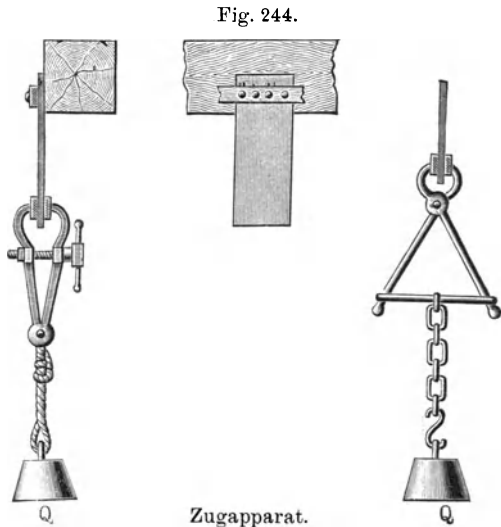
Zur Ermittlung der Dicke bedient man sich der bekannten Dickenmesser mit Mikrometerschraube (Fig. 242) mit einer Vorrichtung zum Ablesen der Umdrehungen als Mittel zur Bestimmung der Dicke. Durch eine Reibungskuppelung ist bei diesem Apparat dafür Sorge getragen, daß die Schraube immer mit gleichem, nicht überschreitbarem Druck angepreßt wird. Sehr geeignet für diesen Zweck ist auch das Schoppersche Mikrometer, bei dem die Dicke an einer kreisförmigen Skala in Hundertstel Millimeter abgelesen werden kann. Der auf einem festen Stativ montierte Apparat (Fig. 243) besteht aus einer Trommel *A*, welche sich durch einen Drücker *d* heben und senken läßt, so daß sich der zu messende Gegenstand leicht unter den Stempel schieben läßt. Beim Senken der Trommel läßt der Zeiger an der Trommel die Dicke ablesen.

Bei der Bestimmung der Zugfestigkeit erfährt man zu gleicher Zeit auch den Dehnbarkeitskoeffizienten, welcher namentlich bei der Prüfung der Isolierplatten von Wichtigkeit ist. Einen ganz rohen Apparat

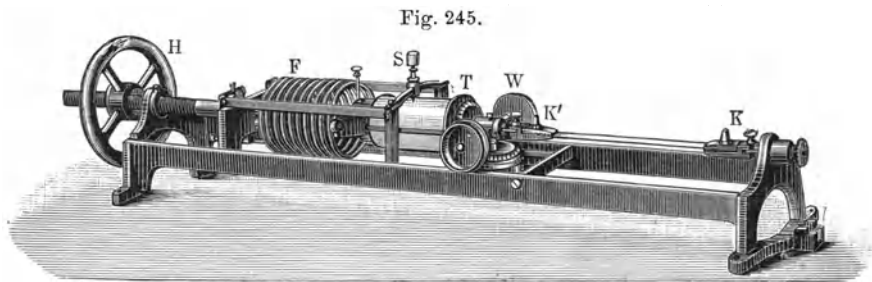
für derartige Bestimmungen haben Büsscher und Hoffmann¹⁾ angegeben, der aus Fig. 244 ohne weiteres verständlich ist. Für genauere Bestimmungen dient besser ein nach Art der selbstregistrierenden Papierprüfer von Lenner gebauter Apparat, dessen Feder aber für eine Belastung von etwa 350 kg berechnet sein muß, so daß Streifen von 50 cm Länge und 10 bis 20 cm Breite eingespannt werden können. Fig. 245 zeigt die Konstruktion dieses Apparates.

Der Versuchsstreifen wird außerhalb des Apparates auf einem Hilfsapparat in die beiden Klemmen *K* und *K'* eingespannt, indem die eine Klemme an einem Stift aufgehängt, während die andere bis zu einem festen Anschlag zurückgezogen wird, der so weit entfernt ist, daß der eben straff gespannte Versuchsstreifen die normale Länge besitzt. Alsdann werden die Klemmen mit den Streifen mittelst Stifte in den Apparat eingesetzt, die eine (*K*) unverschiebbar an das eiserne Gestell desselben, die andere (*K'*) an den beweglichen Wagen *W*. Zur Erzielung des Diagrammes wird die Trommel *T* mit Papier bespannt und der Schreibstift *S* eingesetzt.

Nun wird durch Drehen des Handrades *H* die Feder *F* durch Vermittelung der mit Gewinde versehenen Zugstange gespannt; entsprechend der



Zugapparat.

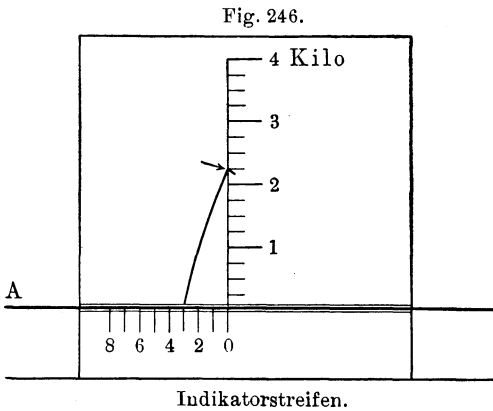


Papierprüfer.

Strecke, um welche die Feder ausgezogen wird, entfernt sich der Schreibstift von seiner Anfangsstellung, während das Zurückweichen des Wagens *W* infolge der Drehung des Versuchsstreifens eine durch zwei Kegelräder und ein Stahlband vermittelte Drehung der Trommel *T* bewirkt, so daß der Schreibstift *S* auf dem Papierblatt eine Kurve beschreibt, deren Ordinate der Zugspannung, deren Abszisse der Drehung entspricht.

¹⁾ A. a. O.

Ein Zurückschnellen der Feder nach dem Zerreißen des Streifens wird durch Sperrklinken verhindert. Die Zeichentrommel ist nach Lösung einer Schraubenmutter um die Achse drehbar, so daß auf demselben Streifen nacheinander die Diagramme auch der Kontrollstreifen aufgenommen werden können. Durch Zurückschieben des Wagens *W* nach Lösung der Mutter am Handrad wird die Nulllinie, d. h. die Linie, auf der die Koordinatenanfangspunkte liegen, durch den Schreibstift *S* gezogen, worauf das Ausmessen der Dehnung und des Reißgewichts erfolgen kann. Um dies zu erleichtern, ist dem Apparat für jede Feder eine Glastafel beigegeben, auf welcher die beiden senkrecht zueinander stehenden Skalen für Reißgewicht und Dehnung eingezägt sind. Die Schablone wird so auf das ausgebreitete Diagrammblatt gelegt, daß die Nulllinie zwischen das parallele Linienpaar der Glastafel zu liegen kommt und der Endpunkt der auszumessenden Kurve sich mit einem Punkt der senkrechten Gewichtsskala deckt, wie die Skizze (Fig. 246) zeigt.



Vorausgesetzt, daß die Streifen normale Länge und Breite besaßen, ist dann der Wert für das Reißgewicht in Kilogrammen, der für die Dehnung direkt in Prozenten abzulesen.

Ähnliche Apparate, die zur Prüfung der Zugfestigkeit des Papiers verwendet werden, sind das einfache Dasymeter von Horack¹⁾ sowie die Zugfestigkeitsmesser von Wendler, Frömbing und Schopper²⁾. Natürlich kann jeder Apparat dazu verwendet werden,

bei dem es möglich ist, die Reißlänge an einer Skala abzulesen und das Reißgewicht zu bestimmen.

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit kann die bereits früher erwähnte Amsler-Laffonsche Presse benutzt werden.

Als Beispiel führen wir in nebenstehender Tabelle die Resultate an, welche bei der im Auftrag der Firma Büsscher und Hoffmann durch die „Prüfungsstation für Baumaterialien“ an der Kgl. Gewerbeakademie (jetzt Technische Hochschule) in Charlottenburg mit verschiedenen Materialien behufs Feststellung der Zugfestigkeit und Dehnbarkeit angestellt worden sind.

Die Überlegenheit der Asphaltfilzplatten gegenüber den Kiesplatten (Isolierplatten mit Pappeinlage) und solchen mit Bleieinlage geht daraus zur Evidenz hervor. Ein Vergleich der einfachen Asphaltfilzplatten gegenüber den doppelagigen und solchen einfachen Platten, welche durch mehrere Stöße miteinander verbunden sind, zeigt (Fig. 247), daß die Dehnbarkeit der ersteren größer, die Zerreißbarkeit der letzteren dagegen geringer ist.

Als schärfste Probe auf die Wasserundurchlässigkeit der Dachpappen und Isolierplatten findet man an manchen Orten, z. B. auch bei Nöthling³⁾,

¹⁾ Winkler, Der Papierkenner, S. 125. — ²⁾ Vgl. Muspratts Chemie, 4. Aufl., 6, 1862 bis 1868. — ³⁾ Der Asphalt, S. 149.

Versuchsstück 50 cm lang, 14 cm breit	Stärke mm	Gewicht pro qm kg	Angewendete Belastung bis zur Zerstörung kg	Stattgehabte Dehnung bei der Zerstörung in Prozenten der Länge
Asphaltfilzplatten von Büsscher und Hoffmann	7—13	14—18	313,5	20,0
Kiesplatten von Büsscher und Hoffmann	5	10	115,4	4,1
Dachpappe, Klasse I	3,5	5	134,8	1,5
Siebelsche Isolierplatten mit Bleieinlage	4	6	105,7	3,8

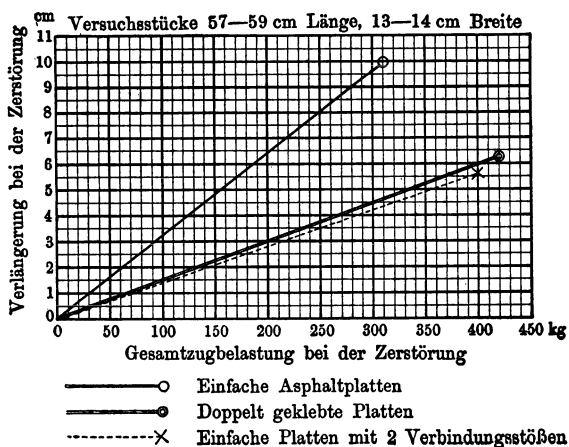
die Forderung, daß diese Materialien nach 24 stündigem Liegen in Wasser keine Gewichtsvermehrung aufweisen dürfen. Diese Forderung ist natürlich nur für unbestreute Pappen und Isolierplatten zulässig und auch hier nur bis zu einem gewissen Grade. Sie ist auch vollständig deplaciert, denn nicht darauf kommt es an, daß die Materialien durch oberflächliche Benetzung kein Wasser aufnehmen, sondern daß sie solches durch ihre Schicht unter einem gewissen Druck nicht hindurchlassen.

Die Fähigkeit der Dachpappen und Isolierplatten, oberflächlich Wasser aufzunehmen, hängt in erster Linie von der Natur und Beschaffenheit des Bestreuungsmaterials und dann auch bis zu einem gewissen Grade von

ihrem Alter ab. Bei ganz frischen Materialien ist sie geringer als bei abgelagerten, weil hier der Sand oder Kies usw. noch oberflächlich mit einem wenn auch ganz dünnen Häutchen der flüchtigen Bestandteile des Asphaltmaterials überzogen ist, das die Benetzung des Bestreuungsmaterials durch Wasser mehr oder weniger verhindert. Beim längeren Lagern verflüchtigt oder verändert sich dieser Überzug, wodurch eine Benetzung des Bestreuungsmaterials ermöglicht wird. Poröse oder saugfähige Bestreuungsmaterialie, wie Koks, Sägespäne usw., nehmen mehr Wasser auf als dichte, wie Quarzsand und Kies, woraus hervorgeht, daß die oben erwähnte Forderung in bezug auf Wasseraufnahme in dieser Allgemeinheit nicht gestellt werden darf.

Um in dieser Beziehung einige Anhaltspunkte zu bieten, hat der eine von uns (H. K.) mit einer größeren Anzahl von Produkten renommierter Firmen vergleichende Versuche angestellt, deren Resultate sich in nachstehender

Fig. 247.



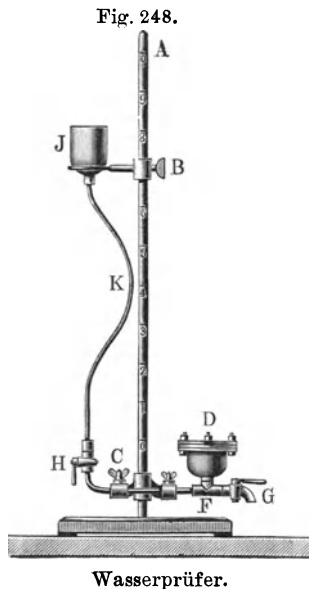
Kurventafel.

Tabelle zusammengestellt finden. Als Versuchsobjekte dienten Ausschnitte aus den betreffenden Materialien von 10 cm im Quadrat, welche, wie die Forderung lautet, je 24 Stunden in Wasser von gewöhnlicher Temperatur

Bezeichnung	Art der Bestreuung	Stärke einschl. Bestreuung mm	Gewicht v. 100 qcm d. Wasseraufnahme		Wasseraufnahme	
			vor g	nach g	g	Proz. vom Gewicht d. trockenen Materials
Dachpappe 00 . .	Quarzsand, fein	4,75	57,50	60,00	2,50	4,34
" 0 . .	" "	3,30	45,70	47,20	1,50	3,28
" I . .	" "	2,60	40,30	41,30	1,00	2,48
" II . .	" scharf	2,05	34,00	36,00	2,00	5,88
" III . .	" fein	1,85	22,80	24,75	1,95	8,55
" IV . .	" scharf	1,35	18,75	21,00	2,25	12,00
" V . .	" "	0,75	12,00	16,00	4,00	33,33
Ruberoid	ohne	0,50	20,00	21,00	1,00	5,00
Asphaltplatte mit Pappeinlage	Gebrochener Kies, 3—5 mm Durchm.	7,5	121,50	125,50	4,00	3,29
Asphaltplatte mit Filzeinlage							Gewaschener Kies, 3—5 mm Durchm.	7,5	133,35	135,50	2,50	1,87

gelegt wurden. Sämtliche Muster rührten von gut abgelagerten Dachpappen und Isolierplatten her und wurden, nachdem sie dem Wasser ausgesetzt waren, kantrecht auf eine Unterlage von Filtrierpapier gestellt, bis das ablaufende Wasser von diesem aufgenommen worden war.

Sämtliche Proben erwiesen sich bei der gleich zu beschreibenden Art der Untersuchung auf Wasserdurchlässigkeit bei Drucken von $\frac{1}{4}$ bis zu 1 Atm. (je nach der Stärke) als einwandfrei. Da bei den vorstehenden Versuchen stets Objekte mit gleicher quadratischer Oberfläche zur Verwendung kamen, ergibt sich aus deren Resultaten die Abhängigkeit der Wasseraufnahme von der Art der Bestreuung, von welcher indessen der Wert des Materials durchaus nicht abhängig ist. Will man diese Prüfungsmethode beibehalten, so dürfte die Forderung im Sinne der vorstehenden Resultate dahin zu modifizieren sein, daß Proben von je 100 qcm Flächeninhalt bei 24 stündigem Liegen in Wasser höchstens 1,5 g bei unbestreutem, oder 4,5 g bei bestreutem Material an Wasser aufnehmen dürfen.



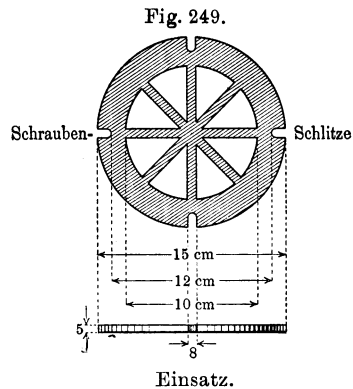
Zur Prüfung der Dachpappen und Isolierplatten auf Durchlässigkeit für Wasser hat sich H. Köhler einen Apparat (Fig. 248) konstruiert, dessen einzelne Teile sich überall leicht beschaffen lassen und der sich auch für andere Zwecke (z. B. zur Prüfung des Asphaltkittes auf Wasserdichtigkeit

und Druckfestigkeit) mit geringen Abänderungen verwenden läßt. Das Stativ *A*, dessen mit Zentimereinteilung versehene eiserne Stange den verschiebbaren Ring *B* und die gleichfalls verschiebbare Doppelklemme *C* trägt, dient zur Aufnahme des Objektträgers *D* sowie des Druckgefäßes *J*, einer Glasglocke mit Tubulus am Scheitel. Der Objektträger *D* besteht aus einer gewöhnlichen schmiedeeisernen Reduktionsmuffe $4 \times \frac{1}{4}$ Zoll, an dessen weiterem Ende ein $2\frac{1}{2}$ cm breiter Flansch aufgelötet ist, der sich vermittelt Schlitzschrauben mit einem zweiten, nach Fig. 249 durchbrochenen Flansch fest verbinden läßt, zwischen welche das Versuchsobjekt eingespannt wird. Beide Flanschen sind auf den einander zugekehrten Flächen plan abgedreht. Das reduzierte Ende der Muffe ist mit Hilfe eines Nippels und T-Stückes einerseits verbunden mit dem Ablaufhahn *G*, andererseits mit dem nach aufwärts gebogenen Hahnrohr *H*, das sich mit dem Druckgefäß *J* durch den mit Gewindekuppelung versehenen starkwandigen Gummischlauch *K* verbinden läßt. Bei abgenommenem Flansch und Gummischlauch am Objektträger *D* liegen, bei horizontaler Stellung desselben, am Stativ *A* das Ende des Hahnrohres *H* und die Oberfläche des angelöteten Flansches in einer Ebene.

Zur Versuchsanstellung benötigt man Proben von 12 bis 15 cm im Quadrat, die man wie folgt präpariert. Bei mit Sand oder Kies bestreuten Objekten legt man diese auf eine ebene eiserne Platte von 12 cm Durchmesser, entsprechend dem Lochkreis des Flansches am Objektträger. Auf die Mitte des Versuchsobjektes legt man eine runde, wenige Millimeter starke eiserne Platte von genau dem gleichen Durchmesser, den die Reduktionsmuffe des Objektträgers im Lichten zeigt. Unterlage, Objekt und Deckplatte werden mit Hilfe einer gewöhnlichen

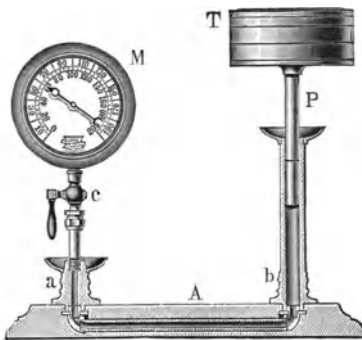
Schraubzwinde, welche im Zentrum der Deckplatte einsetzt, fest miteinander verbunden. Nun erwärmt man mit Hilfe eines Bunsenbrenners mäßig die über die Deckplatte hervorragenden Enden des Versuchsobjektes, so daß sich der darauf befindliche Sand oder Kies mit Hilfe eines eisernen Spatels leicht entfernen läßt, ohne daß die Pappe- oder Filzschicht dadurch verletzt wird. Mit dem erhitzten Spatel und unter Anwendung des Bunsenbrenners glättet man hierauf die durch die Entfernung der Bestreuung rauh gewordene Oberfläche des Präparates rings um die Ränder der Deckscheibe. Nach dem Erkalten beschneidet man mit einem scharfen Messer das Probeobjekt, wobei der Rand der Unterlagsplatte als Lineal dient. Damit beide Scheiben, Deckscheibe über und Unterlagscheibe unter der Probe, auch zentrisch übereinander zu liegen kommen, ist jede in der Mitte mit einer kleinen Vertiefung versehen, in welche sich der Dorn der Schraubzwinde einsetzt. Bei nicht oder nur einseitig bestreutem Material hat man natürlich lediglich den Zuschnitt zwischen den Platten vorzunehmen.

Zur Versuchsanstellung entfernt man den Deckflansch vom Objektträger einerseits und die Kuppelung mit dem Gummischlauch an der Hahnröhre andererseits und legt auf den angelöteten Flansch an dem Objektträger einen



1 cm breiten Verdichtungsring von schwacher Gummiplatte innerhalb des Lochkreises der Mutterschrauben. Dann füllt man bei geschlossenem Hahn *G* und geöffnetem Hahn *H* den vollständig horizontal gelagerten Objektträger mit der Vorsicht mit Wasser, daß der Meniskus der Flüssigkeit gerade über dem Rand des aufgelöteten Flansches steht. Nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren füllt sich auch das Hahnrohr *H* auf die gleiche Höhe mit Wasser. Dann legt man vorsichtig das mit der ganz bestreuten Seite innerhalb des Lochkreises des Deckflansches mit ein wenig Asphalt oder Siegelack festgeheftete Versuchsobjekt auf und zieht die Schrauben gleichmäßig an. Dabei tritt das überschüssige Wasser aus dem Hahnrohr *H* aus und sobald dies geschehen ist, schließt man den Hahn bei *H*. Hierbei ist zu bemerken, daß es zweckmäßig, namentlich bei besandeten oder bekiesten Objekten, ist, die auf die Wasserfläche zu liegen kommende Seite vorher mit der Spritzflasche so weit anzufeuchten, daß die zwischen den Sand- oder Kiesteilchen befindliche Luft verdrängt wird, damit die Wasserfläche des Objektträgers die Oberfläche des Objektes auch gänzlich berührt.

Fig. 250.



Manometerprüfer.

Die den Objektträger haltende Doppelklemme *C* stellt man so ein, daß die untere Seite des Objektes mit dem Nullpunkt der Skala am Stativ in einer Ebene liegt. Man kuppelt den Gummischlauch *K* des Druckgefäßes *J* an das Hahnrohr *H* und füllt *J* soweit als nötig mit Quecksilber, worauf man den Ring *B* so weit hebt oder senkt, daß die Oberfläche des Quecksilbers mit dem Punkt der Skala am Stativ zusammenfällt, der dem Druck entspricht, unter welchem man das Versuchsobjekt auf seine Undurchlässigkeit prüfen will (76 cm Quecksilber = 1 Atm.). Sind alle diese Vorbereitungen getroffen, so

öffnet man den Hahn bei *H* und läßt den Druck des Quecksilbers auf das Objekt wirken.

Ist das Objekt wasserdicht, so zeigt sich selbst nach 24 stündiger Einwirkung des Druckes keinerlei Veränderung. Bei schlechtem oder mangelhaftem Fabrikat zeigen sich entweder sofort nach der Anstellung des Druckes oder nach kurzer Wirkung desselben auf der zwischen den Verstärkungsstegen des Deckflansches zutage tretenden Oberfläche des Versuchsobjektes größere oder kleinere Perlen von Wasser, die sich rasch vergrößern, so daß schließlich die ganze Oberfläche des Versuchsobjektes unter Wasser steht. Wie lange man den Druck auf das letztere wirken lassen will, ist Sache der Vereinbarung; erfahrungsgemäß genügt eine Dauer von vier bis fünf Stunden aber vollkommen.

Natürlich können die Versuche mit dem beschriebenen Apparat auch in der Weise angestellt werden, daß man den Druck langsam steigen läßt und bestimmt, unter welchem Druck ein Durchlässigwerden des Materials eintritt.

Mit Vorteil kann man sich bei derartigen Prüfungen auch der Apparate bedienen, welche in der Technik zum Prüfen der Federmanometer gebräuchlich sind. Die Fig. 250 und 251 zeigen die übliche Form derselben. Bei

Fig. 250 ist das kommunizierende Rohr ab mit dem Fuß A vereinigt; a trägt die Hahnröhre c , auf welche das Manometer M aufgeschraubt ist. In b sitzt das Piston P mit dem Teller T zum Auflegen der Gewichte. Hat man zu diesem Apparat reguläre Gewichte, so setzt man einfach an Stelle des Manometers die Vorrichtung mit dem zu prüfenden Gegenstande und belastet den Teller T dem auszuübenden Druck entsprechend. Bei Verwendung von Belastungsstücken von unbestimmtem Gewicht hat man natürlich den bei der Prüfung anzuwendenden Druck mit Hilfe des Manometers auf der Hahnröhre c genau einzustellen, worauf man den Hahn schließt, das Manometer abschraubt und an dessen Stelle den Objektträger anbringt.

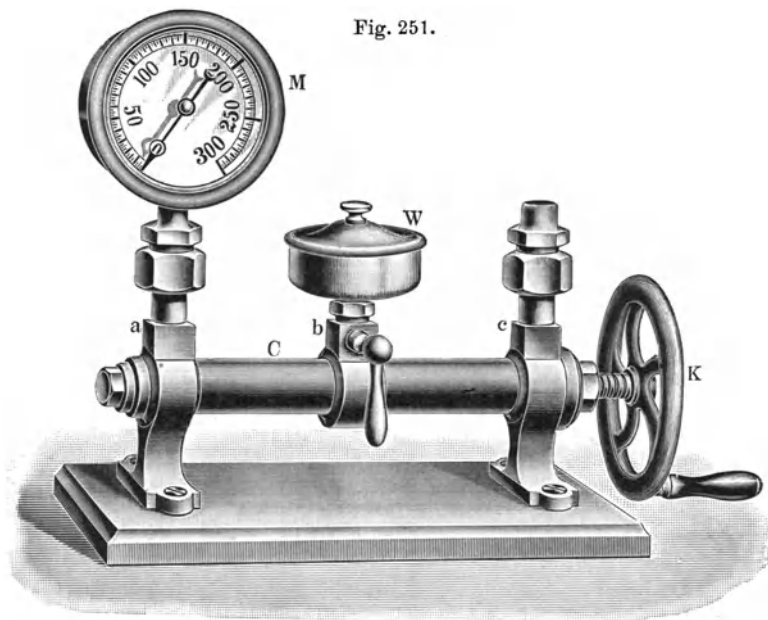


Fig. 251.

Manometerprüfer.

Einfacher gestaltet sich die Arbeit bei Anwendung des Apparates nach Fig. 251. Dieser besteht aus einem doppelwandigen Messingzylinder C . Der Druck wird durch ein Piston mit Kurbelrad K auf den inneren Zylinder ausgeübt und teilt sich dem äußeren, mit den Ansätzen a , b und c in Verbindung stehenden Zylinder mit. Auf a befindet sich das Manometer M ; der mit Hahn versehene Stutzen b trägt das Wassergefäß W , während der Stutzen c zum Anbringen des Objektträgers benutzt wird. Der ganze Apparat ist auf einer Platte befestigt.

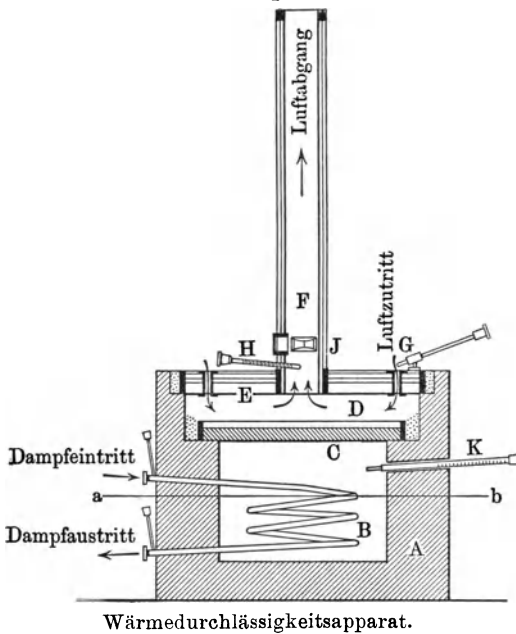
Zur Bestimmung der Wärmedurchlässigkeit gewisser Materialien, z. B. Dachbedeckungen mit Dachpappe, Isolierungen mittels Korkasphalt, Asphaltfilz usw., hat Grünzweig¹⁾ das folgende Verfahren angegeben.

Vor Ausführung dieser Bestimmung muß man dem zu untersuchenden Objekt eine durch lange Zeit konstante Wärmemenge zuführen und kann dann entweder die abgegebene Wärmemenge durch Differenz ermitteln

¹⁾ Gesundheits-Ingenieur 1886, Nr. 16 und 17.

(z. B. durch Messung des in einer bestimmten Zeit aus Dampf kondensierten Wassers) oder die durchgegangene Wärme direkt messen. Versuche zeigten, daß brauchbare Versuchsergebnisse nur auf dem letzteren Wege erhalten werden können und führten zu folgender Form des zu verwendenden Apparates: Einer Kammer, deren Wände gegen Temperatureinflüsse so vollkommen als möglich durch schlechte Wärmeleiter geschützt werden, wird durch eine Dampfschlange eine konstante Wärmemenge zugeführt. Die obere Seite dieser Kammer ist durch das zu untersuchende Objekt abgeschlossen. Über dieser Wand befindet sich ein ebenfalls gegen Temperatureinflüsse geschützter Raum, durch welchen eine während jeden Versuches konstante Luftmenge hindurchgeführt wird. Die Wärme, welche durch die Versuchsplatte hindurchgegangen

Fig. 252.



Wärmedurchlässigkeitsapparat.

ist, wird an den Luftstrom abgegeben und erhöht dessen Temperatur. Diese Temperaturerhöhung und die anemometrisch gemessene Luftmenge geben die Grundlage zur Berechnung der Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das zu untersuchende Material gegangen ist.

Die Einrichtung des Apparates zeigen die Fig. 252 und 253. Die Dimensionen sind so bemessen, daß eine Fläche von etwa 0,5 qm auf ihre Wärmedurchlässigkeit geprüft werden kann, so daß Resultate erhalten werden, welche direkte Übertragung auf die Praxis gestatten. Zur Anstellung der vergleichenden Untersuchungen dienen

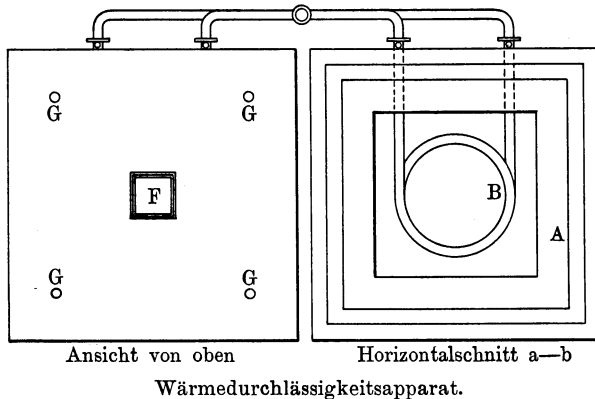
zwei vollständig gleiche Apparate I und II. Der Raum, in welchem dieselben sich befinden, ist ebenfalls nach allen Seiten hin gegen Temperatureinflüsse durch schlechte Wärmeleiter geschützt.

A ist eine aus Korksteinen hergestellte quadratische Kammer, welche durch eine kupferne Dampfschlange B mittels Dampf von etwa 5,5 Atm. Überdruck geheizt wird. Als Abschluß der Kammer nach oben dient das zur Untersuchung bestimmte Objekt C. Über demselben befindet sich ein Raum D, welcher mittels eines Deckels E nach außen abgeschlossen ist; dieser Deckel besteht aus dünnen Papierlagen, zwischen welchen sich Luftschichten befinden. Ein derartiger Abschluß schützt gegen äußere Temperatureinflüsse und besitzt geringe Eigenwärme. Es ist dies notwendig, damit er leicht den Temperaturschwankungen der Luft folgen kann, ohne auf den Gang des Versuches störend einzuwirken. Dieser Deckel trägt einen Ventilationschlot F, dessen Wände ebenfalls aus Papierlagen gebildet sind. Der Luftzutritt erfolgt durch vier an den Ecken des Deckels angebrachte Öffnungen G. Die Temperatur der

eintretenden Luft wird durch Thermometer gemessen, welche sich unmittelbar über den Öffnungen befinden. Die Temperatur der abströmenden Luft wird durch ein in dem Ventilationsschlot befindliches Thermometer *H* gemessen. Sämtliche Thermometer sind in $\frac{1}{10}$ Grad geteilt. Zur Messung der durchströmenden Luftmenge dient ein Anemometer *J*, welches durch eine Öffnung in den Ventilationsschlot hereingebracht werden kann. Die Temperatur im Heizraum wird durch das Thermometer *K* gemessen.

Der Gang der Untersuchung ist folgender: Nachdem der Apparat mit dem zu untersuchenden Objekt beschiekt und der Beharrungszustand eingetreten ist, was je nach der Art des Präparates ein- bis dreimal 24 Stunden in Anspruch nimmt, beginnen die Beobachtungen. Der Eintritt des Beharrungszustandes wird ersichtlich, sobald das Thermometer im Heizraum konstante Temperatur zeigt, ebenso die oberen Thermometer gleichmäßigen Gang aufweisen. Während der Dauer eines Versuches, der sich auf etwa 24 Stunden erstreckt, werden etwa sechs bis zehn Ablesungen sämtlicher Thermometer und des Anemometers

Fig. 253.



vorgenommen. Diese Beobachtungen sind bei den geringen Schwankungen während der Dauer eines Versuches vollständig zur Gewinnung sicherer Resultate ausreichend. Das Mittel dieser gut übereinstimmenden und sich selbst kontrollierenden Beobachtungen wird zur Berechnung gezogen. Es ergeben sich bei einem Versuch folgende Daten: 1. Temperatur im Heizraume. 2. Temperatur der einströmenden Luft. 3. Temperatur der austretenden Luft. 4. Luftmenge.

Daraus läßt sich die Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das Versuchsobjekt hindurchgegangen und an die durch den oberen Raum strömende Luft abgegeben wurde, wie folgt berechnen. Ist Q das aus dem anemometrisch gemessenen Luftquantum berechnete Luftgewicht, t und t_1 die Eintritts- bzw. Austrittstemperatur der durch den Ventilationsschacht angegangenen Luft, so ist

$$Q(t_1 - t) \times 0,23741 = W$$

oder derjenigen Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit an die Luft abgegeben bzw. durch das Versuchsobjekt hindurchgegangen ist. Für absolute Messungen wäre es notwendig, auch den Barometerstand sowie den Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit in Rechnung zu stellen und den fortwährend wechselnden äußeren Temperaturverhältnissen und dem Einfluß derselben auf den Versuchsapparat

I. Beobachtungen										II. Ergebnisse				
A. Temperaturen					B. Luftmengen					C. Durchgegangene Wärmemengen				
Im Heizraum	Der ein-tretenden Luft t		Der aus-tretenden Luft t_1		Temperatur-differenz $t_1 - t$		Geschwin-digkeit nach dem Anemo-meter		Luftmenge pro Minute		auf 0,435 qm und Stunde		auf 1 qm und Stunde	
	I °C	II °C	I °C	II °C	I °C	II °C	I m pro Minute	II m pro Minute	I cbm	II cbm	I W.-E.	II W.-E.	I W.-E.	II W.-E.
132	14,0	13,4	30,5	48,1	16,5	34,7	25,5	35,0	0,367	0,504	99,0	273,6	228,0	673,0
129,5	9,3	8,5	25,7	25,0	16,4	16,5	26,2	24,2	0,377	0,348	103,8	96,6	103,4	238,0
131	19,7	19,2	35,4	29,6	15,7	10,4	24,5	18,5	0,353	0,266	90,3	45,9	208,0	113,0
131,5	14,8	15,2	31,0	76,2	16,2	61,0	25,2	49,5	0,363	0,713	97,14	626,4	670,2	1540

1. Eine Lage dünnes Papier.
7. Januar 1886
2. Korksteinplatte 40 mm dick.
4. März 1886
3. Ziegeldach verschalt mit Korksteinplatten, 65 mm dick, auf Gipsrättchen verlegt und beiderseitig mit Gips verputzt. 5. April 1886
4. Kasten leer

Rechnung zu tragen. Um von den Einflüssen unabhängig zu sein, sind für die vergleichenden Versuche zwei gleichgebaute, gleichmäßig funktionierende und im gleichen Raume befindliche Apparate aufgestellt, wodurch diese ausgeschlossen sind und die Beobachtungen auf die vorstehend genannten beschränkt werden können.

Es ist erforderlich, die beiden Apparate auf ihr gleichmäßiges Verhalten zu prüfen, weshalb dieselben zuerst leer, d. h. ohne Abdeckung *C* der Heizkammer, dann mit Einlage je einer Korkplatte bzw. einer Eisenplatte, welche ausgewechselt werden, untersucht werden müssen. Man findet dabei einen Koeffizienten zur Korrektur der Resultate des zweiten Apparates, dessen Richtigkeit von Zeit zu Zeit durch Kontrollversuche festzustellen ist.

Bei einer Größe der Versuchsobjekte von etwa 0,5 qm sind dieselben den Verhältnissen in der Praxis angepaßt. Als Vergleichsobjekt benutzt Grünzweig eine Korksteinplatte von 40 mm Stärke, welche nach zahlreichen Versuchen sehr annähernd 100 Wärmeeinheiten in der Stunde durchpassieren läßt.

Die nebenstehende Tabelle enthält die Beobachtungen und Ergebnisse der Untersuchung dreier Objekte im Vergleich zum Normalobjekt, Korksteinplatte von 40 mm Stärke.

Die Zahlen unter I beziehen sich auf den zum Vergleich benutzten Apparat, der stets mit einer 40 mm starken Korksteinplatte belegt war. Die Zahlen unter II geben die Beobachtungen im zweiten Apparat mit verschiedenen Objekten.

Eine genauere Vergleichung der Zahlen zeigt, wie notwendig es ist, zur Gewinnung vergleichbarer Zahlenwerte die Beobachtungen gleichzeitig an zwei Apparaten auszuführen. Bei den drei zu verschiedenen Zeiten angestellten Versuchen schwankten die Temperaturen der eintretenden Luft (d. h. im Beobachtungsraume) zwischen 9 und 20° C, und dementsprechend gingen durch die Korksteinplatte im Apparat I 90 bzw. 99 und 103,8 Wärmeeinheiten pro Stunde. Da beide Apparate den gleichen Einflüssen unterworfen sind, so sind die dadurch entstehenden Verschiebungen der Vergleichswerte für die Vergleichung eliminiert, was auf andere Weise nicht möglich gewesen sein würde. Welche Genauigkeiten die relativen Zahlen besitzen, geht aus dem unter 2 angeführten Versuche hervor, bei welchem beide Apparate mit einer Korksteinplatte beschickt waren. Die für die Wärmedurchlässigkeit ermittelte Zahl zeigt bei Apparat I und II Übereinstimmung bis auf 0,4 Proz. Man bemerkt ferner, daß die Temperatur im Heizraume um so niedriger wird, je größer die Wärmedurchlässigkeit der untersuchten Abschlußplatte ist, was sich dadurch erklärt, daß die Heizschlange stets eine gleiche Menge Wärme zuführt. Ebenso steht die durch den Schlot abströmende Luftmenge mit der Temperatur derselben und dadurch mit der Wärmedurchlässigkeit im Zusammenhang.

Interessant ist es ferner zu sehen, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn in dem Apparat die Abschlußplatte ganz weggenommen und eine freie Kommunikation der Luft zwischen Heizraum und Ventilationsraum eintreten kann. Diese Beobachtungen sind unter Nr. 4 in der Tabelle aufgeführt. Vergleicht man diese Werte mit denen unter 1, wo ein Blatt Papier den Abschluß bildet, so ersieht man, daß die Temperatur im Heizraume von 112,5 auf 82° herabsinkt, die Temperaturzunahme der Luft 61° gegenüber 34,7° bei Papierabschluß und die Geschwindigkeit im Ventilationskanal 49,5 gegen 35 pro Minute beträgt.

Grünzweig gibt eine große Reihe von Beobachtungen über die Wärmedurchlässigkeit einzelner Gruppen von Bau- und Bedachungsmaterialien, bei deren Feststellung der gleiche Gang eingeschlagen worden ist und auf deren interessante Einzelheiten verwiesen werden muß.

In der Großh. Bad. Chemisch-Technischen Prüfungsanstalt zu Karlsruhe wird die Wärmeleitfähigkeit verschiedener Materialien wie folgt festgestellt:

Runde Platten des Materials von etwa 10 cm Durchmesser werden mit der einen Kreisfläche auf einen Heizapparat aufgelegt, der auf konstanter, genau bestimmter höherer Temperatur gehalten wird. Auf die andere Kreisfläche wird ein Kalorimeter aufgesetzt, das mit Wasser von niedriger Temperatur gefüllt ist und ermöglicht, die bei der obwaltenden Temperaturdifferenz zwischen Heizapparat und Kalorimeter durch die Platte in der Zeiteinheit hindurchgehende Wärmemenge in Kalorien zu messen.

Aus der gemessenen Fläche F der Versuchsplatten, den beobachteten Temperaturdifferenzen $t_1 - t_2$ an den beiden Seiten der Platten, der Zeitdauer Z und der in derselben übergangenen Wärmemenge Q läßt sich zunächst der Übergangswiderstand $1/k$ mittels der Formel berechnen

$$\frac{1}{k} = \frac{F \cdot Z \cdot (t_1 - t_2)}{Q}.$$

Der Übergangswiderstand $1/k$ setzt sich seinerseits zusammen aus den Übergangs- und Übertragungswiderständen der Metallböden von Heizapparat und Kalorimeter, den Übergangswiderständen der stets zwischen den Metallböden und den Versuchsplatten verbleibenden dünnen Luftschichten und endlich dem Übergangswiderstand der Versuchsplatte. Letzterer ist der Dicke der Platte d proportional, dagegen der Leitfähigkeit L des Materials umgekehrt proportional, wird also durch den Bruch d/L dargestellt.

Die Summe der übrigen Übergangs- und Übertragungswiderstände läßt sich durch entsprechende Versuche ohne Versuchsplatte ermitteln. Durch Subtraktion dieses Wertes von den bei der Prüfung der Platten gefundenen Werten für die gesamten Übergangswiderstände ($1/k$) erhält man die Werte d/L , woraus sich nach Einsetzung der gemessenen Werte für die Plattendicke d die Leitfähigkeit L des Materials ergibt.

Nach dieser Methode läßt sich die Leitfähigkeit des Materials der Platten in den Einheiten Meter, Kilogramm, Stunde und Grad Celsius bestimmen. So beträgt z. B. die Wärmeleitfähigkeit von

Filz	0,02	Glas	0,58
Dachpappe	0,12	Ton, Ziegel	0,70
Bimssteine	0,22	Kreide	0,79
Schiefer	0,28	Gipsstein	1,12
Stuck	0,47	Blei	29,00
Marmor	0,4—0,64	Kupfer	259,00

Diese Zahl bedeutet die Anzahl große Kalorien, welche durch 1 qm einer Schicht des Materials von 1 m Dicke pro Stunde und Grad Celsius Temperaturdifferenz der beiden Seiten der Schicht hindurchgehen.

Der Wärmeleitfähigkeits-Koeffizient der Materialien in den Maßen Zentimeter, Gramm, Sekunde und Grad Celsius ergibt sich aus den angegebenen Werten durch Division mit 360, und beträgt daher z. B. für Filz etwa 0,000 058, für Dachpappe etwa 0,000 34.

5. Asphalt- und Eisenlacke, Isolierlacke usw.

Bei der chemischen Untersuchung dieser Lacke handelt es sich meistens darum, die Natur des Asphalts und des Lösungsmittels festzustellen. Bei den „flüchtigen“ Asphaltlacken, d. h. solchen, welche durch Verflüchtigung des Lösungsmittels erhärten, kommen als solches in Betracht

a) für eigentliche Asphaltlacke: Terpentinöl, Alkohol, Aceton, deutsches Terpentinöl (Pinolin), leichte Petroleumdestillate (Benzine), leichte Teerdestillate (Benzole),

b) für Surrogate: leichte Teerdestillate (Benzole), deutsches Terpentinöl (Pinolin).

Für die „Öllacke“, d. h. solche, welche durch einen Oxydationsprozeß des Lösungsmittels oder Firnisses erhärten und nur aus natürlichen Asphalten hergestellt werden, finden Leinölfirnis, Harzöle und Terpentinöl Verwendung.

Die Menge des flüchtigen Lösungsmittels kann durch eine geeignete Destillation, eventuell im Wasserdampfströme, und Wägen des Rückstandes leicht ermittelt werden; über die Natur desselben geben sein Verhalten bei der fraktionierten Destillation und gegen chemische Agenzien, wie Salpetersäure (Nitrierungsprobe), rauchende Schwefelsäure (Sulfierungsprobe), Wasser (Löslichkeit) sowie der Geruch genügende Anhaltspunkte.

Bei Terpentinöllacken findet manchmal ein teilweiser oder vollständiger Ersatz des Terpentinöls durch dessen Surrogate, wie deutsches Terpentinöl (Pinolin), Patent-Terpentinöl usw., statt und es ist daher von Interesse, das Lösungsmittel besser zu charakterisieren. Dies geschieht am sichersten nach F. Ewers¹⁾ sowie C. Schreiber und F. Zetzsche²⁾ durch die Bestimmung des Bromadditionsvermögens, welches auf 1 ccm des Lösungsmittels mindestens 1,8 g Brom in wässriger Lösung betragen sollte. Hierzu dient eine Koppeschaarsche Lösung, welche 15 g Kaliumbromat und 50 g Kaliumbromid im Liter (Bromgehalt 40 bis 40,5 g im Liter) enthält.

Zur Ausführung des Versuches mischt man 1 ccm des zu prüfenden Destillats mit Alkohol auf 50 ccm, versetzt 20 ccm der Lösung mit 20 ccm der Bromsalzlösung, 20 ccm Schwefelsäure (1 : 3) und schüttelt eine halbe Minute kräftig durch. Bei reinem Öl tritt vollständige Entfärbung ein; ist dies nicht der Fall, so muß eine weitere Untersuchung auf dem Wege der fraktionierten Destillation usw. erfolgen.

Einen Gehalt des Terpentinöls an Harzöl erkennt man nach A. Aignau³⁾ leicht mittels der optischen Probe im Polarisationsapparat; da nur das Harzöl Drehung zeigt, läßt sich ein Gehalt des Terpentinöls an solchem durch das Rotationsvermögen ermitteln. Echtes französisches Terpentinöl polarisiert durchschnittlich $[\alpha_D] = -61,30$; durch Zusatz von bestem Harzöl findet folgende Abnahme statt:

Harzölzusatz	Drehungsvermögen
1 Proz.	$[\alpha_D] = -60^{\circ} 1'$
2 "	" $-58^{\circ} 32'$
3 "	" $-57^{\circ} 2'$
4 "	" $-55^{\circ} 32'$
5 "	" -54°
10 "	" $-46^{\circ} 30'$

Nach Baudin⁴⁾ soll folgende einfache Methode zum Nachweis von Harzöl in Terpentinöl genügen: Man verdunstet 20 bis 30 Tropfen des Öles in einem Porzellanschälchen auf sechs bis acht Tropfen, gibt einen Tropfen davon auf die untere Kante eines Blättchens Zigarettenpapier (oder anderen, ungeleimten Papiers), welches man mit Hilfe einer Stecknadel frei aufhängt. Nach Verlauf von einer bis zwei Stunden muß das Öl vollständig, ohne Hinterlassung eines

¹⁾ Chem.-Ztg. 1899, S. 312. — ²⁾ Ebend., S. 686. — ³⁾ Compt. rend. **110**, 1273. — ⁴⁾ Journ. Pharm. Chem. 1891, S. 273.

Fettfleckes, verdunstet sein. Bei Gegenwart von Harzöl hinterbleibt ein mehr oder weniger starker Öldurchschlag.

Schwieriger liegt der Fall, wenn es sich um die Untersuchung eines Öllackes handelt. Durch Destillation mit Wasserdampf gelingt hier ebenfalls noch die Abscheidung etwa vorhandenen Terpentinöls, während der Leinölfirnis mit dem Asphalt im Rückstande bleibt. Hier führt die an anderer Stelle besprochene Fällungsmethode von Holde am besten zum Ziel; man löst etwa 5g des Asphaltlackes in 100 ccm möglichst leichtflüchtigem Petroleumbenzin und versetzt die Lösung mit dem gleichen Volum absoluten Alkohols. Dadurch wird der Asphalt bis auf geringe Spuren gefällt, während Leinölfirnis, Terpentinöl und etwaige andere Lösungsmittel in die alkoholische Flüssigkeit übergehen. Durch Abtreiben im Dampfstrom können diese vom Leinölfirnis getrennt und letzterer sowohl wie die ersteren durch ihr Verhalten charakterisiert werden.

In der alkoholischen Petrolbenzinlösung befinden sich auch die etwa vorhandenen Harze, bezüglich deren Individualisierung auf die Arbeit von Karl Dieterich¹⁾ verwiesen werden muß. Hat man auf solche in flüchtigen Asphaltlacken zu prüfen, so empfiehlt sich in gleicher Weise die Anwendung der Fällungsmethode zur Abscheidung des Asphalts. Im übrigen ist zu berücksichtigen, daß die analytische Trennung verschiedener Harzkörper heutzutage noch zu den Unmöglichkeiten gehört.

Die Charakterisierung eines aus Asphaltlack abgeschiedenen Asphalts kann nach den im vorigen Kapitel entwickelten Gesichtspunkten erfolgen.

Die technische Prüfung eines Asphaltlackes richtet sich natürlich ganz nach den Anforderungen, die an denselben gestellt werden, bzw. nach dessen Verwendungszweck. In der Regel bestimmt man die Trockenfähigkeit, die Elastizität, den Glanz und die Hauchfreiheit sowie die Hitzebeständigkeit durch den probeweisen Versuch, indem man kleine Blech- oder Glastafeln damit bestreicht. Ein guter Lack darf beim Durchbiegen derartiger Blechtafeln, nachdem er vollständig getrocknet ist, weder Risse bekommen, noch abblättern, sondern muß allen Bewegungen des Bleches ohne bemerkbare Veränderung folgen. Er darf beim Erhitzen der Tafeln auf höhere Temperatur (die gleichfalls vom Verwendungszweck abhängig ist) weder weich oder klebrig werden, noch in der Schicht Blasen bekommen.

Zur Prüfung der Teerfirnisse auf Rostschuttfähigkeit gibt E. Volger²⁾ folgende Anweisung. Man streicht etwa 0,5 mm starke, auf einer Seite blank geputzte Eisenbleche (10/30 mm) mit dem Teerfirnis auf beiden Seiten, wobei sich der Lack leicht ausstreichen lassen und nicht schon während des Streichens im Pinsel trocknen soll. Die Trockenzeit betrage vielmehr wenigstens 2 bis 3 Stunden. Auf den ersten Anstrich gibt man nach dem Trocknen noch einen zweiten und prüft nach 3 bis 4 tägigem Liegen auf Elastizität, indem man die Bleche zwischen den Händen vielfach nach jeder Richtung hin biegt. Dabei darf der Lack an den Biegestellen weder rissig werden, noch abspringen. Zur Prüfung auf Rostschuttfähigkeit hängt man ein zweites Blech etwa einen Monat in Gasbehälterwasser oder andere mit dem Blech in Berührung kommende saure oder alkalische Flüssigkeiten, wobei der Anstrich nicht blasig werden darf. Man löst den Anstrich vorsichtig mit

¹⁾ Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden 3, 174. — ²⁾ Journ. f. Gasbel. 1912, S. 19.

Benzol ab und beobachtet, ob auf der blank geputzten Fläche irgend welche Rostflecke zu bemerken sind. Um das Vorhandensein des schädlichen Ammoniaks (Rohteer!) zu konstatieren, erwärmt man wenige Kubikzentimeter des Lackes im Reagenzrohr und hält über dessen Öffnung einen Streifen von angefeuchtetem, rotem Lackmuspapier, das nicht geblaut werden darf.

6. Goudrons, Kitte, Klebmassen, Holzzement.

Neben den echten Goudrons, die, wie wir gesehen haben, in der Regel aus Trinidadasphalt unter Zusatz von Paraffinöl oder Bergteer hergestellt werden, finden sich im Handel unter der gleichen Bezeichnung noch Materialien von gleichem Aussehen, die entweder aus Destillationsrückständen des Erdöls oder der Braunkohlenteeröle gewonnen werden und welche häufig, wenn auch nicht immer, nach ihrer Provenienz als Petroleum- bzw. Braunkohlengoudron bezeichnet werden. Daneben finden sich Mischungen dieser Produkte, und nicht selten wird auch Steinkohlenteerpech als Verfälschung der echten Goudrons angetroffen.

Die Identifizierung der unvermischten Produkte fällt im allgemeinen nach den im vorigen Kapitel entwickelten Gesichtspunkten nicht schwer. Schon durch ihre tiefschwarze Farbe und den hohen Glanz auch in kaltem Zustande unterscheiden sich der Braunkohlengoudron und besonders der Petroleumgoudron von dem mehr mattschwarzen echten Asphaltgoudron. Rasch führt auch eine Bestimmung der mineralischen Bestandteile der Goudrons zum Ziele, deren Menge beim Trinidadgoudron ungefähr 35 Proz. beträgt, während Petroleum- und Braunkohlengoudron davon fast völlig frei sind. Unverkennbar ist auch der charakteristische Geruch, welchen die drei Produkte beim Erhitzen entwickeln. Mehr noch unterscheiden sich die drei Produkte voneinander durch den Gehalt ihres Bitumens an Schwefel, vorausgesetzt, daß die Überführung der Petroleumrückstände in Asphalt nicht unter Zuhilfenahme von Schwefel ausgeführt worden ist. Der Gehalt des Braunkohlengoudrons an Schwefel bleibt noch hinter dem des Petroleumgoudrons zurück.

Die Unterscheidung des Trinidadgoudrons von seinen Surrogaten gelingt leicht nach den im vorigen Kapitel gegebenen Methoden; auch der Zusatz des einen oder anderen läßt sich mit einer gewissen Sicherheit feststellen. Goudrons, die mit Braunkohlenteeröl als Flußmittel aus Naturasphalten hergestellt sind, können unter Umständen die Graefesche Phenolreaktion zeigen, worauf auch hier nochmals aufmerksam gemacht werden soll.

Die chemisch-technische Untersuchung der Asphaltkitte, welche bezüglich ihrer Beschaffenheit zwischen den Goudrons und dem Asphaltmastix gerade in der Mitte stehen, erfolgt nach den gleichen Methoden. Man wird dabei festzustellen haben, ob man es mit einem Gemisch aus natürlichem oder künstlichem Asphalt, oder beiden zugleich, mit einem mineralischen Füllmaterial, und eventuell welchem zu tun hat. Die Untersuchung des Asphalts erfolgt im Extrakt mit einem passenden Lösungsmittel, die des Füllmaterials nach dem gewöhnlichen Gang der Mineralanalyse; bei den Kittten aus künstlichem Asphalt (Steinkohlenteerpech) hat man zu berücksichtigen, daß dieses selbst je nach der Härte 20 bis 30 Proz. fein verteilten Kohlenstoff enthält, was bei der Bestimmung des Extraktionsrückstandes in Rechnung zu stellen ist.

Die Kitten aus natürlichem Asphalt sind in der Regel Mischungen aus Asphaltmastix und Goudron in wechselndem Verhältnis; aus der Natur der mineralischen Bestandteile läßt sich bis zu einem gewissen Grade die Provenienz des verwendeten Asphaltmastix bestimmen. Aus ihrer Menge Schlüsse auf das Mischungsverhältnis zwischen Mastix und Goudron zu ziehen, ist meist nicht angängig, weil der Prozentgehalt der Goudrons an solchen ein zu schwankender ist. Der Gehalt der Kitten aus natürlichem Asphalt an mineralischen Bestandteilen schwankt in der Regel zwischen 18 bis 25 Proz., ist also wesentlich geringer als bei Kitten aus künstlichem Asphalt, in welchem derselbe oft bis zu 60 Proz. ansteigt.

Wichtiger ist die technische Prüfung der Asphaltkitten, deren Einzelheiten sich je nach dem Verwendungszweck derselben zu richten haben. Weit aus der größten Anwendung finden die Asphaltkitten im Kanalisations- und Straßenbauwesen zum Abdichten der Muffen der Steinzeugröhren und der Fugen des Straßenpflasters. Wir rekapitulieren kurz, daß es bei diesen Verwendungszwecken vornehmlich ankommt auf

1. die Bindekraft, d. h. die Fähigkeit, mit den Flächen der zu verdichtenden Gegenstände einen guten Verband einzugehen, bzw. fest daran zu haften;

2. die Wasserdichtigkeit bzw. Undurchlässigkeit für wässrige Flüssigkeiten;

3. die Widerstandsfähigkeit gegen verdünnte Säuren und Alkalien, vornehmlich bei Kanalisationen in oder in der Nähe von chemischen Fabriken;

4. die Elastizität bzw. Biugsamkeit, um bei Bodensenkungen nachgeben zu können und einen Bruch der gekitteten Gegenstände, z. B. bei Kanalisation in lockerem Erdreich, zu verhindern;

5. die Erhaltung möglichst konstanter Plastizität innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, um sowohl weder in den Muffen der Kanalisationsröhren, als auch in den Pflasterfugen bei niedriger Temperatur zu spröde und brüchig, noch bei höherer Temperatur zu weich und dünnflüssig zu werden;

6. die Druckbeständigkeit, d. h. die Fähigkeit, bei den in Frage kommenden Drucken, z. B. in Kanalisationsröhren, nicht aus den Fugen gepreßt zu werden.

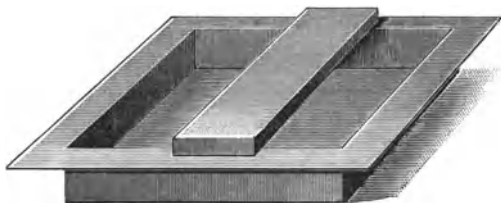
Die Vielseitigkeit und Eigenartigkeit dieser Anforderungen läßt erkennen, daß eine technische Prüfung der Güte der Asphaltkitten sich nicht ausschließlich im Laboratorium, sondern am besten an einem Versuchsobjekt selbst ausführen läßt, das ihrer Verwendung möglichst völlig entspricht.

Die einfachste Prüfung auf die Bindekraft eines Asphaltkittes führt man in der Weise aus, daß man gut gereinigte und getrocknete Scherben, am besten von glasierten Steinzeugröhren stammend, mit einer etwa 1 cm starken Schicht von geschmolzenem Asphaltkitt überzieht und vollkommen erkalten läßt. Zertrümmert man hinterher die Scherben mit Hammer und Meißel, so soll die Kittschicht sich möglichst nicht vom Scherben trennen, sondern mit diesem zusammen eine einzige Bruchfläche bilden.

Zur Prüfung auf Säurefestigkeit usw. schlägt man sich aus dem stark abgekühlten Kitt am besten möglichst dünne, plattenförmige Stücke, die man für kürzere oder längere Zeit (in der Regel genügen acht Tage) und bei verschiedenen Temperaturen in bedeckten Bechergläsern mit den verdünnten

Säuren von gewünschtem Stärkegrad überdeckt hält. Man beobachtet das Eintreten etwaiger Färbung der Säure und konstatiert an den gut abgewaschenen und getrockneten Stücken des Kittes eine etwaige Gewichtsabnahme, während man die Natur des in Lösung gegangenen Bestandteiles auf dem Wege der Analyse findet. Da und dort pflegt man sich für die Zwecke dieser Prüfung kleine Platten von etwa 2,5 cm im Quadrat bei 0,5 cm Stärke zu gießen und diese dem Säurebade auszusetzen. Ihre Oberfläche entspricht mehr der des Fugengusses, und sie besitzen selbst bei säurelöslichem Füllmaterial (kohlen saurem Kalk) eine relativ hohe Säurebeständigkeit, weil das Füllmaterial bei ihnen oberflächlich mit einer zusammenhängenden Asphalt schicht überzogen ist, welche dieses vor dem Angriff der Säure schützt. Zuverlässiger ist das Resultat der Prüfung natürlich an den aus der festen Kittmasse herausgeschlagenen Stücken.

Zum Test auf Bi egsamkeit und Erhaltung der Plastizität innerhalb gewisser Temperaturgrenzen bediente sich der eine von uns (H. K.) kleiner T äfelchen, welche man aus dem vorsichtig und unter Vermeidung von Verflüchtigung geschmolzenen Asphaltkitt durch Gießen in kleine, auseinandernehmbare Formen von 10 cm Länge, 4 cm Breite und 1 cm Tiefe herstellt. Diese werden freitragend und nur an beiden Schmalseiten unterstützt Temperaturen von 15 bis 50° C ausgesetzt und ihr Verhalten dabei beobachtet. Zum Lagern der Plättchen dienen kleine Kästchen von 9 cm² Grundfläche bei 1 cm Tiefe, mit oberem Rande von 1 cm Breite, die man sich aus einem Stück Zinkblech selber herstellt (siehe Fig. 254).

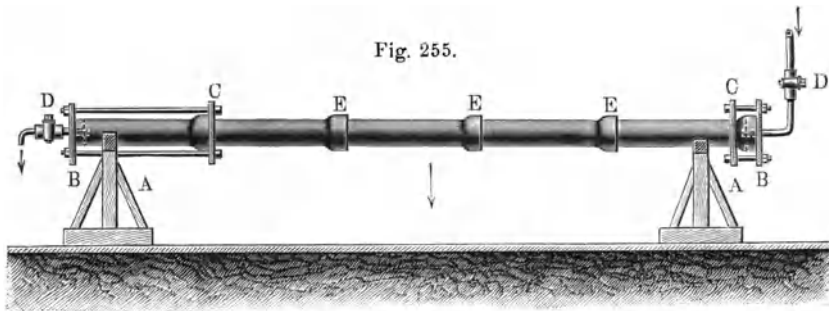


Bi egsamkeitsprüfer.

Schon bei mittlerer Temperatur sollten sich die Plättchen nach eintägigem Stehen merklich nach unten durchbiegen; mit fortschreitender Erwärmung im Trockenschrank erweicht der Asphaltkitt mehr und mehr, und die Plättchen senken sich immer tiefer, so daß ihre untere Seite bald die Oberfläche des Bodens vom Zinkkästchen berührt. Doch soll die Erweichung, selbst bei vier- bis fünfstündigem Verweilen im Trockenschrank bei 40 bis 50°, keineswegs bis zur Verflüssigung fortschreiten. Die auf den Rändern des Kästchens aufliegenden beiden Schmalseiten der Kittplatte sollen ihre Lage und Form möglichst beibehalten und nur der mittlere, nun auf dem Boden des Kästchens ruhende Teil des Kittäfelchens darf Deformierung nach der Breite aufweisen. Im übrigen kann das Material in diesem Zustande zwischen den angefeuchteten Fingern leicht knetbar sein. Dagegen soll es nach Abkühlen auf 0° durch längeres Einlegen in Eiswasser nicht so spröde werden, daß es beim Schlag mit dem Hammer in zahlreiche, regellose Schollen zerfällt; man wird auch an Asphaltkitt aus natürlichem Asphalt selten die Beobachtung machen, daß die Plättchen nach der Abkühlung den Schlag mit dem Hammer aushalten, ohne zu zerspringen, aber je weniger Bruchflächen dabei auftreten, um so besser ist der Kitt. Dies gilt namentlich für seine Verwendung als Pflasterkitt. Kitte aus Steinkohlenteerpech zeigen die Eigentümlichkeit, daß die daraus gegossenen Plättchen auch bei Temperaturen, bei denen sie sich mit Leichtigkeit durchbiegen, durch einen kurzen Schlag mit dem Hammer zerbrechen.

Auf den Bauhöfen der Tiefbauämter pflegt man noch folgende Prüfungen auf die Güte des Asphaltkittes anzustellen. Auf einer auf zwei Böcken *A* (siehe Fig. 255) ruhenden Unterlage, die sich leicht entfernen läßt, stellt man sich einen unter Anwendung von Teerstrick und dem zu prüfenden Kitt regelrecht verdichteten Steinzeugrohrstrang, meistens aus fünf Tonröhren von 1 m Baulänge und beliebiger Weite bestehend, her und verschließt die beiden Enden des Stranges mit Holzstopfen, welche durch Asphaltkitt eingedichtet sind. Durch die starken Blechflanschen *B*, welche vermittelt Gegenflanschen *C* von der nächsten Muffe aus durch Schrauben festgehalten werden, verhindert man das Austreiben der Stopfen bei größerem Druck im Inneren des Rohrstranges. Diese Stopfen tragen die gußeisernen Hähne *D*, von denen einer zum Einlassen von Wasser unter Druck, der andere zum Ablassen desselben dient.

Sobald die Muffen des Stranges völlig erkaltet sind und der Ausguß erhärtet ist, entfernt man die Unterlage, so daß der ganze Strang freitragend und nur auf den Böcken bei *A* gelagert ist. Vermittelt einer Schieblehre wird die Entfernung des äußeren Muffenrandes bei *E* vom Boden genau festgestellt. Der Rohrstrang bleibt bei durchschnittlicher Jahrestemperatur und



Tonrohrprobe.

ohne Fällung 24 Stunden stehen, worauf man abermals die Schieblehre anlegt, um zu konstatieren, ob eine Senkung desselben nach der Pfeilrichtung stattgefunden hat. Bei nicht zu weichen Kitten tritt eine solche kaum oder doch nur in verschwindend kleinem Maße durch das Eigengewicht des Rohrstranges ein.

Füllt man nun den Strang durch *D* mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur, so zeigt sich bei Verwendung eines guten Kittes nach 24 Stunden eine Durchbiegung des Rohrstranges nach der Horizontalen von 4 bis 5 cm. Weder vor noch nach der Durchbiegung darf eine der Muffen sich als undicht erweisen, falls dieselben mit der nötigen Vorsicht verdichtet worden sind. Tritt eine merkliche Durchbiegung des Stranges auch nach der Füllung desselben mit Wasser nicht ein, so beschwert man die Mitte desselben durch Anhängen von Gewichten, bis eine Senkung von 4 bis 5 cm zu bemerken ist. Man erfährt auf diese Weise, ob der Kitt den Anforderungen in bezug auf Biegsamkeit und Wasserdichtigkeit entspricht.

Am gleichen Versuchsobjekt, jedoch mit unterstützten Muffen bei *E*, prüft man auf Erhaltung der Plastizität bei wechselnden Temperaturen, indem man das kalte Wasser auslaufen läßt und den Rohrstrang mit Wasser von 30 bis 40°, eventuell der mutmaßlichen Temperatur des zu erwartenden Kanal-

inhaltes füllt und beobachtet, ob der Kitt infolge der Erweichung aus den Fugen gedrückt wird. Es ist dabei erforderlich, die Temperatur des Wassers für mehrere Stunden annähernd konstant zu erhalten.

Den letzten Versuch am gleichen Objekt, den Test auf die Druckfestigkeit des Kittes, stellt man an, indem man den Rohrstrang mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur füllt und unter Einstellung der Hähne *D* mit einer gewöhnlichen Kesseldruckpumpe so lange langsam Wasser einpreßt, bis eins der Rohre platzt, welcher Fall in der Regel zwischen $3\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Atm. eintreten wird. Dabei darf der Kitt in keinem Falle aus den Fugen getrieben werden und es sollen diese letzteren auch absolut dicht bleiben, was nebenbei bemerkt, ebensowohl eine Gewähr für die erforderliche Bindekraft, als auch die Wasserundurchlässigkeit des Kittes bedeutet.

Soll der Asphaltkitt auf seine Verwendbarkeit zum Verdichten von gußeisernen Wasserleitungsröhren (statt der üblichen Bleiliderung), welche meistens unter beträchtlichem Druck stehen, geprüft werden, so wird man die Probe zweckmäßig an derartigen Röhren unter Anwendung eines entsprechend höheren Druckes, aber nicht über einer Temperatur von 15°C , ausführen. Nur in ganz bestimmten Fällen, wo das die Rohrleitung passierende Wasser eine höhere Temperatur aufweist, wie z. B. bei Thermalquellen usw., wird man den Versuch bei der Temperatur auszuführen haben, welche dieser Flüssigkeit eigen ist.

Zur genauen Feststellung der hier in Frage kommenden Konstanten wird man sich natürlich entsprechender Prüfungsmaschinen zu bedienen haben, wie sie für die mechanische Untersuchung der Materialien üblich sind.

Bei der chemisch-technischen Untersuchung der Klebmassen und des Holzzements, die häufig ein Mixtum compositum aus allen möglichen Teerarten mit mineralischen Stoffen, Harzen und Schwefel darstellen, kann es sich nur um Ermittlung des Gesamtbitumens, der mineralischen Bestandteile, des organisch gebundenen und freien Schwefels und allenfalls noch des Harzgehaltes handeln. Man extrahiert eine abgewogene Menge des Produktes mit reinem Benzol oder Petroleumbenzin und findet im Rückstand die Menge der mineralischen Bestandteile plus freien Kohlenstoff aus dem Teer und freiem Schwefel. Letzteren bestimmt man durch Extraktion des Rückstandes mit reinem Schwefelkohlenstoff. Der daraufhin getrocknete und gewogene Rückstand hinterläßt beim Waschen unter Vernachlässigung der beim Glühprozeß vor sich gegangenen Reduktion einzelner Bestandteile die sehr annähernde Menge der mineralischen Bestandteile, während die freie Kohle aus dem Teer sich verflüchtigt.

Im Extrakt bestimmt man den gebundenen Schwefel nach der Abtreibung des Lösungsmittels nach einer der bereits erwähnten Methoden. Zur Trennung etwa vorhandenen Harzes oder Harzöles versetzt man den Extrakt mit absolutem Alkohol im Überschuß, läßt einige Zeit stehen und filtriert. Harze und Harzöle finden sich, allerdings in verunreinigtem Zustande, neben schweren Kohlenwasserstoffen usw. im Filtrat und können darin auf die bereits früher angegebene Weise wenigstens identifiziert, oder auch in ihrer ungefähren Menge bestimmt werden, wozu die von Holde¹⁾ und Henriques²⁾ angegebenen Methoden benutzt werden können.

¹⁾ Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden **3**, 73. — ²⁾ Ebend., S. 120.
Köhler, Asphalte. 2. Aufl.

Bezüglich der Untersuchung von Asphaltzementen, die für den Bau von Straßen oder sonstigen Fußwegenbelag nach dem Walzasphaltverfahren verwendet werden, gelten die gleichen Anforderungen wie für Asphaltkitt. Nur sind hierfür entsprechend den besonderen Bedingungen, denen das Material zu genügen hat, auch eigene Untersuchungsverfahren ausgearbeitet worden, die namentlich die Härte und Widerstandsfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen betreffen; ferner die Kohäsion, Beständigkeit in der Wärme gegenüber Verflüchtigen von leichten Anteilen und dergleichen mehr. Alle Untersuchungsvorschriften zur Bestimmung dieser Eigenschaften haben wir an anderer Stelle bereits eingehend besprochen, insbesondere betreffend Schmelzpunkt, Penetration, Duktilität, Flüchtigkeit. Sie alle sind mehr physikalischer Art, da ja die Angriffe, denen das Material in der Praxis zu widerstehen hat, nur physikalischer Natur sind. Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, daß alle diese Methoden auch zur Untersuchung der anderen hier erwähnten Produkte herangezogen werden können, soweit es sich um Aufschlüsse nach den genannten Richtungen handelt.

Nachträge.

Zu S. 3. Literatur. Kurz vor Ausgabe dieses Werkes erschien im englischen Buchhandel: Arthur Danby, Natural Rock Asphalts and Bitumens, their Geology, History, Properties and Industrial Applications, London 1913, Constable & Company Limited.

Zu S. 5. Klassifikation. Eine neue Klassifikation der Asphalte für industrielle Zwecke ist von Danby (Natural Rock Asphalts and Bitumens, London 1913, S. 7) gegeben worden. Er teilt alle Asphaltprodukte in folgende drei Klassen ein:

1. Bitumen: alle natürlich vorkommenden Substanzen, die ohne weitere Behandlung als durch Extraktion von den sie begleitenden mineralischen und pflanzlichen Verunreinigungen befreit werden können, völlig in Schwefelkohlenstoff, aber nur teilweise in Äther löslich, in Alkohol meist ganz unlöslich sind. Beispiele: die Asphalte von Trinidad, Venezuela, Cuba, Mexiko usw., Barbados Manjac, Glanzpech, Grahamit, Gilsonit, Elaterit, Wurtzilit, syr. Asphalt, Malthen, Goudron minérale, Bergteer, asphaltische Öle und das Bitumen des Asphaltkalkfelsens, ebenso die aus einem der obigen Materialien oder asphaltischen Ölen durch Destillation erhältlichen Produkte.

Die Bitumen zerfallen in:

- a) Reine Bitumen, für die festen,
- b) Malthen für die flüssigen und halbfesten Varietäten.

2. Peche: Das sind alle jene Stoffe, die durch trockene oder fraktionierte Destillation aus allen anderen organischen Stoffen oder bei der Destillation von vegetabilischen Ölen gewonnen werden. Hierher gehören die Peche aus Steinkohlenteer, Holzteer, Braunkohlenteer, Stearin, Wollfett, Baumwollsamensöl u. dgl., sowie die Rückstände der Destillation von tierischen und pflanzlichen Fetten, Harzen und Balsamen irgend welcher Herkunft.

Die Peche werden eingeteilt in:

- a) Reine Peche, das sind die festen,
- b) Teere, das sind die flüssigen Modifikationen.

3. Asphalte, worunter alle jene Materialien zu verstehen sind, welche imprägniert, im Gegensatz zu gemischt, sind mit Bitumen oder Pechen, oder beiden zugleich. Die die Basis der natürlichen Asphalte bildenden Mineralien sind Kalkstein oder Sandstein, für die künstlichen Produkte kommen auch andere zerkleinerte Materialien in Betracht. Die künstlichen unter Verwendung von gebrochenem oder gemahlenem Gestein hergestellten Produkte wären zu bezeichnen als „bituminöser Makadam“ oder „Teermakadam“.

Auch diese Klassifikation bietet nichts Neues und lehnt sich augenscheinlich an die von Delano aufgestellte Unterscheidung zwischen Bitumen und Asphalt an.

Zu S. 23. Welt-Rohölproduktion im Jahre 1912¹⁾.

	Tonnen	In Proz. der Weltproduktion
Vereinigte Staaten:		
Kalifornien	11 799 752	25,06
Oklahoma-Kansas	7 214 610	15,32
Illinois	3 683 592	7,82
Westvirginien	1 545 800	3,28
Texas	1 481 881	3,14
Louisiana	1 360 554	2,89
Pennsylvanien	1 061 100	2,25
Lima-Indiana	711 035	1,51
Andere Felder	805 603	1,71
Insgesamt in den Ver. Staaten	29 663 927	62,98
Rußland:		
Baku	7 784 638	16,53
Grosny	1 054 238	2,24
Tscheleken	198 200	0,90
Maikop	149 990	
Ferghana	60 000	
Emba-Uralgebiet	16 500	
Insgesamt in Rußland	9 263 566	19,67
Rumänien:		
Bustenari	301 631	0,64
Campina	295 405	0,62
Moreni	878 101	1,87
Baicoi-Tintea	122 834	0,26
Policiori	70 752	0,15
Andere Felder	138 219	0,29
Insgesamt in Rumänien	1 806 942	3,83
Galizien:		
Boryslaw	166 110	0,35
Tustanowice	849 458	1,80
Andere Felder	165 000	0,35
Insgesamt in Galizien	1 180 560	2,50
Niederländisch-Indien	1 520 000	3,23
Mexiko	2 100 000	4,46
Britisch-Indien	900 000	1,91
Japan	250 000	0,53
Deutschland	140 000	0,30
Die übrigen Länder	275 000	0,59
Welt-Rohölproduktion	47 100 003	100

¹⁾ Petroleum 1912, S. 732.

Zu S. 41. Asphaltkalkstein in den Vereinigten Staaten. Entgegen der an dieser Stelle gemachten Angabe, wonach die Vereinigten Staaten verhältnismäßig arm an zu Stampfasphaltarbeiten geeignetem Asphaltkalkstein sind, führte S. F. Peckham in einem Vortrag vor dem Amer. Inst. of Chem. Eng. (vgl. Asphalt- u. Teerindustrie-Ztg. 1913, S. 575) folgendes aus.

Die bedeutendsten Ablagerungen dieser Steine befinden sich westlich vom Mississippi und erstrecken sich von Utah durch Oklahoma und New Mexiko bis nach Texas hinein. Auch Kentucky und Alabama besitzen derartige Ablagerungen. In Utah und Texas sind sie in beschränkter Weise abgebaut worden, eine wirtschaftliche Bedeutung haben bisher aber nur diejenigen des Staates Oklahoma erlangt. Nach einem neueren Bericht des Staatsgeologen Dr. Gould sind letztere in genügender Menge vorhanden, um die Straßen sämtlicher amerikanischen Städte damit zu pflastern. In Kansas City (Missouri) hat die Gilsonite Paving Co. (St. Louis) im Jahre 1897 Straßen damit gepflastert, die seitdem nicht ausgebessert worden sind und sich noch jetzt in tadellosem Zustand befinden. Bald darauf sind diese Ablagerungen von bituminösem Kalkstein aufgekauft und der Verwertung entzogen worden. In Ardmore (Oklahoma) sind im Jahre 1908 Straßen mit natürlichem Bitumenstein gepflastert worden, die in den ganzen Vereinigten Staaten noch jetzt ihres gleichen suchen, trotzdem sie einen äußerst strengen Winter durchgemacht haben. Der betreffende Unternehmer hat gefunden, daß sich aus dem bituminösen Sand, wovon 12 engl. Meilen westlich von genannter Stadt unerschöpfliche Ablagerungen vorhanden sind, durch Kochen mit Wasser ein weicher Stoff, Maltha, extrahieren läßt, der weicher als Asphalt ist. In Fort Worth (Texas) hat er eine Straße mit einem Gemenge von bituminösem Kalkstein und bituminösem Sandstein in gehörigem Verhältnis, das mit diesem extrahierten Stoff versetzt wurde, gepflastert, die nach drei Jahren keinen Fehler zeigte, nicht einmal einen Riß infolge Zusammenziehung, so eben wie ein Zimmerfußboden und hart genug ist, um eine Sonnentemperatur von über 37° C auszuhalten. Für die Beurteilung des Wertes der verschiedenen Asphaltmaterialien ist die chemische Analyse zu Rate zu ziehen. Peckham hat zahlreiche vergleichende Untersuchungen an Oklahoma-Bitumen, kalifornischem Asphalt und Petroleumrückständen ausgeführt und gefunden, daß ersterer weder mit letzterem noch mit irgendeinem ihm bekannten südamerikanischen Bitumen identisch ist. Am ähnlichsten sind die bituminösen Gesteine von Oklahoma denjenigen von Neuchâtel und Seyssel in Europa. Kalifornischer Asphalt und Trinidadpech zersetzen sich an der Luft zu einem kohleartigen Rückstand. Dagegen weist das Zutageliegende der Oklahomaablagerungen trotz der deutlichen langen Einwirkung der Witterung fast gar keine Veränderung dem Inneren gegenüber auf. Die Bitumen aus diesen Stoffen zeigen gleichfalls wesentliche Verschiedenheiten in Härte und Biagsamkeit. Das verschiedenartige Verhalten der Pflasterungen sei daher erklärlich.

Demnach ist bei der Verarbeitung dieser Gesteine für Straßenbauzwecke eine Anreicherung durch stark bituminösen Sand und reines Bitumen erforderlich. Bei dem großen Reichtum der Vereinigten Staaten an sehr reinen bituminösen Materialien kann daher seine Verwendung für diese Zwecke doch wohl kaum in Frage kommen.

Zu S. 57. Asphalt von Sizilien. Die Ausfuhr an Asphaltmaterialien dieser Lagerstätte betrug im Jahre 1912 insgesamt 148 346 t, wovon 140 764 t Asphaltkalkstein, 6547 t Asphaltpulver und 1035 t Asphaltmastix. Sie erfolgte über Syrakus mit 75 508 t, Mazzarelli 59 560 t, Licata 7698 t, Pozzallo 4386 t und Catania 1194 t und verteilt sich nach den einzelnen Einfuhrstaaten wie folgt:

	1911	1912		1911	1912
	t	t		t	t
Deutschland	55,099	86,642	Italien (Festland) . . .	1,762	3,953
England	11,169	19,209	Rumänien	870	3,700
Ver. St. v. Nordamerika	10,901	11,100	Frankreich	1,700	850
Österreich-Ungarn . . .	11,519	10,750	Griechenland	4,341	382
Niederlande	10,497	7,325	Ceylon	600	—
Ägypten	3,724	4,525	Türkei	250	—

Zu S. 122. Säureasphalt aus der Erdölreinigung. F. C. Thiele¹⁾ hat den Säureasphalt aus Oklahomarohöl mit etwa 4 Proz. Asphaltgehalt näher untersucht. Das Öl erleidet bei der Behandlung mit Schwefelsäure von 1,835 spez. Gew. einen Verlust von 13 bis 16 Vol.-Proz., der als Asphalt bezeichnet wird. Dieser Säureteer besteht aus 65,5 Proz. organischen Stoffen und 33,5 Proz. freier Schwefelsäure und liefert beim Auskochen mit Wasser und Trocknen bei 100° eine bei gewöhnlicher Temperatur feste, schwarze, asphaltartige Masse, die bei der Destillation mit Dampf in 50 Proz. Öl, spez. Gew. 0,865 bei 15°, Siedep. 105 bis 302° und 50 Proz. Hartbitumen, Schmelzpunkt 149°, zerfällt.

Das Öl scheidet beim Abkühlen auf 0° reichliche Mengen eines wachsartigen, sich wie Guttapercha in Fäden ziehenlassenden Körpers aus. Das Hartbitumen besteht aus 95,1 Proz. Bitumen, 3,2 Proz. Schwefel und 1,2 Proz. Asche und konnte durch wiederholtes Auskochen mit Essigsäureanhydrid in gelbe und dunkelbraune, bronzeschillernde Harze zerlegt werden. Analog den Resultaten Donaths²⁾ glaubt Thiele hierin Beziehungen des Erdöls und Asphalts zum Pflanzenreich erblicken zu sollen.

Zu S. 124. Asphalt aus Erdölrückständen. Die Bildung übelriechender Olefine bei der Gewinnung von Gasolin aus über 260° siedenden flüssigen, paraffinartigen Erdölrückständen verhütet die Standard Oil Company of Indiana (Franz. Pat. 452604, 1912) dadurch, daß dieselben unter einem Druck von 4 bis 5 Atm. destilliert werden, so daß der Siedepunkt von 260° auf 315 bis 450° steigt, wodurch 50 bis 60 Proz. Paraffin von niedrigerem Siedepunkt gebildet und kondensiert werden. Der Rückstand wird in einer zweiten Retorte bei Atmosphärendruck mit Wasserdampf von 260 bis 370° behandelt und liefert ein dem natürlichen Bermudezasphalt ähnliches Produkt.

¹⁾ Chem.-Ztg. 1913, S. 841. — ²⁾ Ebend. 1912, S. 273.

Zu S. 134. Stampfasphalt. Über die Ausführung von Stampfasphaltarbeiten im vereinigten Königreich England geben nachstehende Ziffern nach Danby (a. a. O., S. 33) einige Auskunft. Es betrug die Einfuhr an Asphaltkalkstein

	1910		1911	
	t	£	t	£
Aus Deutschland.	24,960	58,092	24,330	53,784
„ Frankreich	11,985	25,301	13,716	32,272
„ Italien	10,308	18,604	12,200	19,343

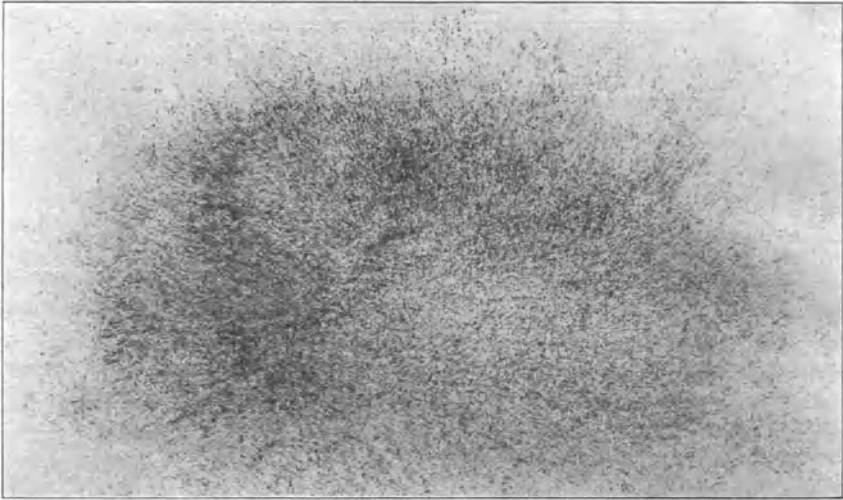
Zu S. 187. Eine Belagmasse für Fahrbahnen, Bürgersteige usw. soll nach dem Verfahren von Mts. Sperling¹⁾ dadurch gewonnen werden, daß man Teer mit Schwefelsäure behandelt und hierauf mit trockenem gelöschten Kalk bis zur alkalischen Reaktion vermischt. Statt Teer und Säure kann man auch Rückstände der Petroleumdestillation verwenden, die schon mit Säure behandelt sind. Der Masse wird dann noch im warmen Zustande Sand beigemischt. Das Verfahren dürfte wenig Aussicht auf Erfolg haben, da die Säureharze in der Kälte leicht spröde werden.

Zu S. 219. Asphaltflecke. Die dort unter Fig. 89, a, b und c gegebene Darstellung, Ausschnitte aus Originalaufnahmen Richardsons in seinem neuesten Werk „Asphalt Construction for Pavements and Highways“, New York und London 1913, könnte leicht zu Täuschungen Veranlassung geben. Bei der Wichtigkeit der Sache halten wir es für erforderlich, die Flecke in umstehenden Fig. 256 bis 259 in vollem Umfang wiederzugeben.

Zu S. 219. Flußmittel für Walzasphalt. Über Eigenschaften und Unterscheidung derartiger Naturbitumen und ihrer Rückstände äußert sich Clifford Richardson²⁾ neuerdings wie folgt. Stark bitumenhaltige Rohöle finden sich in verschiedenen Weltteilen, besonders in Zentralamerika und Kalifornien bis nach Trinidad, und sind auch in letzter Zeit in Argentinien gefunden worden. Die Rohöle haben in Form ihrer Destillationsrückstände vielfache Verwendung in der Asphaltindustrie gefunden. Sind diese Rückstände noch flüssig, so dienen sie als Erweichungs- oder Fluxmittel. Paraffinfluxmittel sind Rückstände von Ölen mit Paraffinbasis, die 4 bis 15 Proz. Paraffin und etwa 75 bis 85 Proz. gesättigte Kohlenwasserstoffe enthalten. Solche Öle stammen z. B. von Ohio- und Pennsylvaniaölen; sie sind wenig geeignet als Fluxmittel und unbrauchbar als Bindemittel für Straßenbauzwecke. Die zweite Sorte Fluxöle sind halb asphaltisch und haben höhere spezifische Gewichte als Paraffinfluxe, enthalten weniger Paraffin, statt dessen aber Asphalt. Sie unterscheiden sich von Paraffinfluxen dadurch, daß sie Gilsonit und Grahamit auflösen. Die asphaltischen Fluxe haben hohe spezifische Gewichte, annähernd gleich dem des Wassers, geben beim Glühen große Mengen von Koks und sind fast frei von Paraffin. Von allen diesen Fluxen unterscheidet sich der mexikanische Flux durch den gleichzeitigen Gehalt an

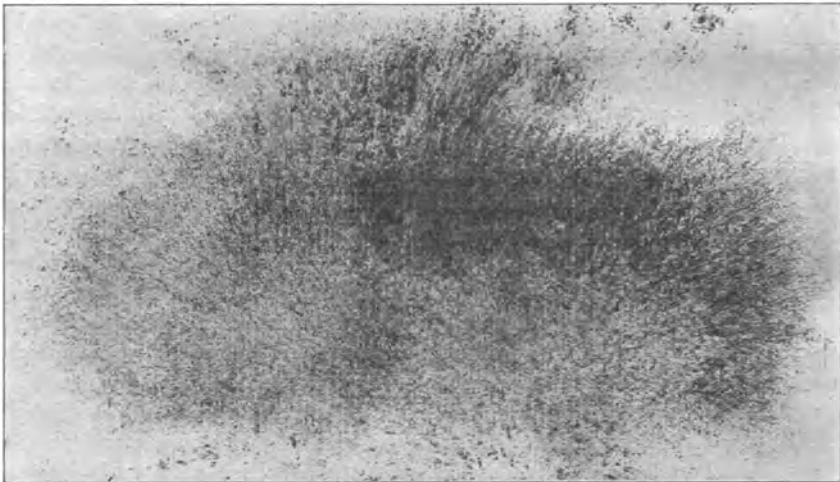
¹⁾ Dän. Patent 14617 vom 5. August 1910. — ²⁾ Journ. Ind. and Eng. Chemistry 1913, S. 462.

Fig. 256.



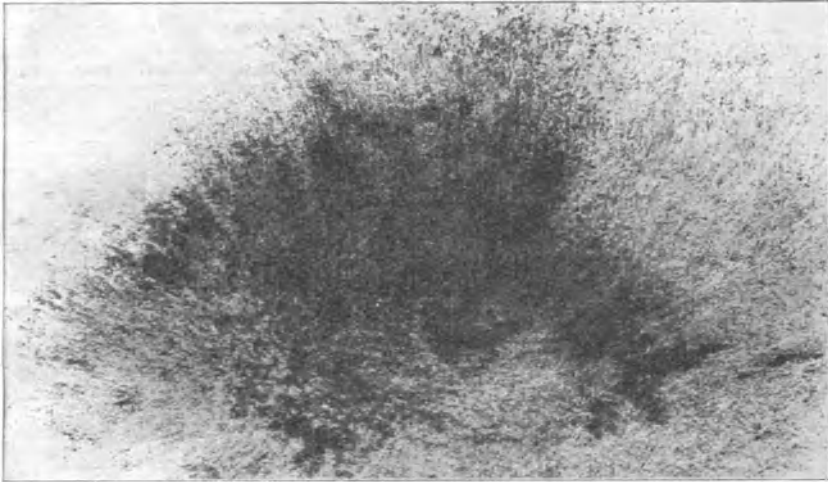
Zu wenig.

Fig. 257.



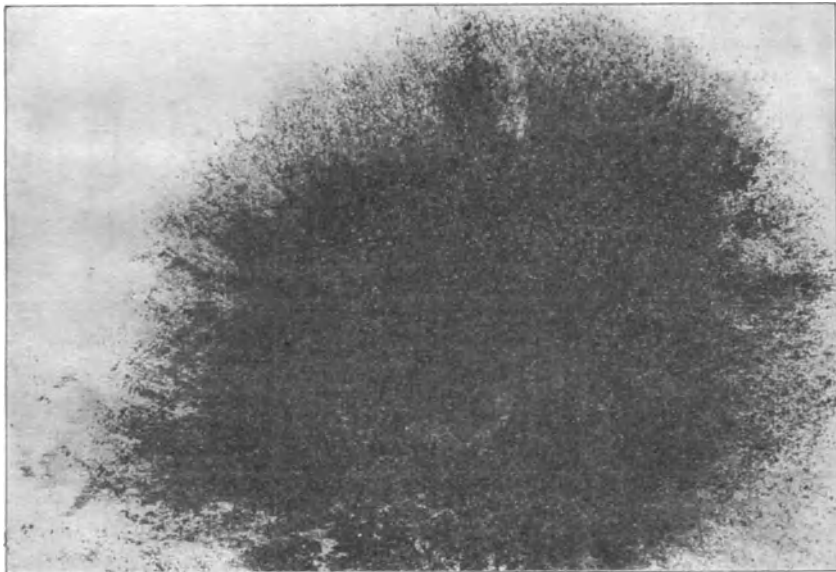
Genügend.

Fig. 258.



Kräftig.

Fig. 259.



Zu viel.

Tabelle I. Analysen von Fluxrückständen.

Herkunft	Spez. Gew.	Rein-	Rein-	Paraffin-	Schwefel-	Koksrückstand, aschenfrei
		bitumen, löslich in 88° Naphtha Proz.	bitumen, enthält gesättigte Kohlen- wasserstoffe Proz.			
Aus Paraffin-Petroleum:						
Rußland, 1896	0,910	—	79,3	0,0	—	—
Pennsylvanien, 1889	0,913	—	85,6	14,5	0,6	—
Ohio, 1898	0,924	—	81,9	8,5	2,6	4,0
Ohio, 1906	0,922	99,4	78,3	9,6	—	—
West Va, 1904, Ky, roh	0,940	96,5	85,0	10,3	—	—
Canada, 1905	0,937	96,9	78,0	8,1	—	—
Corsicana, Texas, 1906	0,940	95,6	83,1	4,0	—	—
Lima, Ohio, 1907	0,943	97,3	75,1	6,4	0,44	2,8
Whiting, Ind., 1907	0,930	96,6	75,3	7,9	0,50	1,9
Neodesha, Kan., 1907	0,926	97,4	74,1	8,9	0,61	1,8
Schieferteeröl, Frankr.	0,985	93,6	43,6	4,4	—	3,0
Aus mexikan. Petroleum:						
Mexiko, 1912	1,007	79,9	43,2	2,0	4,3	10,0
Aus halbaspphalt. Petrol.:						
Beaumont, Texas, 1903	0,974	95,2	79,4	1,7	—	3,5
„ „ 1903	—	96,3	67,9	0,3	0,74	2,8
„ „ 1904	0,957	97,5	72,8	1,0	—	3,0
„ „ 1904	0,952	99,1	72,3	1,0	—	—
Texas, 1905	0,961	96,9	80,6	2,1	—	—
Chaison, Texas, 1906	0,962	94,9	—	4,6	—	—
Aus asphalt. Petroleum:						
Kalifornien, Nr. 2, 1903	1,002	92,4	47,9	0,0	—	6,0
Kalifornien, „G“, grade, 1904	1,006	92,3	41,8	0,0	—	6,0
Trinidad, 1912	1,004	86,9	35,3	0,0	2,6	7,0

Tabelle II. Analysen von geblasenen Ölrückständen.

Herkunft	Penetration	Duktili- tät cm	Bitumen, lösl.	Rein-	Rein-	Paraffin-	Schwefel-	Koksrückstand, aschenfrei
			in CS ₂ Proz.	bitumen, löslich in 88° Naphtha Proz.	bitumen, enthält gesättigte Kohlen- wasserstoffe Proz.			
Pittsburg, Flux	38	—	97,6	66,1	55,5	3,7	4,75	13,7
Hydroline „B“	55	—	99,9	67,9	64,2	1,0	0,56	12,2
Hydroline „B“	41	—	99,8	71,0	57,0	1,0	0,41	8,7
Kalif. Obispo, 1909	25	7,3—7,4	99,6	61,5	35,7	0,1	1,22	17,3
Kalif. Obispo, 1909	11	2,1—2,2	99,6	63,4	38,2	0,3	1,23	19,6
S. O. Co., Bindem. Nr. 3	85	3,1—3,2	99,8	74,9	44,3	1,0	0,77	13,2
S. O. Co., Bindem. Nr. „B“	135	29	99,8	76,1	51,7	3,1	0,68	12,6
Gulf-Bindemittel	35	6	99,4	70,1	48,4	0,2	0,71	14,6

Paraffin und Asphalt bei hohem Schwefelgehalt. Er liefert bei der Destillation gleichfalls große Mengen Koks. Beispiele dieser verschiedenen Arten von Flux sind in den Tabellen I und II gegeben.

Wie erwähnt, hat man auch versucht, die Ölrückstände durch Behandeln mit Schwefel oder Luft bei hoher Temperatur in Asphalt überzuführen. Solche geblasenen Öle haben eine geringe Duktilität und geringe Klebkraft.

Die ersten festen Ölrückstände, die aus Petroleum erzeugt und zum Straßenbau verwendet wurden, stammten aus Kalifornien, doch sind später solche auch aus Texasölen, Mexikoölen und Trinidadölen gewonnen worden. Charakteristisch für Mexikoöle im Gegensatz zu reinen Asphaltölen ist die Tatsache, daß der Schwefel der Öle in die Destillate übergeht, während er bei reinen Asphaltölen durch Zersetzung als Schwefelwasserstoff abgespalten wird, wie folgende Analysen zeigen:

	Schwefel	
	Roh Proz.	Heizöldestillat Proz.
Trinidadöl	3,60	0,65
Mexikoöl	3,28	2,31

Das gleiche gilt für den Rückstand Nr. 3:

	Penetration	Schwefel Proz.
Trinidadrückstandspech	50	2,10
Mexikorückstandspech	50	5,38

Als bemerkenswerte Unterschiede zwischen Petrol- und Naturasphalten ergeben sich nach Richardson die folgenden:

In Naturasphalten ist in der Regel viel Schwefel enthalten, zwischen 4 und 8 Proz. Sie sind fast frei von Paraffin und enthalten weniger als 25 Proz. gesättigte Kohlenwasserstoffe. Je asphaltischer ein Öl ist, um so geringer ist in der Regel sein Gehalt an gesättigten Kohlenwasserstoffen, und bei den sogenannten Glanzpechen, wie Gilsonit und Grahamit, die an sich wenig Schwefel enthalten, beträgt der Gehalt an gesättigten Kohlenwasserstoffen sogar weniger als 6 Proz.; der Grahamit ist fast frei von gesättigten Kohlenwasserstoffen.

Namenregister.

- A**bich, Erdölgeneseis 61.
Abraham, Consistometer 397.
Accum, Teeressenz 21.
Actiebolaget J. Ohlessons, Teerreinigung 111.
Adaduroff, Erdölgeneseis 61.
Aeberli, Teerstraße 259.
Aelianus, Asphaltvorkommen 45.
Africanus, Asphaltvorkommen 45.
Agassiz, Tierleichen 67.
Agricola, Erdölvorkommen 15.
Aignau, A., Harzölnachweis 475.
Ainsworth-Mitchell, Totes Meer 25.
Aktiengesellschaft f. Asphaltierung und Dachbedeckung vorm. Jeserich, Eisenlack 340.
Aktiengesellschaft f. Seilindustrie vorm. F. Wolff, Schienenbefestigung 159.
Albertine, Asphaltverfahren 374.
Albrecht, F. s. Engler, C.
Alexander s. Nugent.
Allner, Steinkohlenteer 102.
Allut-Noodt, V. u. Goetsche, G., Guttaperchaersatz 359.
Amsler-Laffon, Druckfestigkeitsmaschine 464.
Andernach, A. W., Kosmosplatten 328.
Anderson, Schwefelodmyl 91.
Andés, Straßenteerung 245, 249.
Andrussow, Tierleichen 67.
Anglo-American Oil Co., Asphaltpflaster 240.
Anglo-Italian Mineral Oils and Bitumen Co., Asphaltverwertung 16.
Anthony, E., Kautschukersatz 356.
Aristoteles, Asphaltvorkommen 10, 45.
Asphaltdurit-Gesellschaft, Asphaltstraße 235.
Asphaltène, Asphaltverarbeitung 15.
Asphalt-Gesellschaft San Valentino, Granulinasphalt 199.
Asriel s. Donath.
Avelline u. Co., Asphaltgewinnung 17.
- B**äärnhelm, L. u. Jernander, A., Isoliermittel 351.
Baisly, G. s. Hannemann, A.
Barber, A. L., Asphaltmastix 179.
Barber Asphalt Paving Co., Bermudez-Asphalt 35.
Barrett Manufacturing Co., Kiespappdach 319, 321.
Basenau, F., Isoliermaterial 351.
Baswitz, C., Gummigewebe 360.
Baudin, Harzölnachweis 475.
Bauert, A., Schmelzpunktbestimmung 392.
Beauchamp, W. B., Kunstasphalt 87.
Becher, Joh. Joach., Teergewinnung 19.
Behrens, Kohlenstoff, freier 109.
Asphaltrohren 364.
Bell, C. P., Kautschukersatz 357.
Berliner Aktiengesellschaft für Eisengießerei, Schmelzkessel 176.
Bernus, S., Brikettpech 107.
Beroldingen, Freih. v., Erdölgeneseis 64.
Bertels, Erdölgeneseis 65.
Berthelot, Erdölsynthese 62.
Bethell, Holzimprägnierung 21.
Beyerley s. Mabery.
Bielenborg, Asphaltvorkommen 37.
Biles, W. A., Hartgummiersatz 359.
Bindewald, Straßenteerung 244.
Binney, E. W., Erdölgeneseis 63.
Bleckendorfer Maschinenfabrik, Asphaltwagen 191.
Boerche, P., Isolieranstrich 353.
Bonnet, E., Kautschukersatz 357.
Bornemann, Bitumenbestimmung 449.
Boussingault, Asphaltbestandteile 93.
Boutigny, Erdölgeneseis 60. Bitumengewinnung 168.
Bowen, Penetrationsmaschine 394.
Brakebusch u. Harperath, Erdölgeneseis 61.
Brand, A., Asphaltmastix 179.
Brasche u. Mitgau, Kunstasphalt 145.

- Braun, Straßenteerung 249.
 Breining, G., Straßenteerung 245.
 Sprengwagen 248.
 Bresson, Kunstasphalt 145.
 Breydel, A., Teervergasung 106.
 Brinck u. Hübner, Asphaltmühle 140.
 British Thomson Houston Co., Isoliermasse 353.
 Brix, Straßenteerung 249.
 Brönner, J., Fleckwasser 21.
 Buck, L. H. s. Dörflinger, W. F.
 Burschell, Straßenteerung 244.
 Büsscher u. Hoffmann, Dachpappe 265. Isolierplatte 302. Prüfung 306, 463. Kiespappdach 319.
 Buzzard, J. W., Straßenreparatur 166.
C
 Camerana, Asphaltproduktion 57.
 Carley s. Smith.
 Carnelly, Pechbitumen 107.
 Chameroy u. Co., Asphaltrohren 362.
 Charitschkoff, Erdölgeneseis 61. Erdölrückstände 121. Bitumenanalyse 420.
 Chatillon, John & Co., Consistometer 397.
 Chemische Fabriken u. Asphaltwerke, A.-G., Gußasphaltbrote 178.
 Chemische Fabrik Großweisandt, Rostschutzmittel 340.
 Chemische Fabrik Lindenhof, C. Weyl u. Co., A.-G., Pechreinigung 340.
 Christen, K., Kunstasphalt 146, 189.
 Claudy u. Fink, Cracken 121.
 Claussen, Ch., Gußasphalt 200.
 Clawson, Hydrocarbonkomposition 182.
 Clayton, Leuchtgas 20.
 Clegg, Sam., Leuchtgas 20.
 Cohen, A., Guttaperchaersatz 350.
 Comité, amerikanisches f. Materialprüfung, Bitumenbestimmung 416.
 Compagnie Générale des Asphalts de France, Asphaltkonzession 48. Heitztrommel 151. Gußasphaltarbeiten 193, 201, 205, 214.
 Conboy, F. J., Hartgummiersatz 359.
 Constable, W. E., Kunstasphalt 188.
 Constam u. Rougeot, Teerpech 108.
 Cooper, A. S., Asphaltvorkommen 37.
 Coppadoro, Asphaltvorkommen 57.
 Coquand, Asphaltvorkommen 57.
 Coudenberg, de, Kautschukasphalt 147.
 Coulson, Teerverpechung 105.
D
 Daehr, Asphaltplatten 160.
 Daguzan, V. L., Kunstasphalt 187.
 Danby, Asphalt 483. Stampfasphalt 487.
 Dankworth u. Sanders, Isoliermaterial 350.
 Davies, Stearinpech 131.
 Davison, Patentasphaltpflaster 199.
 Davy, Asphaltkitt 361.
 Day, Nitrierung von Asphalt 128.
 Deal, S. F. s. Ross, G.
 Delachanal, Asphaltdestillation 89.
 Delano, W. H., Asphalt und Bitumen 5. Stampfasphalt 19. Stampfasphaltplatten 160.
 Denhardt, Asphaltpflaster 166.
 Deutsche, bituminöse Kitte 361.
 Deutsche Aktiengesellschaft der Limmer und Vorwohler Asphaltgruben 55.
 Deutsche Asphalt-Aktiengesellschaft, Asphaltstraße 145.
 Deutsche Steinzeugwarenfabrik, Kanalplatten 212.
 Deutsche Teerbetonwerke, G. m. b. H., Teerpflaster 259.
 Diamant, Asphalttrennung 420.
 Dieterich, K., Harzuntersuchung 476.
 Dietrich, E., Stampfasphalt 19. Asphaltstein 137. Kunstasphalt 144. Asphaltplatten 164. Goudron 171, 173. Mastix 175, 180. Ziegelteerung 334.
 Diodor, Asphalt im Altertum 10.
 Dioskorides, Asphalt im Altertum 11.
 Ditmar, Kautschukersatz 355.
 Divers u. Nakamura, Cracken 121.
 Dodge, Kunstkautschuk 358.
 Döhring, Asphaltglasrohren 363.
 Dörflinger, F. W., u. Buck, H. L., Kautschukersatz 356.
 Dörr, E., Asphaltschwefeleisen 183.
 —, C., Kunststein 261.
 Dolph, Isolieranstrich 354.
 Donath, E., Asphaltklassifikation 9. Erdöl von Köflach 64. Schwarze Kohlenwasserstoffe 76. Wollfettpech 131.
 — u. Asriel, Steinkohlenteerpech 108.
 — u. Margosch, Extraktion 81, 109. Fettpech 440.
 — u. Strasser, Stearinpech 131.
 Dow, Penetrationsmaschine 394.
 — u. Smith, Duktometer 399.
 Dubbs, J. A., Kunstasphalt 127.
 Dubois s. Siller.
 Duderstadt s. Steinbach.
 Dundonald, Kokerei 20.
 Dupré, M. u. Icard, S., Isoliermasse 352.
E
 Eder u. Valenta, aktiver Asphalt 375.
 Eirinis, E. d', Asphaltlager 12. Asphaltverwendung 13.
 Eisenmann s. Zühl.
 Eldrige, Gilsonit 39.
 Elektrische Isolierkörperfabrik, Isoliermaterial 352.

- Endemann, Schwefelgehalt 72. Asphaltbestandteile 95. Schwefelbest. 426.
- Engelhardt, H., Anstrichfarbe 302.
- Engler, C., Systematik der Bitumen 7. Optische Aktivität des Erdöls 62. Druckdestillation 69. Chemismus der Erdölbildung 70. Asphalt von Bentheim 91. Erdölbestandteile 92. Viskosimeter 400. Erdölbestandteile 420. Schwefelbestimmung 425.
- u. Albrecht, Erdöl im Lias 65.
- u. Flachs, Al., Bitumen im Lias 97. Erdpechanalyse 420.
- u. Höfer, H. v., Theorie der Erdölbildung 68.
- u. Jezioranski, Erdöl 122.
- u. McGarvey, C., Pyridin im Asphalt 96.
- Ewers, F., Bromaddition 475.
- F**axa, Dachpappe 21, 265.
- Fegräus, F. s. Stahl, A. F.
- Fenton, F., Kautschukersatz 356.
- Fichtner, Asphaltlösung 373.
- Fink s. Claudy.
- Fischer, E., Isoliermaterialien 348.
- Flachs, Al. s. Engler, C.
- Fleming, J. A., Isoliermaterial 352.
- Fortier u. Gobert, Asphaltlösung 373.
- Forward, C. R., Erdölaspalt 125.
- Fraas, O., Totes Meer 25. Korallenriffe 66.
- u. Sickenberger, Tierleichenansammlung 66.
- Frank, F., Asphaltlack 345.
- Frese, Imprägniermaterial 277.
- Fressenden, R. A., Glühfaden 354.
- Friedlaender, S., Schwefelbestimmung 426.
- Friedrich, G. u. Co., Holzzement 344.
- Friese, W., Rohpappe 268. Dachpappe 279.
- G**ans s. Zaloziecki.
- Gaster, L., Pechreinigung 111.
- Gavrian, Straßenteerung 242.
- Gelinek, W., Hartgummi 359.
- Gensanne, de, Teergewinnung 20.
- Gentzsch, A., Isoliermaterial 350. Asphalthärtung 351.
- Genzen, Dachlack 337.
- Gesellschaft, hermetische, Asphalt 11.
- Gessner, Asphaltdestillate 90.
- GewerkschaftHerkules, Kunstasphalt 145.
- Geymet, Asphaltlösung 373.
- Gilli, Dachpappe 265, 308.
- Gillmore, Trockenmaschine 180.
- Gilsonit Paving Co., Asphalt 42.
- Gluschkow, J. A., Elaterit 46.
- Gmelin, L., Totes Meer 25.
- Gobert s. Fortier.
- Gobin, A. M., Kunstasphalt 187.
- Goetsche, G. s. Allut-Noodt.
- Goodyear, Kautschukersatz 357.
- Graefe, E., Trinidadsee 26. Asphaltschwefel 72. Braunkohlenteer 113. Wassergasteer 129. Teerpeche 131. Trinidadgoudron 170. Erdölrückstände 182. Asphaltlack 330, 347. Schmelzpunktapparat 389. Extraktionsapparat 414. Fettkohlenwasserstoffe 441. Volumenometer 218, 459.
- Griffon, E., Straßenteerung 250.
- Grote, L., Kautschukersatz 357.
- Grotowsky, Abfallsäure 115.
- Grünzweig, Wärmedurchlässigkeit 469.
- u. Hartmann, Korkstein 368.
- Grusonwerk, Kugelmühle 185.
- Guglielminetti, Straßenteerung 241.
- H**abets, Teerpech 108.
- Haeusler, K. F., Holzzement 110, 340.
- Hager, H., Schwefelkohlenstoff 120.
- Hahn, R. W., Teeremulsion 251.
- Hambloch s. Hennig.
- Hannemann, A. u. Boisly, G., Kunstasphalt 189.
- Haquet, Erdölgenese 65.
- Harperath s. Brakebusch.
- Hartley, Glasunekitt 361.
- Hartmann s. Grünzweig.
- Hasak, Dachformen 310.
- Haskins, Teergewinnung 20.
- Hauenschild, Druckfestigkeit 454.
- Hayward, J. W., Kunstasphalt 189.
- Heeren s. Karmarsch.
- Heichlinger, Gießring 209.
- Heide, H. v. d., plastische Masse 357.
- Heinrich Hirzel, G. m. b. H., Asphalt-darre 195. Imprägnierapparat 293. Asphaltdachpappenfabrik 299.
- Heinrichsdorf, H. u. Zimpel, R., Kunstkautschuk 359.
- Hemilian, Petrocen 121.
- Hennebutte, Teerverpechung 105.
- Hennig u. Hambloch, Pyknoton 262.
- Henriques, Schwefelbestimmung 423.
- Hentrich, Teerstraßen 243.
- Herodot, Asphalt 11. Verwendung 45.
- Herzfeld, W., Rohpappe 271.
- Heusler, Schwefelbestimmung 425.
- Heusser, E., Asphaltstein 146. Asphaltlack 338.
- Heydebrand, C. F. s. Mielek.
- Hicks, Schwefelbestimmung 421.
- Hippokrates, Griechisches Feuer 11.
- Hitchcock, Asphalt 26.
- Hasiwetz, Asa foetida 91.

- Hochstetter, Erdöl 64.
 Hoefler, H. v., Klassifikation 6. Asphalt vom Toten Meer 26. Erdöl aus Tierresten 66, s. auch Engler, C.
 Holde, D., Klassifikation 9. Asphaltbestimmung 420. Schwefelbestimmung 426.
 — u. Marcusson, Residuen und Peche 445.
 — u. Schaefer, Bitumenbestimmung 451.
 Hoppe-Seyler, Zellulosegärung 65.
 Hubbard, Wiegefäßchen 383.
 Hübner s. Brinck.
 Humphreys, Asphaltdestillation 90.
 Husnik, Asphaltilösung 374.
 Hutchinson, Viskosimeter 407.
 Hutter, Asphaltröhren 362.
- I**card, S. s. Dupré, M.
- J**ackson, Dichtebestimmung 461.
 Jacunski, Asphaltvorkommen 26.
 Jaffée, M., Asphaltpapier 373.
 Jaloureau, Asphaltröhren 363.
 Jansen, P., Isolieranstrich 353.
 Jasper, Asphalt von Lobsann 50.
 Jeffery, Marineleim 360.
 Jenny, W. P., Säureharze 123.
 Jernander, A. s. Bäärnhelm, L.
 Jeserich, Joh., A.-G., Asphalthärtung 128. Asphaltstraßen 235.
 Jezioranski s. Engler, C.
 Jossinet, Bitumenextraktion 169.
 Jost, C., Asphaltmastix 181.
- K**aempff, T. A. M., Kunstebonit 359.
 Kag, M., Dachpappe 21.
 Kahlbetzer, Asphaltplatten 160.
 Kapff, Th. Nachfolger, Asphaltröhren 364.
 Karmarsch u. Heeren, Dachgewichte 308.
 Kason u. Sexton, Asphaltlack 347.
 Kayser, R., Klassifikation 5. Asphaltbildung 72. Aktivität 77. Löslichkeit 81. Asphaltdestillation 90. Bestandteile 94. Lichtwirkung 474. Spektrum 428.
 Kiesling, Schwefelbestimmung 425.
 Kingzett, Kunstasphalt 179.
 Klimont, Schmelzpunkt 387.
 Kluk, Ch., Erdölgeneseis 60.
 Knab, Ch., Asphaltbildung 65.
 Knauff, Betonkanäle 212.
 Knublauch, Stickstoff im Teer 103.
 Köhler, H., Asphalt 74. Steinkohlenteer 99. Gußasphalt 193. Asphaltextraktion 169. Röhrendichtung 207. Rohpappenprüfung 272. Dachpappenuntersuchung 465. Asphaltilkitt 479.
 Kötnitz, Asphaltbestimmung 420.
- Kohlmorgen, Erdölgeneseis 64.
 Kolbe, Schwefelodmyl 91.
 Konek, v., Schwefelbestimmung 424.
 Kovács, J., Klassifikation 9. Schmelzpunktapparat 384.
 — u. Sötet, Asphaltprobe 441.
 Kraemer, G., Teerbestandteile 103. Pechbestandteile 107. Säurewäsche 113. Thiophen im Erdöl 120.
 — u. Sarnow, Schmelzpunktapparat 387.
 — u. Spilker, A., Erdölgeneseis 63. Wirkung des Schwefels 72. Eisenlack 338, 340.
 Kramer, O. s. Thörner.
 Krépelka s. Lunge.
 Kropff, Kiespappdach 321.
 Krüger s. Wall.
 Kuhlmann, Teerlack 333.
 Kusnetzow, Tierleichen 67.
 Kutznitzki, E., Dachpappe 302.
 Kwjatkowsky, Merkaptan 120.
- L**ake, H., Isoliermaterial 352.
 Lang, G. H., Guttaperchaersatz 358.
 Langowoi s. Rudneff.
 Lasaly, Straßenteermaschine 248.
 Laur u. Moissan, Erdölgeneseis 61.
 Lavoisier, Totes Meer 25.
 Leaver, Teerverpechung 105.
 Le Bel, Silicium 61.
 Lebon, Ph., Leuchtgas 20.
 Le Chatelier, Dichtebestimmung 461.
 Lee, J. L., Anstrichfarbe 340.
 Lemoine, Pechbestandteile 107.
 Lenner, Papierprüfer 463.
 Lesquerreux u. Newberry, Erdölgeneseis 63.
 Lessing, A., Pechreinigung 110. Isoliermaterial 350.
 Libavius, Asphaltvorkommen 11.
 Lidow, Schwefelbestimmung 422.
 Lindley, L. L., Mineralkautschuk 356.
 —, W. H., Röhrendichtung 207.
 Lipinski, K. K., Säureharze 124.
 Lissauer, M., Isoliermasse 353.
 Lobsann-Asphaltgesellschaft 15.
 Loebell, Asphaltilärtung 128. Diazobenzolreaktion 437.
 Loehr, B., Asphaltplatten 163.
 Lohmann, D., Petrolasphalt 442.
 Lortzing, C., Kunstasphalt 188.
 Loyeau, B., Teeremulsion 253.
 Lucke, C. Plattenpresse 160.
 Lück, Albert, Ausdrehwalze 283. Imprägnierpfanne 289. Dachpappenfabrik 294.
 Luhmann, Dachpappe 269. Dachlacke 336. Holzzement 341.
 Lunge, G., Ziegelteerung 333. Wiegefäßchen 382. Teerprüfer 404.

- Lunge u. Kröpelka, Reinbitumen 76, 80, 82.
 Luther, M., Genesis 10.
 Luzi, W., Graphitkohlenwasserstoffe 76.
- M**abery, Erdölaspphalt 71. Schwefelbestimmung 425.
 — u. Beyerley, Erdölaspphalt 105, 126.
 — u. Quayle, Sulfide 120.
 — u. Sieplein, Schmelzpunkt 383.
 — u. Smith, Sulfide 96, 120.
 Macpherson, Lichtwirkung 373.
 Maderna, Asphaltbildung 72.
 Malchow, A. F., Isolierung 326.
 Mallet, Straßenteerung 244.
 Malo, Klassifikation 5. Stampfasphalt 19. Asphaltplatten 160. Maschinenfundament 214.
 Maniot, F., Isoliermaterial 351.
 Mann, Asphalttemulsion 251.
 Manthe, Asphaltkegelbahn 201.
 Marcet, Totes Meer 25.
 Marchisis u. Stevens, Teerfirnis 340.
 Marckfeldt, O., Säurebehälter 213.
 Marcusson, J., Schwefelgehalt 72. Säurezahlen 88. Kolloidzustand 121. Flammpunktsprüfer 408. Ölbestimmung 420. Fettpechuntersuchung 447.
 — u. Eickmann, R., Petrolresiduen, Nachweis und Best. 431. Teerpeche, Nachweis und Bestimmung 437. Fettpech, Nachweis und Bestimmung 439.
 — u. Skopnik, Säurezahlen 439.
 Margosches s. Donath.
 Martens s. Pensky.
 Maschinenfabrik Calbe, Ausdrehwalze 283. Imprägnierpfanne 289.
 Materialprüfungsamt, Kgl., Untersuchungsmethoden 431.
 Mears s. Parr.
 Meinecke, C., Klassifikation 6. Bergteer 170. Asphaltuntersuchung 428.
 Mendelejeff, Erdölgeneseis 61.
 Meunier, Bitumenbestimmung 414, 449.
 Mexican Eagle Co., Asphalt 37.
 Mexican Petroleum Co., Asphalt 37.
 Meyer, Lothar, Luftbad 409.
 Meyer, Dr. Paul, A. G., Viskosimeter 406.
 Mielek, K. u. Heydebrand, v., Hartgummiersatz 359.
 Miesbach, Asphaltverwendung 302.
 Mitgau s. Brasche.
 Moissan s. Laur.
 Morton, Thallen 121.
 Mothes, Asphaltbraun 348.
 Müller, E., Kautschukersatz 357.
 —, R., Isoliermaterial 352.
 —, J. M., Teergewinnung 111.
- Münchener Isolatorenwerke, Gummon 353.
 Murdoch, W., Gasfabrikation 20.
- N**afzger u. Rau, Korksteine 368.
 Nakamura s. Divers.
 Neuberg, C., Drehungsvermögen 62. — s. auch Zadig.
 Neuchatel Asphalte Co. Ltd., Asphaltierung 47. Teermakadam 260.
 Newberry s. Lesquerreux.
 Newcomer, Unterhaltungskosten 239.
 New Trinidad Lake Asphalte Co. 32.
 New York and Bermudez Co. 35.
 Nielsen, G. P. V., Kunstasphalt 188.
 Niépce, N., Asphalt 77. Heliographie 372.
 Nöggerath, Erdölgeneseis 64.
 Noerdlinger, Teerverpechung 105.
 Nöthling, Asphaltlack 33, 346.
 Northern Quarries Co. Ltd., Teermakadam 258.
 Nowicki, R., Teeremulsion 251.
 Nugent u. Alexander, Trinidadasphalt 26.
- O**chsenius, Pechsee 37. Tierleichen 67.
 Oehmig, E., Isoliermaterial 351.
 Offermann, Schmelzpunkt 393.
 Ohlmüller, Schwefelbestimmung 425.
- P**arr, Mears u. Weatherhead, Bitumenanalyse 421.
 Payet, Straßenteerung 244.
 Peckham, Tierleichen 67. Schwefel im Asphalt 72. Reinheit des Asphalts 81. Bestandteile 95. Stickstoffgehalt 120. Elementaranalyse 421. Schwefelbestimmung 422, Asphaltstein 485.
 Peiks, D. W., Erdölaspphalt 127.
 Pennock, Teerstraßen 243.
 Pensky u. Martens, Flammpunktsprüfer 408.
 Petersen-Kinberg, Imprägnierteer 277.
 Plinius, Asphalt 10, 45.
 Plutarch, Asphalt 45.
 Poetzsch, O., Asphaltmastix 183.
 Pollatschek, Harzölmischung 353. Isolieranstrich 354.
 Portlock, E. H., Teergewinnung 20.
 Potonié, Seeschlick 64. Erdölbildung 68.
 Powell, Teerstraßen 261.
 Prée, H., Preolit 354.
 Prettnner, Bitumenbestimmung 451.
 Prince, A., Asphaltdlösung 373.
 Prüfungsanstalt, großh. badische, Wärmeleitfähigkeit 473.
 Prunier u. Varenne, Erdölbestandteile 93.

- Quayle s. Mabery.**
Quenstedt, Erdölbildung 65.
Quirino di Ceola 17.
Quistorp s. Spatz.
- Ragusin, M. A., Elaterit** 46. Drehungsvermögen 62.
Rakusin, Molekularkohle 122.
Raleigh, Sir Walter, Trinidadasphalt 27.
Randhahn, H., Kunstasphalt 187.
Rankine, Druckfestigkeit 452.
Raschig, F., Kiton 251. Kitonstraße 260. Teeranstrich 344.
Rau s. Nafzger.
Rave, Säureharz 123.
Reh u. Co., Asphaltlager 16.
Reichenbach, v., Paraffin 21.
Rheinhütte, G. m. b. H., Plattenpresse 161.
Richardson, Cl., Asphaltklassifikation 7. Wasseranalyse 34. Bitumenanalyse 35. Asphaltbildung 72. Asphalt, Eigenschaften 75, 78, 79, 87. Zusammensetzung 82. Bestandteile 95. Walzasphalt 217. Flufmittel 222, 487. Penetrationsbestimmung 394. Penetrometer 396. Schwefelbestimmung 422. Extraktionszentrifuge 456.
Riebeck, A., Braunkohlenteerindustrie 21. Asphaltmörtel 187.
Righetti u. Co., Asphaltkalk 17.
Rock Asphalte Company, Limmer und Vorwohle 55.
Rodriquez, Asphaltlösung 373.
Roehming, Asphaltplatten 163.
Ross, E., Erdölgeneseis 62.
—, G. u. Deal, S. F., Innenteerung 253.
Roth, C., Asphaltlack 331.
Rougeot s. Constam.
Rudnew u. Langowoi, Erdölrückstand 121.
Rütgers, R., Teerverpechung 105.
Rütgerswerke, A.-G., Extraktion 169.
- Sabatier u. Senderens, Erdölgeneseis** 62.
Sablonniere, de la, Asphaltverwertung 13.
Sanders s. Dankworth.
Sarnow, C. s. Kraemer, G.
Sassenay, Graf, Asphaltindustrie 14.
Say, A. H., Guttaperchaersatz 358.
Schaefer, Straßenteerung 246, 254, s. a. Holde.
Schefftel, N., Andurodach 321.
Scheithauer, Braunkohlenteer 112. Ölgasteer 129.
Schenk zu Schweinsberg, Schmelzpunktapparat 386.
Köhler, Asphalte. 2. Auf.
- Scheuermann, Meßverfahren** 218. Teermakadam 258.
Schieffelin, Elementaranalyse 422.
Schillbach, H., Bitumengewinnung 169.
Schlaepfer, Steinkohlenteer 92.
Schliemann u. Co., Asphaltmastix 183.
Schneider, H., Isolierpappe 328.
Schönbrum, Asphaltlacke 329.
Schreiber, O., Imprägniermasse 301. —, C., Bromaddition 475.
Schwarz, F., Bitumenanalyse 418. Asphaltuntersuchung 445.
Schwenke, Straßenkosten 262.
Seligmann u. Ziecke, Asphaltlacke 339, 345, 347. Isolierlacke 353.
Senderens s. Sabatier.
Serle, H., Teergewinnung 20.
Sexton s. Kasson.
Sickenberger s. Fraas, O.
Sidney, G. F., Kunstasphalt 188.
Siemens u. Halske, Isoliermaterial 350. Eshalit 353.
Sieplein, O. J. s. Mabery.
Siller u. Dubois, Asphaltmühle 139.
Smedt, E. J. de, Walzasphalt 216.
Smith, Watson, Pechkoks 109. Teerlack 359.
Smith u. Carley, Teerbitumen 64. — s. a. Dow.
Société anonyme des combustibles industriels, Teerverpechung 105.
— — Mathey Co., Isoliermasse 353.
— Fratelli Cancellieri, Asphaltmastix 183.
— Générale de Goudronage des Routes, Straßenteermaschine 248.
— Sicula per Exploitatione dell'Asphalto naturale siciliano, Asphaltlager 17.
Sötet s. Kovacs.
Sokoloff, N. W., Elaterit 46. Erdölgeneseis 60.
Sommer, A., Asphaltbildung 71. Aräopyknometer 381.
Sorel, Kautschukersatz 358.
Spatz u. Quistorp, Kunstasphalt 146.
Sperling, Mts., Asphaltmasse 487.
Spielmann, J. R., Erdölgeneseis 64.
Spilker, A. s. Kraemer, G.
Sprenger, O., Teerölfirnis 332.
Stahl, A. F. u. Fegräus, F., Diatomenschlamm 63.
Standard Oil Company of Indiana 486.
Standard Paint Company, Dachpappe 302.
Staveley, Pechkoks 109.
Steinbach, J. u. Duderstadt, Asphaltplatte 163.
Stephan, Straßenteermaschine 248.

- Sterry-Hunt, F., Erdölvorkommen 65.
 Stevens s. Marchisis.
 Stone, G. H., Asphaltvorkommen 38.
 Strabo, Bitumenbergwerk 45.
 Straßenwalzenbetrieb, G. m. b. H.,
 Straßenteerung 245.
 Strasser s. Donath.
 Strippelmann, Asphaltvorkommen 51,
 53.
 Szalla, Muffendichtung 210.
Testing Laboratory New York,
 Flüchtigkeitsprüfer 409.
 Thenius, G., Asphaltdestillation 89.
 Asphaltlack 338, 345.
 Thiele, F. C., Säureasphalt 486.
 Thörner, W. u. Kramer, O., Teerlack
 335.
 Thompson, H., Kautschukersatz 356.
 Toch, M., Asphaltlack 330.
 Toth, Asphaltanalyse 430.
 Trainer, E., Kunstasphalt 116.
 Trobach u. Huppertsberg, Kunst-
 asphalt 146.
United Limmer and Vorwohle Rock
 Asphalt Company, Universalmasfix
 193.
 Unna, A., Muffendichtung 207. Gießring
 210. Vorzüge 211.
Vakuum-Preßgut-Gesellschaft,
 Festonit 353.
 Val de Travers Paving Co., Heiz-
 trommel 152.
 Valenta, Optische Aktivität 77. Asphalt-
 bestandteile 94, s. a. Eder.
 Van Westrum, Asphaltstraße 235.
 Varenne s. Prunier.
 Veith, Erdöldestillate 121.
 Velde, van de, Totes Meer 25.
 Verband deutscher Dachpappen-
 fabrikanten, Rohpappe 269.
 Verbeekmoes, G., Kunstkautschuk 358.
 Vereinigte Elektrizitäts-Aktien-
 gesellschaft, Isoliermaterial 352.
 — Isolatorenwerke, Ambroin 353.
 Vitruvius, Asphaltbergwerk 45.
- Vogel, M., Asphaltverband 11.
 Vogelsang, A., Isoliermaterial 351.
 Völckel, Asphaltdestillation 89.
 Volger, Bitumenbildung 65.
 —, E., Rostschutzprüfung 476.
Wagner, R., Asphaltlack 346.
 Walden, P., Drehungsvermögen 62. Erd-
 ölbestandteile 122.
 Wall u. Krüger, Erdölgenese 64.
 Wallbaum, Bitumenemulsion 251.
 Wallerius, bitumen solidum 11.
 Warren Broth, Teerstraße 261.
 Wayß, G. A., Betonröhren 213.
 Weatherhead s. Parr.
 Weber, C. F., Doppelpappdach 316.
 Ankerfalzplatten 328.
 Wendriner, Teerverpechung 105.
 Schmelzpunktapparat 390.
 Wernecke, K., Isoliermittel 353.
 Westdeutsche Teer- und Asphalt-
 werke, Teerpflaster 259.
 West Indie Co., Asphalt 43.
 Wilkinson, N. S., Asphaltmastix 183.
 Williams, E. G., Kunstasphalt 188.
 Winkler, A., Schwefeltee 110, 340.
 —, E. s. Winter, M.
 Winter, M. u. Winkler, E., Grammo-
 phonplattenmasse 359.
 Wirkner, G. v., Teerverpechung 105.
 Wolfahrt, A., Benzollack 337.
 Wolskel, Asphaltmastix 182.
 Woodward, Isoliermaterial 350.
 Wright, Alder, Cyanbildung 109.
Young, J., Schieferöl 21.
Zadig u. Neuberg, Asphaltplatten 203.
 Zaloziecki, Erdölbestandteile 92. Säure-
 harze 124.
 — u. Gans, Petrocen 122.
 Zetzsche, F., Bromaddition 475.
 Ziecke s. Seligmann.
 Zimpel, R. s. Heinrichsdorf.
 Zuber, R., Erdölgenese 65.
 Zühl u. Eisenmann, Kautschukersatz
 356.

Orts- und Sachregister.

- A**bfallschwefelsäure 122.
Abnutzungsfestigkeit 460.
Abruzzen, Asphalt 55.
Abstreichwalzen 283.
Absorptionsspektrum 428.
Adipocire 69.
Akkumulatorenräume 179.
Aktivität, optische, d. Erdöls 62, 67, 70; der Braunkohlenteeröle 113; d. Asphalts 47.
Albertit 40.
Alchemie 11.
Algenwachs 69.
Alkylsulfide im Asphalt 96; im Erdöl 120.
Aluminiumcarbid 51.
Ambroin 353.
Amiesitverfahren 235, 240.
Anabitumen 7, 71.
Anduroziedach 321.
Ankerbalfalztafeln 328.
Anstrichfarben 302, 337, 347.
Anthracenöl 270.
Antielaiolith 186.
Aräopyknometer 381.
Arkansas, Asphalt 37.
Asa foetida 91.
Aschenbestimmung 412.
Asphalt, Begriff 3; Vorkommen und Herkunft 4; Klassifikation 5, 483; künstl. Geschichte 19; aus Steinkohlenteer 101; aus Braunkohlenteer 111; aus Erdölen 116, 486; aus Mineralölen 128; aus Montanwachs 130; aus der Fett-, Holz- und Harzdestillation 131; Verwendung 184, 205, 212, 276, 302, 310, 324, 333, 348, 354, 360, 361; Untersuchung 382, 386, 404, 416, 428, 442; siehe auch unter Braunkohlenteergoudron und -pech, Erdölrückstände, Petrolresiduen, Fett-, Öl- oder Wassergasteerpech, Harz- oder Burgunderpech, Holzteepech, Montanpech, Stearinpech, Steinkohlenteerpech, Wollfettpech; natürlicher, Vorkommen 24, 26, 34, 35, 37, 38, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 58, 59; Förderung 17, 33, 35, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 49, 53, 55, 56, 57, 58; Entstehung 60, 65, 71; physikalische und chemische Eigenschaften 74; elementare Zusammensetzung 85; nähere Bestandteile 93; Verwendung 136, 147, 160, 167, 190, 203, 206, 208, 214, 217, 235, 253, 295, 345, 348, 355, 360, 372; Prüfung und Untersuchung 379; Feststellung der Konstanten 381 ff.; des Bitumengehaltes 413; im Erdöl 419; Elementaranalyse 421; Untersuchung auf Erdölrückstände 431; auf Braunkohlenteerpech 436; auf Steinkohlenteerpech 437; auf Fettpeche 439; auf aromatische Kohlenwasserstoffe 441.
Asphaltblocksteine 235; Prüfung 459.
Asphaltbrote 178.
Asphaltbraun 348.
Asphaltdachpappe, Herstellung 295.
Asphaltdarren 151.
Asphaltdurit 235.
Asphalt emulsion 251.
Asphaltén 93.
Asphaltene 95; Bestimmung 417.
Asphaltfilz 273.
Asphaltgoudron, Gewinnung 167; Rohmaterialien 170; Beschaffenheit 174; Verwendung 175, 190; Untersuchung, 380, 477.
Asphaltindustrie, Begründung 12; Entwicklung 15.
Asphaltite, Definition 17; Vorkommen 24, 35, 39, 43; Eigenschaften 74; Verwendung 280, 346, 348.
Asphaltkessel 191, 196, 226, 228.
Asphaltkies 276.
Asphaltkitt 184; Anwendung 206; Untersuchung 477.
Asphaltlacke 530; Rohmaterial 331; Herstellung 333; Untersuchung 474.
Asphaltmastix, Erfindung 12; Herstellung 175; Formgebung 178; amerikanisches Verfahren 180; säurebeständiger 181; Verwendung 190; Untersuchung 379, 450.
Asphaltmörtel im Altertum 10; Herstellung 187, 189.

- Asphaltmühlen 142.
 Asphalttoide 5.
 Asphaltpapier 373.
 Asphaltplatten 159, 202, 235.
 Asphaltpulver, Herstellung 138, 144; Verwendung 147, 175; Untersuchung 449.
 Asphaltrechen 229.
 Asphaltrohren 361.
 Asphaltschwefeleisenlegierung 183.
 Asphaltstampfer 156, 231.
 Asphaltstein, Gewinnung u. Eigenschaften 136; Qualitätsanforderungen 137; Sortieren 138; Brechen u. Mahlen 138; Anreichern 145; Verwendung 147, 175.
 Asphaltstraßen, natürliche Bildung 18; primitive Herstellung 33; in Stampfasphalt 147; in Gußasphalt 190; in Walzasphalt 222; in künstlichen Asphalten 241, 254; Vorzüge u. Nachteile 134, 157, 238; Kostenvergleich 262; Umfang der Ausführungen 263; Anlage- und Unterhaltungskosten 264.
 Asphaltwalzen 155.
 Ausdrehwalzen 283.
- B**arbados, Asphaltlager 35.
 Bastennes, Asphaltstein 49.
 Bergasphalt 340.
 Bergteer, Gewinnung 14, 16.
 Betonmaterialien 148, 217.
 Beyerlyt 127.
 Bithulitic Pavement 261.
 Bitumen, Vielseitigkeit des Begriffs, Verbreitung u. gemeinsame Eigenschaften 3; lösliches u. unlösliches Bitumen 4; Systematik 7; früheste Verwendung 10; Entstehung 70; im Steinkohlenteer 107; in der Braunkohle 111, 130; im Asphaltkalkstein 136; Gewinnung 167; Bestimmung im Asphalt 413; im Teer u. Pech 416; in Asphaltfabrikaten 450, 452, 456, 462; solidum coagulatum 11.
 Bitumenschwefel, Bestimmung 452.
 Bituminierung 68.
 Black varnish 338.
 Brandharze 113.
 Braunkohlenteer, erstes Auftreten 11; Eigenschaften 111; Bestandteile und Verarbeitung 112; Reinigung der Öle 113.
 Braunkohlenteergoudron 113; verschiedene Herkunft 114; Eigenschaften 115; Erkennung u. Nachweis im Asphalt 436; in Erdölrückständen 448.
 Braunkohlenteeröle, aktivierende Eigenschaften 113.
 Braunkohlenteerpech bzw. -asphalt siehe Braunkohlenteergoudron.
 Braunschweiger Lack 339.
 Brennpunktbestimmung 407.
- Bromzahlen des Asphalts 87.
 Bruchfestigkeitsbestimmung 460.
 Butanonmethode 418.
 Burgunderpech 131.
- C**arbene, im Asphalt 95; im Pech 107; Schädlichkeit 219; Bestimmung 418.
 Carbüre im Pech 107.
 Caserta, Asphalt 56.
 Chavaroché, Asphalt 49.
 Chickasow Obre 340.
 Chinolin in Erdöl 120.
 Chloritzement 336.
 Chloroform 80.
 Colorado, Asphalt 37.
 Consistometer 397.
 Cormastic 240.
 Cottonpech 131.
 Coxitambo, Pechsee 37.
 Cracken 121.
- D**achasphalt aus Erdöl 126.
 Dachkonstruktionen 307.
 Dachlacke, Herstellung 104; Zusammensetzung 336; Verwendung 304; Untersuchung 474.
 Dachpappe, Geschichte 265; Rohmaterialien 267; Rohpappe 268; Streumaterial 275; Imprägniermittel 276; Herstellung aus Teer mit Handbetrieb 281; auf maschinellem Wege 289; Betriebsergebnisse 293; Herstellung aus Asphalt auf maschinellem Wege 295; nach amerikanischem System 297; Fabrikanlage 299; Betriebsergebnisse 301; Anwendung 310, 324; Untersuchung 462.
 Dachpappenanstriche 337.
 Dachpappenschutz 336.
 Dachrinnenkonstruktion 314.
 Dachziegelteerung 333.
 Dalmatien, Asphaltvorkommen 58.
 Dehnbarkeitsbestimmung 462.
 Desintegratormühlen 139.
 Destillation, trockene 19; des Asphalts 88; organischer Substanzen 99.
 Diatomeenhypothese 63.
 Dickebestimmung 462.
 Doppelpappdachkonstruktion 314.
 Drehungsvermögen, optisches 62, 67, 70.
 Druckfestigkeitsbestimmung 452.
 Duktilitätsbestimmung 398.
 Duktilometer 399.
 Duraxpflaster 260.
 Durchzugsystem 289.
 Dureskoschutz 336.
- E**cgonobitumen 7, 71.
 Eindrehwalzen 282.
 Eisenkarbid 61.
 Eisenlacke, Herstellung 333; Untersuchung 474.

- Eishäuser, Isolierung 371.
 Elastique Bray 336.
 Elaterit, Vorkommen 43, 46; Verwendung 356.
 Emanationshypothese 61.
 Erdöl als Bitumen 4; Geschichte 11; Entdeckung des amerikanischen 21; Weltproduktion 23, 484; Bildung 60; Engler-Höfersche Theorie 67; Eigenschaften und Zusammensetzung 118; Bestandteile 122; Verarbeitung auf Asphalt 124; Untersuchung auf Asphalt 419.
 Erdölrückstände, Zusammensetzung und Bestandteile 121; Verarbeitung auf Asphalt 125, 127, 128; Verwendung 171, 224, 251, 279, 348, 486; Untersuchung 380, 419; Nachweis u. Bestimmung im Asphalt 431; Beschaffenheit 433; Untersuchung auf Fettpeche 440; amerikanisches Untersuchungsschema 442; Unterscheidung von Pechen 445; Nachweis in Fettpechen 447; siehe auch Petrolasphalt, Petrolresiduen.
 Erdpech 6.
 Eshalit 353.
 Extraktionsapparat 414.
- F**actice 186, 355.
 Fahrradlack 347.
 Faulschlamm 68.
 Festonit 353.
 Fette, Zerfall 69.
 Fettgasteer 129.
 Fettpeche, Zusammensetzung 131; Verwendung 279; Untersuchung u. Nachweis 439, 447.
 Feuer, Griechisches 11.
 Filetino, Asphaltsteinbruch 17, 56.
 Firnisse 329.
 Fischtran, Zerfall 69.
 Flammpunktprüfung 407.
 Fließprobe 403.
 Float test 402.
 Flow test 403.
 Flüchtigkeitprüfung 408.
 Flußmittel für Walzasphalt 219, 486.
 Fonticelli, Asphaltgrube 16, 55.
 Formen für Asphaltmastix 178.
 Formstücke, elektrotechnische 352; technische 368.
 Frankreich, Asphaltproduktion 49.
 Fundamentisolierung 324.
 Futtertröge aus Asphalt 215.
- G**ewebe, wasserdichte 359.
 Gewölbe, Isolierung 325.
 Gießring für Asphaltkitt 209.
 Gilsonit, Vorkommen 39; Verwendung 355.
 Gitterbrecher für Asphaltsteine 138.
 Glanzpech (= Asphaltit) 6.
 Glaserkitt 361.
 Goudron minérale 104.
 — d'Antun 173.
 Goudronpfanne 172.
 Grahamit, Vorkommen 40; Verwendung 355.
 Grammophonplatten 359.
 Granulinasphalt 199.
 Graphit, Verwendung 302.
 Grottamare, Asphaltdestillation 15.
 Grudekoks 100.
 Gummon 353.
 Gußasphalt, Einführung 14; als Bodenbelag 190; Vorbedingungen 191; Mischmaschinen u. Transportwagen 191; Mischungsverhältnis 193; Herstellung der Masse 195; Aufbringen 197; Verbesserungen 199; als Fahrdammbelag 201; in Innenräumen 201; in fertigen Platten 202; als Isolierschicht 203; als Befestigungsmittel 205; zum Ausgießen von Pflasterfugen 206; zum Verdichten von Rohrmuffen 207; Untersuchung 449.
 Gußasphaltplatten, Herstellung u. Verwendung 202.
 Guttaperchaersatz 350.
- H**ärtebestimmung 393.
 Hartgummiersatz 359.
 Harzpech 131.
 Heliographie 372.
 Hohlräume, Bestimmung 218, 459.
 Holzteepech 132.
 Holzzement, Erfindung 110; Herstellung u. Verwendung 316, 341; Untersuchung 381, 400, 416, 481, 477.
 Holzzementdach 316.
 Holzzementpapier 274.
 Hydrocarboukomposition 182.
- I**mprägniermittel für Dachpappe 335.
 Imprägnierpfannen für Dachpappe 281, 289, 293, 299.
 Indianerterritorium, Asphaltlager 37.
 Innenteerung, Zweck 241; Ausführung 254.
 Iron and Asphalt Pavement 199.
 Isolierlacke 353.
 Isoliermaterialien, elektrotechn. 348; Rohmaterialien 349; Herstellung 350; Untersuchung 379, 428, 474.
 Isolierplatten, Erfindung 302; Herstellung und Eigenschaften 603; Verwendung 319, 324; Untersuchung 462.
- J**apanlack 347.
 Jodzahlen 87.
 Judenpech 10.
 Jute für Asphaltplatten 273.

Kalifornien, Asphaltproduktion 37.
 Kältemaschinen, Isolierung 371.
 Kanada, Asphaltlager 41.
 Karbide als Erdölbildner 61.
 Katabitumen 7, 71.
 Kaukasus, Asphaltvorkommen 45.
 Kautschukanstrichmasse 336.
 Kautschukasphalt 147, 355.
 Kautschukersatzstoffe 354.
 Kiespappdach 316.
 Kiton zur Oberflächenteerung 251.
 — — Innenteerung 260.
 — als Anstrichfarbe 344.
 Kitte 360.
 Klebmasse 437.
 Klebepappe 287.
 Klebestoffe 360.
 Knochenmehl als Füllmaterial 183.
 Kohlendestillation 4.
 Kohlenstoff, freier 109, 278; Bestimmung 412, 421.
 Kohlenwasserstoffe, schwarze 77; gesättigte und ungesättigte 96.
 Korkasphalt 368.
 Korksteine 368.
 Kugelmühlen 185.
 Kühlräume, Isolierung 371.

Lacke 329.
 Landpflanzen als Erdölbildner 64.
 Lava, künstliche 183.
 Lederglanzlack 348.
 Lederlacke 345.
 Leichenwachs 69.
 Lettomanoppello, Asphaltlager 15, 55.
 Leuchtöle aus Asphalt 16.
 Licht, philosophisches 20.
 Likonit 350.
 Limmer Asphaltlager 15, 54.
 Lithomac 240.
 Lobsann, Asphaltlager 13, 50, 53.
 Lösungsmittel 332.
 Luftmattlack 339.

Maltha der Alten 4.
 Malthene 95; Bestimmung 417.
 Mangancarbid als Erdölbildner 61.
 Maracaibosee, Erdöllager 37.
 Maranthopolis, Asphaltvorkommen 59.
 Marineleim 360.
 Maschensiebsätze 457.
 Maschinenfundament 214.
 Mattlack 347.
 Mauerwerk, Isolierung 203; Konservierung 333.
 Meer, Totes, Asphalt 10; Beschreibung 24.
 Meerespflanzen als Erdölbildner 63.
 Metallcarbide als Erdölbildner 61.
 Methan-Naphthenöle 119.
 Methanöle 119.

Mexiko, Asphaltvorkommen 37.
 Mikroskoplack 348.
 Militärlack 345.
 Mineralkautschuk 356, 456.
 Mineralkautschukasphalt 123.
 Mineralkohle als Erdölbildner 64.
 Molekularkohlenstoff in Erdöl 122.
 Mollusken als Erdölbildner 65.
 Montanpech 130.
 Mumia als Heilmittel 11.
 Mumien, Erhaltung 10.
 Mumiya = Asphalt 10.

Naphthalin im Imprägnierteer 278; als Lösungsmittel 169.
 Naphthenöle 119.
 Naphthensäuren 119.
 Nichtbitumen 95, 98.
 Nigeria, Asphalt sand 47.
 Nordafrika, Asphaltlager 46.

Oberflächenasphaltierung 253; siehe auch Straßenteerung.
 Oberflächenteerung 242; siehe auch Straßenteerung.
 Ölasphalt, kalifornischer 43.
 Ölgasprozeß 128.
 Ölgasteer, Zusammensetzung u. Verarbeitung 129.
 Ofenlack 347.
 Oxybitumen 8, 71.

Paparella, Asphaltvorkommen 16.
 Pappdächer, Vorzüge 307; einfache 311; mehrlagige 314; Kiespappdächer 316; Zierdächer 321.
 Pappoleumschutz 336.
 Paraffin aus Braunkohlenteer 111; in Erdölen 116; Schädlichkeit im Asphalt 224, 380, 399; Bestimmung im Erdöl 420; in Residuen 432.
 Paraffinöl aus Braunkohlenteer 112; zur Goudronfabrikation 170.
 Parkettasphalt 186; Verwendung 205.
 Peche, Charakterisierung 9.
 Pechmakadam 256.
 Penetrationsbestimmung 393.
 Penetrationsverfahren 231.
 Penetrometer 396.
 Petrocen 121.
 Petrolén 93.
 Petrolene 95; Bestimmung 417.
 Petroleum siehe Erdöl.
 Petroleumasphalt, Gewinnung in Amerika 124, 486; Verwendung 224, 279, 348; Untersuchung 380; Nachweis im Naturasphalt 431; Beschaffenheit 433.
 Petrolresiduen siehe Erdölrückstände u. Petroleumasphalt.
 Petrolsäuren 119.
 Pflasterkitt 185; Verwendung 206.

- Piknoton 262.
 Polybitumen 7, 71.
 Polymethylene 96.
 Preolit 354.
 Pyridinbasen im Asphalt 96; im Erdöl 120.
 Pyrimont, Asphalt 48.
 Pyrisolith 352.
 Pyrographitsäure 76.
 Pyropissit 4.
- Qualitätsanforderungen f. Stampfasphalt-**
 pulver 143; Asphaltgoudron 174; As-
 phaltmastix 175; Asphaltkitte 207;
 Walzasphaltmasse 217; Straßenteer 244;
 Teermakadam 255; Rohdachpappe 269;
 Imprägniermasse 278; Isolierplatten-
 masse 303; Lösungsmittel 332; elek-
 trische Isoliermaterialien 348.
- Quarrite Pavement 258.
- Radoleum** 240.
 Ragusa, Asphalt 17, 56.
 Ready Roofings 301.
 Reservoirs, asphaltierte 213.
 Revolverpfannen 289.
 Roadamant 240.
 Rohpappe, Qualität 268; Untersuchung
 270.
 Rollrichtscheit 154.
 Rotlack 387.
 Rubbonit 125.
- Salerno, Asphalt** 17.
 San Valentino, Asphalt 16.
 Sand, Gewinnung und Aufbereitung 275.
 Sandasphalt siehe Walzasphalt 217.
 Sanddarre 195.
 Sändsichtmaschine 194, 276.
 Sandstrommaschine 285.
 Saproel 68.
 Säurebehälter, asphaltierte 213.
 Säureharze 113, 122; Verwendung 187.
 Säurezahlen 88, 434.
 Schieferölindustrie 21.
 Schlacken als Füllstoff 179.
 Schmelzpunkt, Bestimmung 383.
 Schwefel, Wirkung auf Erdöl 72; auf
 Steinkohlenteer 110; Bestimmung 422.
 Schwefelkohlenstoff als Lösungsmittel 80;
 im Erdöl 120.
 Schwefelodmyl 91.
 Schwefeltee 340.
 Schwefelverbindungen im Asphalt 96; im
 Erdöl 120.
 Schwelkohle 4.
 Schwimprobe 402.
 Seetiere als Asphaltbildner 65.
 Selenitza, Asphalt 45.
 Seyssel, Asphalt 14, 48.
 Siebsätze zur Klassifizierung 217.
 Sizilien, Asphaltproduktion 486.
- Spektrum des Asphalts 77.
 Spezifisches Gewicht, Bestimmung 381.
 Stabfußböden 205.
 Stampfasphalt 136; Rohmaterial 137;
 künstliche Mischungen 144; Unter-
 bettung 147; Aufbringen der Decke
 150; Einbau von Straßenbahnschienen
 157; Ausführung in fertigen Platten
 160; komprimierende Wirkung des
 Verkehrs 164; Vorzüge u. Nachteile
 des Stampfasphalts 164; Haltbarkeit
 u. Reparaturen 166; Untersuchung u.
 Prüfung 413, 449, in England 487, in
 Amerika 485.
 Stampfasphaltplatten 159.
 Stampfmaschine 157.
 Stearinpech 131; Verwendung 279, 339,
 348; Nachweis 439; Untersuchung 447.
 Steinbrecher 138.
 Steinkohle, Verarbeitung 101.
 Steinkohlenteer, Geschichte 19; Herkunft
 101; Eigenschaften und Zusammen-
 setzung 102; Verarbeitung durch De-
 stillation 103; entwässerter, präparier-
 ter oder regenerierter 104; Verarbeitung
 durch Polymerisation und Oxydation
 105; Verwendung 184, 243, 254, 276,
 302, 333, 348, 354, 361; Untersuchung
 382, 404, 416.
 Steinkohlenteerasphalt siehe Steinkohlen-
 teerpech.
 Steinkohlenteergoudron 104.
 Steinkohlenteerpech, Gewinnung durch
 Destillation 103; durch Polymerisation
 u. Oxydation 105; allgemeine Eigen-
 schaften 106; chemische Natur 107;
 Elementarzusammensetzung 108; Ver-
 halten 109; Verbesserung u. Reinigung
 110; Verwendung 184, 205, 254, 276,
 302, 319, 336, 348, 356, 361, 368; Unter-
 suchung 383, 416, 428; Nachweis und
 Bestimmung im Naturasphalt 437;
 in Erdölrückständen 439; Nachweis
 von Naturasphalt im Steinkohlenteer-
 pech 445.
 Steinzeugröhren, Verdichtung 207.
 Stickstoff im Erdöl und Erdgas 52, 67,
 im Asphalt 85; Bestimmung 421.
 Stoßfestigkeit, Bestimmung 460.
 Straßenasphalt aus Erdöl 126.
 Straßenbahnschienen, Befestigung 159.
 Straßenpflaster, Fugendichtung 206;
 Kostenvergleich der Ausführung 262;
 der Unterhaltung 264; Umfang ver-
 schiedener Ausführungsarten 264.
 Straßenteermaschinen 246.
 Straßenteerung 241; Vorzüge 242; Aus-
 dehnung 242; Arten der Ausführung
 242; Bedeutung 242; Vorbereitung 243;
 Qualität des Teers 244; Hand- und

- Maschinenbetrieb 245; Herstellungs- u. Unterhaltungskosten 249; mit Emulsionen 251; mit flüssigem Naturasphalt 253.
- Straßenwalzen 155, 230.
- Sumpfpflanzen als Erdölbildner 63.
- T**andemwalzen 229.
- Tarmac 242.
- Tataros, Asphalt 44.
- Tauchlack 347.
- Tauchverfahren 234.
- Teeranstrich 344.
- Teerdachpappe 281.
- Teeremulsionen 251.
- Teermakadam 241; engl. Verfahren 254; Ausführungskosten 254; Unterbettung 255; Rohmaterial u. Mischungsverhältnis 256; Ausführung der Decke 257; Quarrite Pavement 258; Kitonpflaster 260; mit Stampfasphaltschicht 260; Bithulitic Pavement und andere Verfahren 262.
- Teerölfirnis 332.
- Teerprüfer 404.
- Terpentinöl 81.
- Tetrachlorkohlenstoff 81.
- Texas, Asphalt 37.
- Thürsenöl 167.
- Tierleichen, Anhäufung 67.
- Tiophan 120.
- Tonrohrkitt 184; Anwendung 207.
- Torfpflanzen als Erdölbildner 63.
- Trinidad, Asphaltsee 26.
- Trocken- und Sichtmaschinen 180.
- Truxen 107.
- U**intait, Vorkommen 39; Verwendung 355.
- Universalanstrichmasse 336.
- Universalmastix 193.
- Unterbettung von Fahrbahnen 147, 190, 222, 243, 254.
- Untergrundbahnen, Isolierung 326.
- Utah, Asphalt und Asphaltit 38.
- V**al de Travers, Asphaltlager 15, 47.
- Verseifungszahlen 435.
- Viskosimeter 401, 406, 407.
- Viskosität, Bestimmung 400.
- Volumenometer 218, 459.
- Vorwohle, Asphalt 53.
- W**alzasphalt 216; Rohmaterialien 217; Beschaffenheit der Füllmittel 201; des Bitumens und der Flußmittel 219, 487; Unterbettung 223; Herstellung der Mischung 226; Aufbringen des Materials 229; Makadamverfahren 231; Tränk- oder Penetrationsverfahren 231; Tauchverfahren 234; Amiesitverfahren 235; Blockverfahren 235; Wahl der Ausführungsart 237; Vorzüge 238; Unterhaltungskosten und Reparaturen 239; Imitationen 240; Untersuchung 380, 456.
- Wandasphalt 186.
- Wasser vom Toten Meer 25; vom Trinidad-asphaltsee 34; im Bermudez-Asphalt 35; Bestimmung im Asphalt 411.
- Wasserdurchlässigkeit, Bestimmung 464.
- Wassergasteer 129.
- Wassermeßverfahren 218.
- Wasserstoff, Bestimmung 421.
- Westrumit 241.
- Wickelbock 288.
- Wickeltisch 284.
- Wickelwalze 284.
- Wiegegläschen 382.
- Wollfettschlammkuchen 188.
- Wollschweißfettpech = Wollpech 131.
- Wurtzilit, Vorkommen 39.
- Z**akynthos, Asphalt 45.
- Zementbeton, Herstellung 148; mit Stampfasphalt 163.
- Zementbetonröhren, säurefeste 213.
- Ziegelsteine, Teerung 333.
- Zierpappdächer 321.
- Zugfestigkeit, Bestimmung 454, 462.