

**Friedr. Barth**

**Wahl, Projektierung und Betrieb  
von Kraftanlagen**



# Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen

Ein Hilfsbuch für  
Ingenieure, Betriebsleiter, Fabrikbesitzer

Von

**Friedrich Barth**

Oberingenieur an der Bayerischen Landesgewerbeanstalt  
in Nürnberg

Mit 126 Figuren im Text und auf 3 Tafeln



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH  
1914

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-662-22788-6      ISBN 978-3-662-24721-1 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-24721-1

Copyright 1914 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1914.

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1914

Alle Rechte, insbesondere das der

Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

## Vorwort.

Da bei dem heutigen scharfen Wettbewerb die Kosten der Krafterzeugung für die Rentabilität manches Fabrikbetriebes von ausschlaggebender Bedeutung sind, so drängt sich beim Umbau, bei Erweiterung oder bei Neueinrichtung einer Kraftanlage in erster Linie die Frage auf, welches von den vielen vorhandenen Maschinensystemen unter Berücksichtigung allenfallsigen Wärmebedarfs das wirtschaftlichste ist. Nicht minder wichtig als die Wahl der Betriebskraft ist eine zweckentsprechende Projektierung der Gesamtanlage und eine rationelle Betriebsführung.

Die Aufgabe, die ich mir demgemäß bei Bearbeitung des vorliegenden Buches gestellt habe, ging hauptsächlich dahin, die wichtigsten Gesichtspunkte zu erörtern, die bei der Wahl, der Projektierung und dem Betrieb von Kraftanlagen zu beachten sind. Der dem Buch vorangestellte Überblick soll in kurzen Einzelabschnitten den neuesten Stand des Kraftmaschinenbaus kennzeichnen, die Vor- und Nachteile einzelner Systeme kritisch beleuchten und gewissermaßen als Einführung für diejenigen Leser dienen, die nicht gewillt sind, die Mittel zur Anschaffung und die Zeit zum Studium der zahlreichen Sonderwerke und Zeitschriften über Kraftmaschinen aufzuwenden.

Die Ausführungen richten sich sowohl an Käufer als Verkäufer von Kraftmaschinen, als auch an projektierende Ingenieure und Betriebsleiter. Um die Übersichtlichkeit des Buches und die Möglichkeit raschen Nachschlagens zu erhöhen, ist der außerordentlich umfangreiche Stoff in knapper Form behandelt und möglichst weitgehend unterteilt worden.

Mit dem Wunsche, daß das Buch seinen Zweck erfüllen und eine wohlwollende Aufnahme und Beurteilung finden möge, verbinde ich den Dank an diejenigen, die meine Arbeit durch Überlassung von Material gefördert haben.

Nürnberg, im Oktober 1913.

Fr. Barth.

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Erster Teil.	
<b>Überblick über unsere heutigen Kraftanlagen.</b>	
1. Einleitung . . . . .	1
Dampfkraftanlagen.	
2. Dampfkesselanlagen . . . . .	2
Kesselsysteme, Vorteil hoher Dampfspannungen, mechanische Feuerungen, Beanspruchung der Heizflächen, Hochleistungskessel, Steilrohrkessel, flammenlose Verbrennung.	
3. Ortsfeste Kolbendampfmaschinen . . . . .	8
Eintrittsspannung und Temperatur des Dampfes, ein- und mehrstufige Expansion, Steuerungsorgane, liegende und stehende Bauart, Gleichstrommaschine.	
4. Dampflokomobilen . . . . .	11
Vorzüge der Lokomobilen, Bauarten, Blechkamin oder gemauerter Schornstein.	
5. Dampfturbinen . . . . .	15
Groß- und Kleinturbinen, Vorzüge der Dampfturbinen, Turbinensysteme, Vorzüge der kombinierten Bauart, Düsenregulierung, Umdrehungszahl, Baustoffe, Schiffsturbinen, Föttinger-Transformator, Abdampf-, Gegendruck- und Anzapfturbinen.	
Verbrennungskraftmaschinen-Anlagen.	
6. Gas- und Flüssigkeitsmaschinen . . . . .	21
Systeme, Kompression, Regulierung, Zündung, Kühlung, Vergaser, Motoren für verschiedene Brennstoffe, Motorlokomobilen.	
7. Naphthalinmaschinen . . . . .	24
8. Hochdruck-Ölmaschinen . . . . .	25
Zündung, Verbrennung, Zerstäuber, Dieselmotoren, Schnellläufertypen, Gasöl- und Teeröl-Motoren, sonstige Ölmotoren.	
9. Kraftgasanlagen . . . . .	31
Motorischer Teil, Generatoranlage, kombinierte Saug- und Druckgasanlagen, Generatoren mit mechanischer Entschlackung.	
10. Großgasmaschinen . . . . .	36
Viertakt- und Zweitaktmaschinen, Spül- und Aufladeverfahren, Gasreinigung.	
11. Verbrennungsmaschinen für Schiffszwecke . . . . .	39
12. Verbrennungsmaschinen für Spezialzwecke . . . . .	41
13. Gasturbinen . . . . .	42
Kraftanlagen mit Nebenbetrieben.	
14. Kraftbetriebe mit Abwärmeverwertung . . . . .	42
Heizen mit Auspuff- und Vakuumdampf, Gegendruck-Betrieb, Zwischendampf-Entnahme, Entölung des Maschinendampfes, Abwärmeverwertung bei Verbrennungsmaschinen.	
15. Kraftbetriebe mit Nebenprodukten-Gewinnung . . . . .	46

	Seite
<b>Wasserkraftanlagen.</b>	
16. Allgemeines über Wasserkraftanlagen . . . . .	48
17. Wasserkraftmaschinen . . . . .	50
Wasserräder, Wasserrad oder Turbine, Turbinensysteme, Francis-	
turbinen, Becherräder, Hebereinlauf, selbsttätiger Wasserstandsregler,	
Zwillingsturbinen, Spiralturbinen, Hydropulsor.	
18. Wasserkraftwerke mit Speichieranlagen . . . . .	55
<b>Sonstige Kraftmaschinen.</b>	
19. Windkraftmaschinen . . . . .	58
20. Heißluft-, Druckluft-, Kohlensäure- und Stickstoff-Maschinen . . . . .	60
21. Abwärme-Kraftmaschinen. Mehrstoff-Dampfmaschinen . . . . .	62
22. Ebbe- und Flutanlagen usw. . . . .	64
Elektroflutwerk, Wellenmotor, Sonnenmotor, Humphrey-Pumpe.	
<b>Elektrische Kraftanlagen.</b>	
23. Elektrische Übertragung und Verteilung der Energie . . . . .	67
24. Elektromotoren . . . . .	69
25. Großkraft- und Überlandwerke . . . . .	72
Bedürfnisfrage, Rentabilität, Installations- und Materiallieferungs-	
Monopole, Strompreis, Verstaatlichung.	
<b>Zweiter Teil.</b>	
<b>Anschaffungskosten von Kraftanlagen.</b>	
26. Einleitung . . . . .	75
27. Anschaffungskosten von Dampfkesselanlagen . . . . .	76
28. Anschaffungskosten von ortsfesten Kolbendampfmaschinen . . . . .	77
29. Anschaffungskosten von ortsfesten Dampflokomobilen . . . . .	78
30. Anschaffungskosten von Dampfturbinen . . . . .	79
31. Anschaffungskosten von Gas- und Flüssigkeitsmaschinen . . . . .	81
32. Anschaffungskosten von Naphthalinmaschinen . . . . .	82
33. Anschaffungskosten von Hochdruck-Ölmaschinen . . . . .	82
34. Anschaffungskosten von Kraftgasanlagen . . . . .	83
35. Anschaffungskosten von Großgasmaschinen . . . . .	83
36. Anlagekosten und Wert von Wasserkraftanlagen . . . . .	85
37. Anschaffungskosten von Windkraftanlagen . . . . .	87
38. Anschaffungskosten von Elektromotoren . . . . .	88
<b>Dritter Teil.</b>	
<b>Betriebskosten von Kraftanlagen.</b>	
39. Einleitung . . . . .	90
40. Betriebsdauer und Belastung von Kraftanlagen . . . . .	90
41. Die Brennstoffe, ihr Heizwert und Preis . . . . .	94
Feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe, magere und fette Stein-	
kohlen, Heizwert, Wasser- und Aschegehalt, Verhalten des Brenn-	
stoffs auf dem Rost, Gewichts- und Wärmepreis verschiedener Brenn-	
stoffe, Einkauf nach dem Heizwert.	
42. Ausnützung der Brennstoffe (Versuchswerte) . . . . .	98
Energieumwandlung in Dampf- und Verbrennungsmaschinen, Wärme-	
verbrauch und Wirkungsgrad verschiedener Kraftmaschinen, Einfluß	
der Maschinengröße.	
43. Brennstoffverbrauch im praktischen Betrieb. Betriebszuschläge . . . . .	101
Brennstoffverbrauch im Beharrungszustand, spezifischer Wärmever-	
brauch bei Teilbelastung, Gesamtverbrauch, Zuschläge, Dampfpreis	
Verbrauch der Speisepumpen, Dampf- und Brennstoffverbrauch vor	
Dampfkraftanlagen.	
44. Betriebsführungskosten . . . . .	108
Ausgaben für Verwaltung, Bedienung, Schmier- und Putzmaterial,	
Instandhaltung und Ausbesserungen.	
45. Wasserverbrauch. Wasserkosten . . . . .	110

	Seite
46. Kapitalkosten . . . . .	111
Tilgung, Höhe der Verzinsung und Abschreibung, verschiedene Methoden der Abschreibung.	
47. Sonstige Betriebsausgaben . . . . .	114
Steuern, allgemeine oder öffentliche Abgaben, Versicherungen gegen Feuer, Maschinenbruch und Betriebsverlust.	
48. Krafterzeugung aus Abfallprodukten, insbesondere Müll . . . . .	114
49. Beispiele von Betriebskosten-Berechnungen . . . . .	118

Vierter Teil.

**Wahl der Betriebskraft.**

50. Einleitung . . . . .	120
51. Wahl der Betriebskraft auf Grund wirtschaftlicher Gesichtspunkte . . . . .	121
Allgemeines . . . . .	121
Reine Kraftbetriebe . . . . .	122
Kraftbetriebe mit Abwärmeverwertung . . . . .	128
Wärmeleistungsmaschine oder Elektromotor? . . . . .	138
Beispiel . . . . .	144
Zusammenfassung . . . . .	155
52. Wahl der Betriebskraft auf Grund örtlicher und betriebstechnischer Gesichtspunkte . . . . .	157
53. Sonstige Gesichtspunkte bei Wahl einer Betriebskraft . . . . .	158
54. Wahl des Kesselsystems . . . . .	159
55. Natürlicher oder künstlicher Zug bei Dampfanlagen? . . . . .	160
Allgemeines . . . . .	160
Der natürliche Zug . . . . .	161
Der mechanische oder künstliche Zug . . . . .	162
Regelung des künstlichen Zugs . . . . .	168
Vorteile des künstlichen Zugs gegenüber dem natürlichen Schornsteinzug . . . . .	169
Kraftbedarf der künstlichen Zugerzeugung . . . . .	172
Kosten der Zugerzeugung . . . . .	173
Wahl des Zugsystems . . . . .	175
56. Anwendungsgebiete der verschiedenen Kraftmaschinen . . . . .	176
57. Wahl des Maschinensystems . . . . .	177
58. Wärme- oder Wasserkraftanlage? . . . . .	178
Betriebskosten von Wasserkraftanlagen, Beispiele, Grenzen der Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftanlagen, Ausbau mittlerer und großer Wasserkräfte.	
59. Transmissions- oder elektrische Übertragung? . . . . .	185
Allgemeines . . . . .	185
I. Reiner Transmissionsantrieb . . . . .	187
II. Elektrischer Gruppenantrieb . . . . .	188
III. Elektrischer Einzelantrieb . . . . .	190
IV. Zusammenfassung . . . . .	190
60. Überlastungsfähigkeit . . . . .	193
61. Betriebssicherheit . . . . .	194

Fünfter Teil.

**Gesichtspunkte bei Projektierung von Kraftanlagen.**

62. Einleitung . . . . .	196
Maschinenraum, Brennstoff-Zufuhr und -Lagerung, Wasserbeschaffung, Belüftung und Beleuchtung, Anordnung von Rohrleitungen, Ungleichförmigkeitsgrad, Art des Antriebes, Anordnung der Schaltbühne.	
63. Behördliche und sonstige Vorschriften für Dampfanlagen . . . . .	200
Allgemeines . . . . .	200
Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Landdampfkesseln . . . . .	201
Sicherheitsvorschriften für bewegliche Dampfkessel . . . . .	209

	Seite
64. Behördliche und sonstige Vorschriften für Verbrennungsmaschinen-Anlagen . . . . .	211
Bedingungen der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften . . . . .	211
Sicherheitsvorschriften für stationäre Flüssigkeitsmaschinen und für Sauggasanlagen sowie für bewegliche Verbrennungsmaschinen.	
Polizeiverordnung über den Verkehr mit Mineralölen . . . . .	215
Grundsätze für die Einrichtung und den Betrieb von Wassergas- und Halbwassergas-Anlagen einschl. der Sauggasanlagen . . . . .	222
65. Behördliche Vorschriften für Wasserkraftanlagen . . . . .	224
66. Projektierung von Dampfkesselanlagen . . . . .	225
Kesselsystem, Feuerung, Reservekessel, Aufstellung der Kessel, Zusammenbau von je zwei Kesseln, Zusammenbau von Kessel und Economiser, Zugänglichkeit, Economiser-Umgang, Bunker-Form und -Anordnung, Aufstellung des Schornsteins, Anlage des Fuchses, Rohrleitungsanlage, Schieber und Ventil, Klappenventil, Speiseanlage, Überhitzer-Regler, Nebenschluß-Anordnung des Überhitzers, Einrichtungen für Betriebskontrolle.	
67. Projektierung von Kolbendampfmaschinen-Anlagen . . . . .	237
68. Projektierung von Dampflokomobilen-Anlagen . . . . .	241
69. Projektierung von Dampfturbinenanlagen . . . . .	244
Eisenbetonfundamente, Kellerhöhe, Kondensation, elektrischer oder Dampftrieb der Hilfsmaschinen, Verbindung der Kondensationen usw.	
70. Projektierung von Kondensationsanlagen . . . . .	249
71. Projektierung von Leuchtgas-, Benzol- und Naphthalinmaschinen . . . . .	255
Raumabmessungen, Aufstellung der Motoren, Linksläufer, Gasdruckregler, Brennstoffzuleitung, Auspuffleitung, Kühlung.	
72. Projektierung von Hochdruck-Ölmaschinen-Anlagen . . . . .	259
Brennstoffzuleitung, Brennstoff-Filter, Auspuffleitung, Kühlwasseranlage, Mehrzylindermaschinen, Laufkran.	
73. Projektierung von Kraftgasanlagen . . . . .	261
74. Projektierung von Großgasmaschinen-Anlagen . . . . .	266
75. Projektierung von Wasserkraftanlagen . . . . .	269
Wassermenge, Speicheranlagen, Gefälle, Wehranlage, Triebwerkskanäle, Lage des Kraftwerkes, Nieder-, Mittel- und Hochgefälle-Anlagen, Hebereinlauf, Saugrohr, Größe der Maschineneinheiten, Wasserfassung, Schützenanlage, Rechenanordnung, Leerlauf, Über-eich, Rohrleitungsanlage, kombinierte Werke, Baumaterial für Wasserbauten, Wärmekraftanlage als Ergänzung oder Reserve.	
76. Projektierung von Elektromotorenanlagen . . . . .	281
77. Maschinenfundamente. Montage . . . . .	284
Baumaterial, Ausrichten des Fundaments, Aufstellung in Stockwerken, Tiefe des Fundaments, Unterkellerung, Abdeckungen, gemeinsame Betonsohle, Höhe des Fundamentklotzes, Ankerlöcher, Aussparungen, Beginn der Montage, Untergießen, Glattnstrich, Einwirkung von Schmieröl auf das Fundament.	
78. Kühleinrichtungen . . . . .	288
79. Zahl und Größe der Krafteinheiten . . . . .	289
80. Reserveanlagen . . . . .	290
81. Lage und Anordnung von Kraftwerken . . . . .	291
Fernübertragung, Bahnanschluß, Lage an Fluß oder See, Anordnung und Stellung der Gebäude, Höhenlage des Kraftwerkes, Aufstellung der Maschinen.	
82. Baulicher Teil von Kraftanlagen . . . . .	294
Außenseite, Inneres, Gebäudehöhe, Massivbau oder Fachwerks- oder Eisenbetonbau, Wasserableitung, Laufkran.	
83. Lagerung von Brennstoffvorräten . . . . .	298
Feste Brennstoffe . . . . .	298
Größe des Lagers, Art der Lagerung, Kohlenbrände, Schütthöhe, Größe und Verarbeitung der Kohlenhaufen.	



	Seite
Flüssige Brennstoffe . . . . .	299
Faßbezug oder Bezug in Kesselwagen, Lagerraum, Brennstofftanks, Aufstellung der Tanks.	
84. Transporteinrichtungen für Kohle und Asche . . . . .	300
85. Kraftanlagen in oder bei bewohnten Gebäuden . . . . .	305
Gesetzliche Bestimmungen, Rauch- und Rußbelästigung, Prioritäts- recht, Entstehung von Erschütterungen und Geräuschen, Verringe- rung von Fundament- und Bodenschwingungen, Schwingungsdämpfer.	

Sechster Teil.

**Beschreibung ausgeführter Kraftanlagen.**

86. Elektrische Fabrikzentrale mit Dampflokomobilen . . . . .	310
87. Dampfanlage einer Brauerei . . . . .	314
88. Elektrizitätswerk mit Dampfturbinen (Grosskraftwerk Franken) . . . . .	318
89. Elektrizitätswerk mit stehenden Dieselmotoren . . . . .	323
90. Elektrizitätswerk mit liegenden Dieselmotoren . . . . .	327
91. Großgasmaschinen-Zentrale eines Hüttenwerkes . . . . .	329
92. Elektrizitätswerk mit Wasserkraftbetrieb . . . . .	333

Siebenter Teil.

**Betrieb von Kraftanlagen.**

93. Einleitung. Allgemeine Betriebsregeln . . . . .	339
Maschinenhaus, Maschinist, Raumtemperatur, Werkzeuge, Reserve- teile, Betriebsmittel, Reinigen der Maschinen, Vornahme von Än- derungen, In- und Außerbetriebsetzen von Maschinen, Schmierung, Führung eines Maschinenjournals.	
94. Betrieb von Dampfkesselanlagen . . . . .	342
Kesselwärter . . . . .	342
Speisewasser . . . . .	343
Korrosionen . . . . .	347
Kesselexplosionen . . . . .	349
Rauchschwacher Feuerungsbetrieb . . . . .	350
Aschenbeseitigung . . . . .	351
Betriebsregeln für Dampfkessel . . . . .	351
95. Betrieb von Kolbendampfmaschinen . . . . .	354
Anwärmen, Anlassen, Schmierung, Vakuum, Abstellen, Klopfen von Lagern, Schlagen der Kolbenringe, Kondensation, Arbeiten mit Auspuff, längerer Betriebsstillstand.	
96. Betrieb von Dampflokomobilen . . . . .	360
97. Betrieb von Dampfturbinen . . . . .	361
98. Betrieb von Leuchtgasmaschinen . . . . .	364
Anlassen des Motors . . . . .	364
Betrieb des Motors . . . . .	364
Abstellen des Motors . . . . .	365
Betriebsstörungen . . . . .	366
Schmieröl . . . . .	367
Kühlung des Motors . . . . .	368
Knaller oder Fehlzündungen . . . . .	369
Form des Indikatordiagramms . . . . .	370
99. Betrieb von Benzin- und Benzolmaschinen . . . . .	370
An- und Abstellen, Güte der Verbrennung, Anlassen bei kalter Witterung, Versagen der Zündung.	
100. Betrieb von Naphthalinmaschinen . . . . .	373
101. Betrieb von Hochdruck-Ölmaschinen . . . . .	373
Vorbereitungen zum Anlassen, Anlassen des Motors, Höhe des Ein- blasedruckes, Kühlung, Betrieb des Motors, Abstellen, längere Be- triebsunterbrechung, Instandhaltung des Motors, Brennstoff, Schmie- rung, Fehler in der Wartung des Motors, Motor stößt, Auspuff rußt usw.	

	Seite
102. Betrieb von Kraftgasanlagen . . . . .	379
103. Betrieb von Großgasmaschinen . . . . .	386
104. Betrieb von Wasserkraftanlagen . . . . .	390
Öffnen der Schützen, Grundeisgefahr, Schutz der Rohrleitungen, Betriebsführung bei knappem Wasser, Verringerung der Umdrehungszahl bei kleinerem Gefälle, Untersuchung und Reinigung der Turbinen, Schmierung, Abnützung der Spurringe, Beaufsichtigung und Instandhaltung der Wehranlage, der Ufer und der Triebwerkskanäle, Betrieb bei Frost, Wasserschloß, Rechen, Schutzanstrich usw.	
105. Betrieb von Elektromotoren . . . . .	394
Anlassen und Abstellen, Kontrolle der Bürsten, Funkenbildung, Behandlung des Kollektors und der Schleifringe, Beseitigung von Staub aus den Wicklungen, Abdrehen unrunder Kollektoren und Schleifringe, Schmierung usw.	
106. Betriebskontrolle bei Dampfkraftanlagen . . . . .	396
Indizierung, Leistungszähler, Belastungsanzeiger, Wassermesser, Dampfmesser, Kontrolle der Maschine, Feuerungskontrolle mittels Rauchgasthermometern, Zugmessern, Kohlensäuremessern usw.	
107. Betriebskontrolle bei Verbrennungsmaschinen-Anlagen . . . . .	401
Weniger Kontrolle nötig als bei Dampfanlagen, Abgasuntersuchungen, Einblasedruck bei Dieselmotoren, Untersuchung von Kraftgas, Kontrolle des Generatorganges, Gaszusammensetzung.	
108. Betriebsführung bei starken Belastungsschwankungen . . . . .	403
109. Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten . . . . .	404
110. Das Schmieröl, seine Reinigung und Wiederverwendung . . . . .	405

## Achter Teil.

**Allgemeine Ratschläge.**

111. Wahl des Fabrikats . . . . .	407
112. Lieferungs- und Zahlungsbedingungen . . . . .	407
Lieferungs- und Zahlungsbedingungen für Dampfkraftmaschinen . . . . .	407
Lieferungs- und Zahlungsbedingungen für Verbrennungskraftmaschinen . . . . .	411
113. Vertragliche Vereinbarungen . . . . .	413
114. Garantieleistung . . . . .	414
115. Übernahme von Maschinenanlagen. Mängelrügen . . . . .	416
Übernahme, Abnahme, vertretbare und nichtvertretbare Sachen, Werkvertrag, Werklieferungsvertrag, Kaufvertrag, Handelskauf, Mängelanzeige, Garantiefrist, Recht auf Wandelung, Minderung, Schadenersatz, Beseitigung des Mangels oder Lieferung einer mangelfreien Maschine, Geltendmachung von Rechten, Fristsetzung zur Beseitigung von Mängeln, Mängel als Folge natürlichen Verschleißes, Prüfung auf Erfüllung wirtschaftlicher Garantien, verspätete Lieferung.	
116. Abnahmeprüfung und Revision von Kraftanlagen . . . . .	424
Normen für Leistungsversuche an Dampfkesseln und Dampfmaschinen . . . . .	425
Regeln für Leistungsversuche an Gasmaschinen und Gaserzeugern . . . . .	433
Auszug aus den Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren . . . . .	439
117. Versicherung gegen Feuer- und Maschinenbruchschäden sowie Betriebsverluste . . . . .	445
118. Eigentumsvorbehalt an Maschinen . . . . .	447
Gesetzliche Bestimmungen, Bestandteils- oder Zubehörseigenschaft, Verkehrsauffassung, Beschlagnahme und Zwangsversteigerung.	
119. Sicherheitsvorschriften und Schutzvorrichtungen . . . . .	450

**Anhang.**

120. Betriebskosten-Tabellen . . . . .	451
Sachregister . . . . .	478

# Verzeichnis

## der aus Zeitschriften entnommenen Abbildungen.

Im nachfolgenden sind die Figuren aufgezählt und die Quellen genannt, denen sie mit Genehmigung der betreffenden Zeitschriften und Verfasser entnommen wurden. Die angegebenen Figuren-Nummern beziehen sich nicht auf das vorliegende Werk, sondern auf die genannten Literaturstellen.

### Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure:

- Jahrgang 1908:** „Neuzeitliche Dampfanlagen“ von Chr. Eberle, S. 687 ff.: Fig. 6, 7, 9, 10, 12, 17, 18 und 19.
- Jahrgang 1909:** „Neuere Kesselbekohlanlagen“ von O. Brix, S. 361 ff.: Fig. 6, 7 und 48 bis 51.
- Jahrgang 1910:** „Versuche mit Dampfentölern“, Bayerischer Revisionsverein, S. 1969 ff.: Fig. 16 und 17.
- Jahrgang 1911:** „Abdampfverwertungsanlagen“ von Grunewald, S. 247 ff.: Fig. 22;  
„Hydropulsator“ von Dr. Schulz, S. 1384 ff.: Fig. 7 und 8.
- Jahrgang 1912:** „Schieber oder Ventil“ von E. Claaßen, S. 469 ff.: Fig. 10 und 11;  
„Abwärmeverwertung bei Verbrennungskraftmaschinen“ von K. Kutzbach, S. 1206 ff.: Fig. 3 und 5;  
„Elektrische Kraftanlagen . . . .“ von K. Hofer, S. 1281 ff.: Fig. 1 und 17;  
„Neuere Bestrebungen im Dampfkesselbau“ von F. Münzinger, S. 1725 ff.: Fig. 9 und 49;  
„Wasserkraftanlage Wolfsheck“ von Fr. Oesterlen, S. 1765 ff.: Fig. 14;  
„Großkraftwerk Franken“ von Scholtes, S. 2111 ff.: Fig. 1, 2 und 3.
- Jahrgang 1913:** „Turbinenanlage der Firma Carl Zeiß“ von V. Gelpke, S. 561 ff.: Fig. 1, 5, 6, 22, 23, 24 und 52;  
„Die Humphrey-Pumpe“ von W. G. Noack, S. 885 ff.: Fig. 6.

### Zeitschrift „Technik und Wirtschaft“.

- Jahrgang 1910:** „Die Abschreibungen im Fabrikbetrieb“, S. 232 ff.: Saldo-Kurven.
- Jahrgang 1912:** „Die neuere Entwicklung der Dampfturbine und des Dieselmotors“ von M. Gereke, S. 526 ff.: Fig. 6.

### Zeitschrift „Stahl und Eisen“.

- Jahrgang 1913:** „Wirtschaftlichkeit von Kraftwerksantrieben für Hüttenwerke“ von M. Gereke, S. 969 ff.: Fig. 2, 7, 8 und 9, sowie Zahlentafel 1.
-

## Erster Teil.

# Überblick über unsere heutigen Kraftanlagen.

### 1. Einleitung.

Die Ausnützung der Naturkräfte zur Energieerzeugung erfolgt heute weit vollkommener und großzügiger als in früheren Jahren, insofern als der Anteil der in Nutzarbeit verwandelten Naturkraft bedeutend erhöht wurde und die erzeugten Energiemengen, entsprechend dem ständig wachsenden Kraftbedürfnis, gewaltig zugenommen haben. Zu diesen Fortschritten hat die durch die bequeme elektrische Energieverteilung ermöglichte zentrale Krafterzeugung in nicht geringem Maße beigetragen.

Die Entwicklung des Kraftmaschinenbaus seit der Jahrhundertwende war eine außerordentlich rasche, manchmal geradezu sprunghafte. Das Streben nach höchster Wirtschaftlichkeit im Bau von Kraftanlagen erzeugte einen lebhaften Wettbewerb zwischen den verschiedenen Systemen von Kraftmaschinen, indem jede neue Errungenschaft auf die Weiterentwicklung der alten Einrichtungen einen belebenden Einfluß ausübte. So regte die Verbesserung der Verbrennungsmaschinen die Dampfmaschinenindustrie mächtig an; andererseits hatte die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen eine erfreuliche Förderung und Weiterbildung der Wasserkraftmaschinen zur Folge.

Je mehr die Maschinen in technischer und wirtschaftlicher Beziehung vervollkommnet wurden, desto mehr verschwand die Vielgestaltigkeit ihrer Bauarten und desto ähnlicher wurden ihre Ausführungsformen. Eine als zweckmäßig erkannte Konstruktion erwirbt sich eben schnell die allgemeine Anerkennung und wird zum Allgemeingut der Technik. Die gleiche Wahrnehmung der Vereinheitlichung der Ausführungsformen kann man nicht nur bei den Wärmekraftmaschinen, sondern auch bei den Wasserkraftmaschinen machen. Während man früher Turbinen nach den verschiedensten Systemen ausführte, sind heute in der Hauptsache nur noch zwei Turbinensysteme im Gebrauch.

Mit der Vereinheitlichung der Ausführungsformen war gleichzeitig auch eine Vereinfachung der Konstruktion verbunden. Man betrachte nur z. B. die Dampfmaschinen. Dieselben entwickelten sich anfänglich in der Richtung der Zweifach- und Dreifach-Verbund-

maschinen mit komplizierten und kinematisch verwickelten Steuerungsmechanismen, bis man vor einigen Jahren erkannte, daß die Einzylindermaschine (Gleichstrommaschine) mit viel einfacheren Mitteln die gleiche Wirtschaftlichkeit erzielen läßt. Höchste technische und wirtschaftliche Vollendung wird eben häufig erst auf dem Umweg über das Komplizierte erreicht.

Der scharfe Wettbewerb auf allen Gebieten menschlichen Schaffens drängte auch im Kraftmaschinenbau zu weitgehendster Materialausnutzung. So hat man durch Erhöhung der Umdrehungszahlen die Leistung der Maschinen erheblich gesteigert und hierdurch, sowie durch möglichst weitgehende Einführung der Serien- und Massenfertigung ihre Anschaffungspreise — trotz der Verteuerung der Rohstoffe und Arbeitslöhne — gegenüber früher bedeutend herabgesetzt.

Die Steigerung der Umdrehungszahlen bedeutet nicht eine dementsprechende Verringerung der Lebensdauer; auch die angetriebenen Maschinen laufen heute wesentlich schneller als früher. Der wegen der höheren Umdrehungszahlen zu erwartende stärkere Verschleiß wird zum großen Teil durch die Verbesserung der Baustoffe und die größere Genauigkeit der Werkstättenausführung ausgeglichen. Man könnte im Gegenteil fast von einer Verschwendung des Nationalvermögens sprechen, wenn man an die frühere geringe Beanspruchung der Maschinen und ihrer einzelnen Konstruktionsteile denkt.

Vielfach führt man hochbeanspruchte Konstruktionsteile aus möglichst hochwertigem Material aus. Man erreicht dadurch, daß die Abmessungen der benachbarten Konstruktionsteile verringert werden, so daß die ganze Maschine kleiner und billiger ausfällt. Bei Auslandslieferungen, bei denen ein hoher Gewichtszoll erhoben wird, hat dies unter Umständen eine weitere erhebliche Verbilligung der Maschine zur Folge.

## Dampfkraftanlagen.

### 2. Dampfkesselanlagen.

Am häufigsten werden heute Flammrohr- und Wasserrohrkessel angewendet, letztere in der Regel mit senkrechter Gasführung; Längszüge sind heute nicht mehr gebräuchlich. Heizröhrenkessel kommen, abgesehen von der verhältnismäßig seltenen Anwendung für kombinierte Kessel, fast nur noch für Lokomobilen, Lokomotiven und Dampfschiffe (Handelsschiffe) in Betracht. Walzenkessel, bei mehrfacher Anordnung auch Batterieessel genannt, werden heute nur noch selten angewendet, höchstens in Betrieben mit ganz besonders starken Schwankungen in der Dampfenahme. Für ganz kleine Betriebe werden stehende Kessel mit Heizrohren, Quersiedern oder Field-Rohren angewendet.

Die durchschnittliche Spannung und Temperatur des Dampfes liegt heute für Kraftzwecke zwischen 10 und 12 at bzw. 300 und

350° C. Nicht selten kommen auch Spannungen von 14 at zur Anwendung, ausnahmsweise auch solche bis 20 at. Die hohen Spannungen bieten unter anderem den Vorteil, in den Leitungen mit großen Spannungsverlusten und dementsprechend mit geringen Wärme- und Temperaturverlusten arbeiten zu können.

Besonders beliebt ist heute der Wasserrohrkessel, der sich infolge seiner kleinen Rohrdurchmesser für die höchsten Spannungen eignet. Er beansprucht wenig Platz, besitzt eine gute Wasserzirkulation und bietet den Vorteil schneller Betriebsbereitschaft und starker Forcierbarkeit. Der demselben früher zum Vorwurf gemachte schlechte Wirkungsgrad sowie der Nachteil nassen Dampfes ist seit Einführung der Überhitzung und seit der zunehmenden Anwendung von Ekonomisern nicht mehr zutreffend. Zu der starken Verbreitung des Wasserrohrkessels hat nicht zum geringsten die Wanderrostfeuerung beigetragen, die ganz besonders für dieses Kesselsystem geeignet ist.

Die Kesselanlagen werden heute in der Regel mit einem Überhitzer ausgerüstet. Letzterer hat keine Verteuerung der Anlage zur Folge, da bei Vorhandensein eines Überhitzers die Kesselheizfläche entsprechend kleiner bemessen und durchschnittlich stärker beansprucht werden kann.

Abgesehen von kleinen und nur zeitweise betriebenen Kesseln werden heute in der Regel Einrichtungen für mechanische Rostbeschickung angewendet, um einerseits den Wirkungsgrad im normalen Betrieb zu verbessern und andererseits bei größeren Anlagen an Heizerpersonal zu sparen.

Der Flammrohrkessel wird gebaut bis zu Heizflächen von 130—150 qm, der Kammer-Wasserrohrkessel bis 450—500 qm. In der Form der Steilrohrkessel wurden schon Einheiten von 1000 qm und darüber ausgeführt.

Auch im Kesselbau geht heute das Bestreben dahin, die mittlere Leistung der Heizflächen zu erhöhen, jedoch möglichst ohne Steigerung der maximalen Beanspruchung in den ersten Zügen. Die höchsten Leistungen lassen sich beim Wasserrohrkessel erzielen, da dieser die beste Wasserzirkulation aufweist. Ein Hochleistungs-Wasserrohrkessel kommt dadurch zustande, daß man einerseits die Zahl der übereinander liegenden Rohrreihen nicht größer als 6—8 wählt und andererseits die hinteren, wenig beanspruchten Teile des Rohrbündels wegläßt und dafür einen entsprechend bemessenen Ekonomiser vorsieht. Dies hat einesteils den Vorzug, daß die Ekonomiserheizfläche billiger ist als die Kesselheizfläche, und andernteils wird dadurch die Wärmeausnützung des Brennstoffs verbessert, weil der Wärmeübergang im Ekonomiser infolge des höheren Temperaturgefälles besser ist als der Wärmeübergang zwischen Heizgasen und Kessel.

Bei Hochleistungskesseln geht man mit der Rohrlänge bis auf 3,5—4,5 m herunter. Bisweilen allerdings werden Hochleistungskessel gebaut mit langen Rohren und einer großen Zahl von übereinander liegenden Rohrreihen; derartige Kessel sind zwar billiger,

jedoch werden bei gleicher mittlerer Beanspruchung der Heizfläche die unteren Rohre sehr stark angestrengt, weshalb die Gefahr von Rohrdefekten eine entsprechend größere ist.

Man hat schon Beanspruchungen von 40 kg/qm Heizfläche und mehr erreicht. Hierbei sind die am stärksten angestrengten Teile der Heizfläche mit vielleicht 150 kg/qm beansprucht. Diese außerordentlich hohe Beanspruchung schadet erfahrungsgemäß den unteren Rohrenden nicht, wenn die Zirkulation eine gute ist.

Ebenso wie an den Kesselkörper werden heute auch an dessen Einmauerung weit höhere Anforderungen gestellt als früher, um bei den hohen Gastemperaturen die Entstehung von Rissen im Mauerwerk und das für die Wärmeausnutzung so nachteilige Einströmen falscher Luft möglichst zu verhüten. Am besten hat sich die Bogenmauerung bewährt. Wenn hier auch der Innenmantel reißt, so bleibt der Bogenmantel doch intakt und ohne Risse, da der Bogenmantel von dem inneren Mantel unabhängig ist.

Die den Wasserrohrkesseln zugeschriebenen Mängel, wie geringe Nachgiebigkeit der steifen Wasserkammern gegenüber dem Schub der sich infolge der Erwärmung ausdehnenden Rohre, vor allem aber die große Zahl der Rohrverschlüsse und die Verankerung der Wasserkammern mit Stehbolzen<sup>1)</sup>, haben zu einem Kesselsystem geführt, das im Schiffsbetrieb schon lange Zeit in Benutzung ist, dem Steilrohrkessel. Ein Vertreter dieser Gattung ist in Fig. 2 dargestellt<sup>2)</sup>. Der Steilrohrkessel stammt aus England; er hat sich aber dort noch nicht so recht einzuführen vermocht, offenbar weil die meisten Ausführungsformen noch mit Mängeln behaftet sind. Einmal neigen diese Kessel teils infolge ungenügender Wasserzirkulation, teils infolge zu kleiner Verdampfungsoberfläche in der Mehrzahl zum Spucken, sodann dauert das Auswechseln defekter Rohre immerhin 2—3 Tage, während dies bei einem gewöhnlichen Kammerkessel nur wenige Stunden in Anspruch nimmt. Beim Steilrohrkessel ist es nämlich notwendig, daß man in das Innere des Kessels hineinkriecht, wenn Rohre zu ersetzen sind; man muß deshalb längere Zeit warten, bis der Kessel samt seinen Mauermassen genügend abgekühlt ist. Weiter haben die meisten Steilrohrkessel den Nachteil, daß das vordere Mauerwerk sehr heiß wird, starke Wärmedehnungen erleidet und Risse bekommt, die unter Umständen ein Einstürzen des Mauerwerks zur Folge haben. Endlich wäre noch als Nachteil der Steilrohrkessel zu erwähnen, daß deren Feuergewölbe meist länger sind, als es die

---

<sup>1)</sup> Die Verankerung der Wasserkammern durch Stehbolzen ist bei den Kesseln der Firma Babcock & Wilcox ganz vermieden, allerdings auf Kosten der Querschnitte der Anschlüsse an den Oberkessel, auf deren reichliche Bemessung der deutsche Wasserrohrkesselbau mit Rücksicht auf eine flotte Wasserzirkulation mit Recht großen Wert legt.

<sup>2)</sup> Diese Abbildung entstammt einer Veröffentlichung von Münzinger. Die nähere Quellenangabe enthält das dem Buch vorangestellte Verzeichnis der aus andern Veröffentlichungen entnommenen Abbildungen.

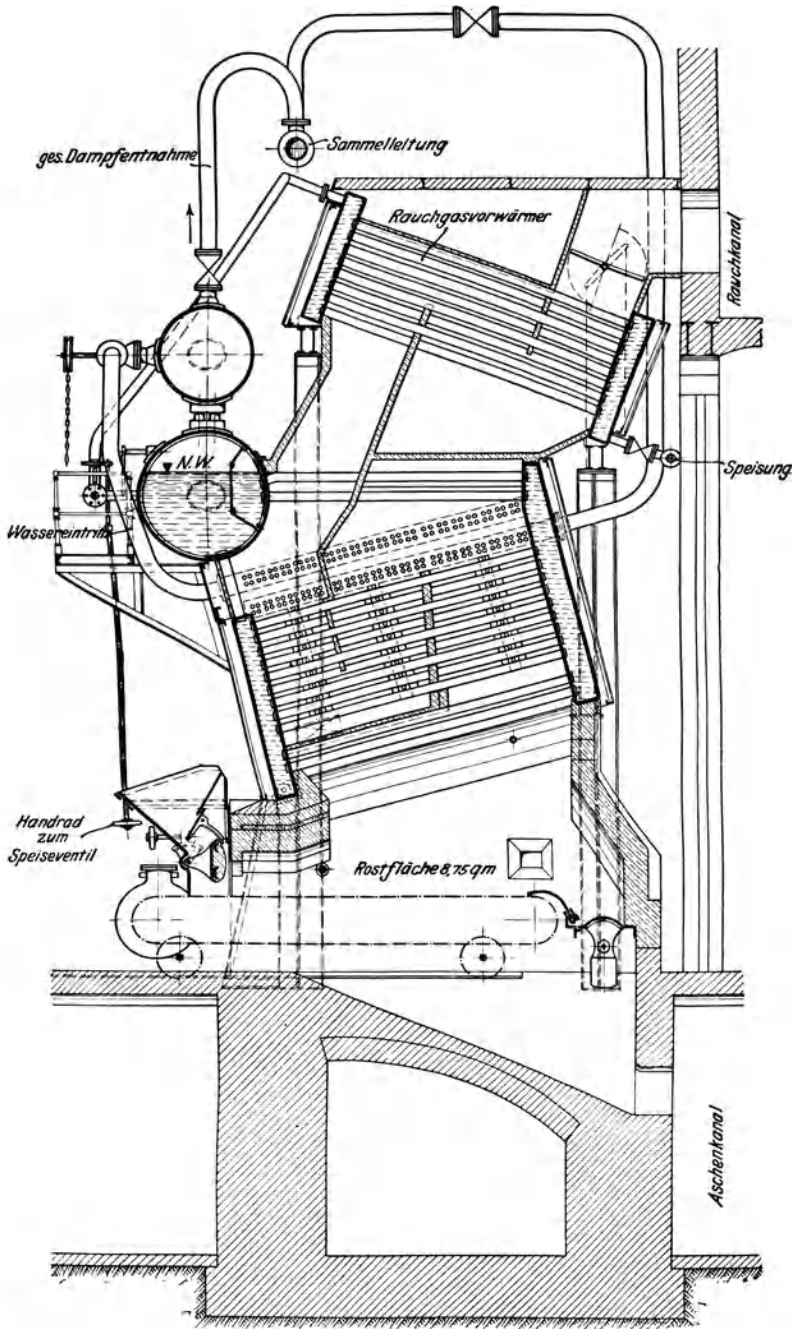


Fig. 1. Borsig-Hochleistungskessel mit darüber angeordnetem Rauchgasvorwärmer, sog. Schiffstyp (Maßstab 1 : 80).



Rücksicht auf gute Verbrennung verlangt; infolgedessen werden die Feuergewölbe sehr heiß und leicht defekt; da die Wärme schlecht abziehen kann, strahlt sie auf den Rost zurück und verschmort ihn leicht.

Diesen Nachteilen des Steilrohrkessels steht hauptsächlich folgender Vorteil gegenüber: Die teuren Wasserkammern mit ihren vielen Verschlüssen fallen weg.

Bisweilen werden bei Steilrohrkesseln die heißesten Gase nach dem oberen Ende des Rohrbündels geführt. Dies ist jedoch grundsätzlich falsch. Wenn man nämlich die Heizgase zuerst nach oben führt, so hat man nichts anderes als einen Kammerkessel mit Querzügen, dessen Rohre annähernd senkrecht sind. Dies steht aber im Widerspruch zu der folgenden Überlegung, die zu dem Steilrohrkessel geführt hat: Man denke sich einen Kammerkessel mit Vertikalzügen. Am vorderen Ende der Röhren hat man naturgemäß am meisten Dampf. Diese am schlechtesten gekühlten Rohrteile bekommen gleichzeitig die heißesten Gase. Die Folge ist, daß bei zu starker Forcierung des Kessels leicht ein Aufweiten der Rohre infolge von Wärmestauung eintritt. Diesen Mißstand kann man beim Steilrohrkessel vermeiden, indem man die heißesten Gase an die unteren Rohrpartien führt, in denen mit Sicherheit Wasser ist. Der Gefahr sich bildender größerer Dampfpfropfen muß hierbei durch eine flotte Wasserzirkulation vorgebeugt werden.

Die Steilrohrkessel vertragen bei richtiger Konstruktion die höchste Beanspruchung und nehmen die kleinste Grundfläche in Anspruch. Ihre Breite ist jedoch ziemlich dieselbe, wie bei Kammerkesseln, da eben die Rostfläche untergebracht werden muß. Nur die Tiefe des Steilrohrkessels ist im allgemeinen etwas kleiner, anderseits jedoch ist seine Höhe wesentlich größer als beim Kammerkessel.

Mit Rücksicht auf den etwas geringeren Platzbedarf der Steilrohrkessel werden sie insbesondere für größere Dampfturbinen-Kraftwerke empfohlen. Bei Anwendung von Hochleistungs-Wasserrohrkesseln mit schrägen Rohren und darüber angeordnetem Ekonomiser (Fig. 1) ist der Platzbedarf auch nicht größer als bei Steilrohrkesseln, im Gegenteil. Einen geringeren Platzbedarf weisen höchstens Steilrohrkessel nach Art von Fig. 2 auf, bei denen der Vorwärmer organisch mit dem Kessel verbunden ist.

Es wurde in der letzten Zeit mehrfach darauf hingewiesen, daß durch Einführung der flammenlosen Verbrennung die Beanspruchung der Dampfkessel weiterhin gesteigert und gleichzeitig ihr Wirkungsgrad verbessert werden könne<sup>1)</sup>. Zweifellos beruht das Prinzip der flammenlosen Verbrennung auf gesunder Grundlage, jedoch sind die praktischen und konstruktiven Schwierigkeiten bei deren Anwendung außerordentlich groß. Es ist zwar gelungen, für das zur flammenlosen Verbrennung erforderliche körnige Material Stoffe zu finden,

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 281.

die der hohen Flammentemperatur widerstehen. Sobald aber das Gas Flugstaub enthält, bilden sich aus diesem und der Körnung

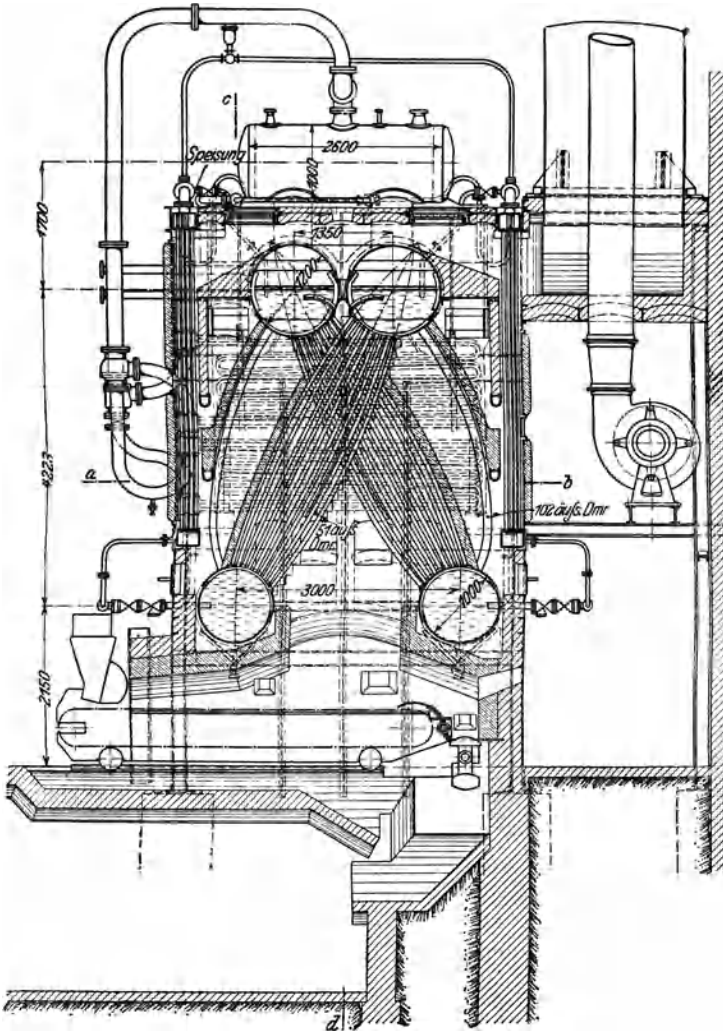


Fig. 2. Burkhardt-Hochleistungskessel von 350 qm Heizfläche, ausgeführt von Jacques Piedboeuf (Maßstab 1:100).

Schlackenflüsse, die die Wirkung der Körnung mehr oder weniger aufheben, Kanäle bilden und schließlich zu Verstopfungen führen. Der Betrieb wird sich deshalb höchstens bei ganz reinem Gas längere Zeit mit Sicherheit aufrecht erhalten lassen.

Die bereits vorgenommenen Kesselversuche wurden mit dem hierfür geeignetsten Gas (Koksofengas) durchgeführt. Da dieses mit hoher Flammentemperatur verbrennt, läßt sich leicht ein hoher Wirkungsgrad erreichen, viel leichter als beim Verbrennen von armem Hochofengas oder Generatorgas. Auch fallen hierbei die Anlage- und Betriebskosten der Reinigungsanlage verhältnismäßig nieder aus.

Jedenfalls kann bis auf weiteres die flammenlose Verbrennung für Dampfkesselbetriebe noch nicht ernstlich in Betracht gezogen werden.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß bei Dampfkesselanlagen natürlicher Zug mittels Schornstein oder künstlicher Zug mittels Ventilator angewendet werden kann. Näheres hierüber enthält Abschn. 55. Speziell bei Kesseln, die mit flammenloser Verbrennung betrieben werden, kommt ein Schornstein nicht in Betracht; hier muß mittels Gebläse gearbeitet werden. Im übrigen kommt bei flammenloser Verbrennung auch die Einmauerung in Wegfall, weil als Heizflächen ausschließlich mit feuerfester Körnung angefüllte, vom Wasser umspülte Rohre dienen, in denen das Gas zur Verbrennung gelangt.

Bezüglich der Einrichtungen zur mechanischen Kesselbekohlung und Aschenabfuhr sei auf Abschn. 84 verwiesen.

### 3. Ortsfeste Kolbendampfmaschinen.

Durch den scharfen Wettbewerb der Verbrennungsmaschinen und der Lokomobilen hat sich der Dampfmaschinenbau anfangs dieses Jahrhunderts genötigt gesehen, vom Sattdampf- zum Heißdampfbetrieb überzugehen. Die durchschnittliche Spannung und Temperatur des überhitzten Dampfes liegt für Kraftzwecke zwischen 10 und 12 at bzw. 300 und 350<sup>0</sup> C. Es kommen sogar Spannungen bis zu 14 at vor. Die ursprüngliche Annahme, daß man infolge der Überhitzung auf die hohen Dampfspannungen verzichten werde, hat sich demnach nicht bestätigt.

Bis vor kurzer Zeit hat man immer noch behauptet, daß Temperaturen über 300<sup>0</sup> C bei Kolbenmaschinen mit Rücksicht auf die starke Zunahme des Ölverbrauchs und die Abnützung der Kolbenringe und Zylinder keine Vorteile mehr bringen. Es ist jedoch heute erwiesen, daß sachgemäß konstruierte und ausgeführte Maschinen bis zu Leistungen von 1000 PS, also bis zu der Grenze, die heute für Kolbenmaschinen hauptsächlich noch in Betracht kommt, auch bei Temperaturen bis zu 350<sup>0</sup> C keinen ungewöhnlichen Verschleiß oder Ölverbrauch aufweisen. Voraussetzung ist hierbei allerdings die Verwendung eines hochwertigen Schmieröls von gleichmäßig guter Beschaffenheit.

Man glaubte noch zu Anfang dieses Jahrhunderts, daß die Dreifachexpansionsmaschine den Höhepunkt der Entwicklung der

Dampfmaschine darstelle und daß spätere Verbesserungen nicht mehr zu erwarten seien. Inzwischen hat sich jedoch gezeigt, daß gut gebaute Einzylindermaschinen, vor allem die sog. Gleichstromdampfmaschine, mit viel einfacheren Mitteln ein beinahe ebenso günstiges Ergebnis liefern.

Mit der Einführung hoher Überhitzung hat die Bedeutung der mehrstufigen Expansion abgenommen. Man baut heute für stationäre Anlagen nur noch Einfach- und Zweifachexpansionsmaschinen, während Dreifachexpansionsmaschinen nur für Schiffsantriebe zur Ausführung kommen. Wenngleich die Dreifachexpansionsmaschine im Dampfverbrauch um ein Geringes günstiger ist als die Zweifachexpansionsmaschine, so hat die letztere den Vorteil geringerer Anschaffungskosten, insbesondere wenn sie in der heute fast allgemein üblichen Tandemanordnung ausgeführt wird. Berücksichtigt man noch den geringeren Ölverbrauch der Tandemaschine sowie den Umstand, daß sie infolge Wegfalls eines Zylinders nebst Triebwerk weniger Bedienung erfordert, so wird die geringe Dampfersparnis der Dreifachexpansionsmaschine wieder ausgeglichen, zumal auch noch der geringere Raumbedarf der Tandemaschine in Betracht zu ziehen ist.

Zugunsten der Zweifachexpansionsmaschine kommt noch in Betracht, daß sie höhere Überhitzung verträgt als die Dreifachexpansionsmaschine. Da sich nämlich bei der letzteren große Füllungen im Hochdruckzylinder ergeben, so bekommt man sehr hohe Wandungstemperaturen.

Aus den genannten Gründen hat sich sowohl das Anwendungsgebiet der Einfach- als auch dasjenige der Zweifachexpansionsmaschine wesentlich nach oben hin erweitert. Normale Einzylindermaschinen wendet man heute bis zu Leistungen von etwa 100 PS an, bei Abdampfverwertung sogar bis 1000 PS und darüber. Zweifachexpansionsmaschinen baut man in der Form von Tandemaschinen bis zu Leistungen von 2000 PS und darüber.

Als Steuerungsorgane verwendet man heute meist Ventile oder einfache Kolbenschieber mit federnden Dichtungsringen und Achsenregler. Flachschieber kommen höchstens noch für Sattedampfmaschinen bis etwa 8 at Dampfspannung oder für die Niederdruckzylinder kleinerer Verbundmaschinen (bei Lokomobilen) in Betracht. Auch Drehschieber werden kaum mehr ausgeführt.

Für kleine und mittlere Leistungen ist nach den bis heute vorliegenden Erfahrungen der einfache Kolbenschieber mit federnden Dichtungsringen dem Ventil durchaus gleichwertig. Für große Leistungen hingegen fallen die Abmessungen des Kolbenschiebers und damit auch die Schieberreibung und Abnützung zu groß aus, weshalb hierfür dem Ventil der Vorzug gebührt.

Für hohe Tourenzahlen, etwa 200 und darüber, ist der Kolbenschieber dem Ventil vorzuziehen.

Der häufig zugunsten der Ventilsteuerung angeführte Umstand der getrennten Ein- und Auslaßkanäle hatte früher, wo man noch

mit Sattdampf arbeitete, zweifellos eine erhebliche Bedeutung. Seit der Einführung des Heißdampfbetriebs spielt jedoch die Trennung der Kanäle keine so wesentliche Rolle mehr. Dies beweisen die günstigen Dampfverbrauchsfiguren, die sich bei Wolfschen Lokomobilen ergeben haben.

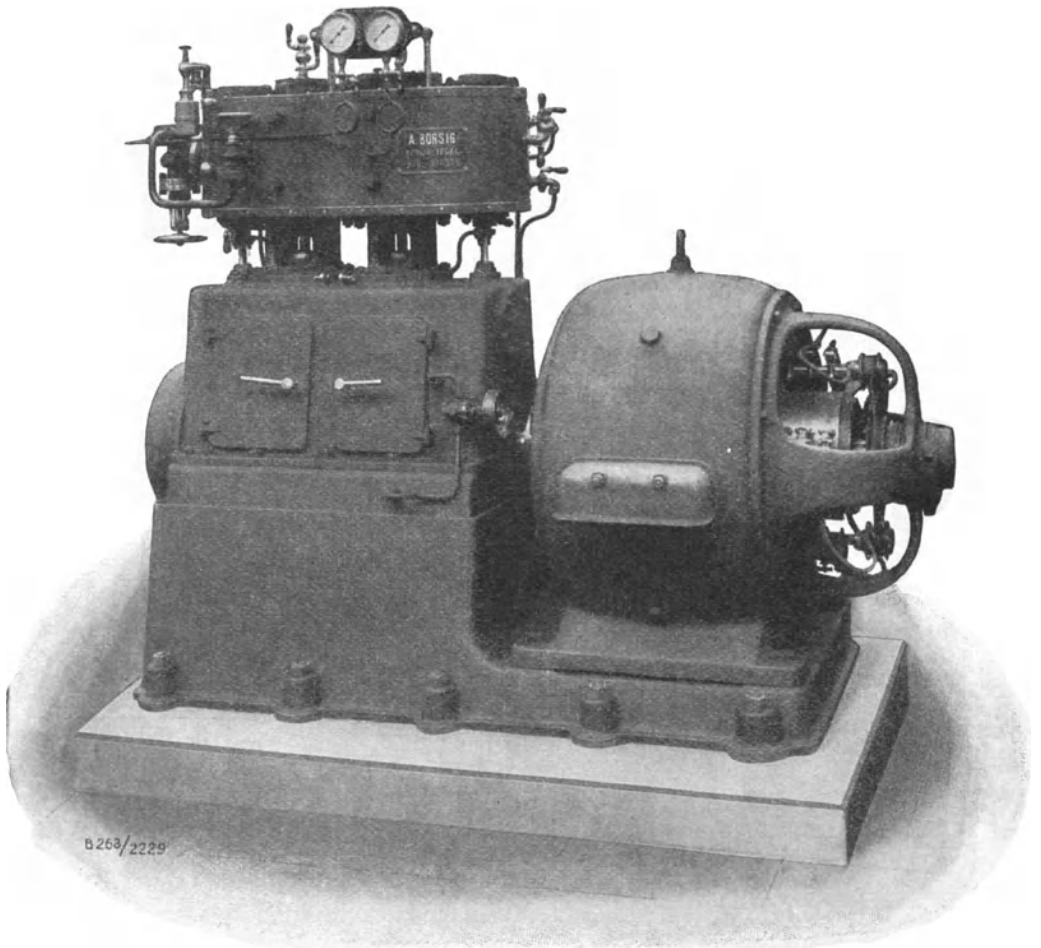


Fig. 3. Schnellaufende stehende Kapsel-Verbund-Dampfmaschine mit Dynamo, Ausführung von A. Borsig, Berlin-Tegel, für Leistungen von etwa 20—800 PS.

Was die Ventilsteuerungen anlangt, so ist zu sagen, daß man heute von den früher gebräuchlichen, kinematisch verwickelten Antrieben ganz abgekommen und zu möglichst einfachen Mechanismen zurückgekehrt ist. Es werden heute in der Regel die zwangsläufigen Steuerungen, und zwar diejenigen mit Schubkurven bevorzugt. Frei-

fall- oder Ausklinksteuerungen eignen sich bis höchstens 125 Umdrehungen in der Minute. Für niedere Tourenzahlen ist die Ausklinksteuerung der zwangsläufigen durchaus ebenbürtig, sofern nur dafür gesorgt wird, daß die Regulierung auch bei geringer Belastung und im Leerlauf eine einwandfreie ist.

Auch das Kolbenventil wird von einzelnen Firmen angewendet. Es vereinigt zum Teil die Vorzüge des Schiebers und des Ventils und ist deshalb ein sehr gutes Dampfverteilungsorgan.

Für Leistungen bis zu 60—100 PS wird die Schiebersteuerung (mit Kolbenschieber) der Ventilsteuerung in der Regel vorgezogen, weil Schiebermaschinen in der Herstellung billiger sind als Ventilmaschinen.

Die Bauart der Dampfmaschinen ist für gewöhnlich liegend (Fig. 83). Die stehende Bauart hat gegenüber der liegenden den Vorzug geringeren Platzbedarfs, wird jedoch heute seltener angewendet, in der Regel nur noch für Schiffszwecke, für stationäre Anlagen hingegen meist nur dann, wenn mit Rücksicht auf geringe Anschaffungskosten eine hohe Umdrehungszahl der Maschine verlangt wird (Fig. 3).

Zum Schluß möge noch darauf hingewiesen werden, daß heute auch erstklassige Firmen den Bau von Gleichstromdampfmaschinen aufgenommen haben. Wengleich der Dampfverbrauch einer Gleichstrommaschine etwas höher ist als derjenige einer erstklassigen Verbundmaschine, so bedeutet die Gleichstrommaschine immerhin eine Vereinfachung und Verbilligung. Es wird mit wesentlich einfacheren Mitteln annähernd dasselbe wie mit der Verbundmaschine erreicht. Die Gleichstrommaschine ist daher ohne Zweifel als ein Fortschritt im Dampfmaschinenbau zu betrachten. Es wurden bis heute schon Maschinen von mehreren tausend Pferdestärken in einem einzigen Zylinder ausgeführt. Zurzeit befindet sich eine Gleichstromdampfmaschine von 4000—6000 PS im Bau<sup>1)</sup>.

Um die Vorzüge der Gleichstromwirkung mit denen der Verbundanordnung zu vereinigen, bauen manche Firmen Verbundmaschinen, deren Niederdruckzylinder nach dem Gleichstromprinzip arbeitet.

#### 4. Dampflokomobilen.

Das Mutterland der Lokomobile ist England. Man baute sie dort speziell für die Zwecke der Landwirtschaft, die nach einer Maschine verlangte, die leicht ihren Standort wechseln kann.

Wenn früher die Lokomobile für ständige Betriebe kaum in Frage kam, so hat sich dies inzwischen geändert. Insbesondere in Deutschland mit seinen verhältnismäßig hohen Kohlenpreisen hat man die Vorzüge der unmittelbaren Verbindung von Kessel und Maschine bald erkannt und die Lokomobile so durchgebildet, daß

---

<sup>1)</sup> Vergl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 662.

sie heute in bezug auf technische Vollkommenheit den besten stationären Dampfmaschinen gleichkommt, und zwar sowohl in betriebs-technischer, als auch in wirtschaftlicher Beziehung. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ist die Lokomobile infolge der Vermeidung der Rohrleitungsverluste und der Verringerung der Zylinderverluste den stationären Anlagen sogar überlegen. Man hat bei Lokomobilen schon wärmetechnische Gesamtwirkungsgrade von  $17,3\%$  erreicht, entsprechend einem Dampfverbrauch von rund 4 kg und einem Kohlenverbrauch von rund 0,5 kg für die PS<sub>e</sub>-st.

Außer der größeren Wirtschaftlichkeit bestehen die Vorzüge der Lokomobile gegenüber einer stationären Anlage in der geringeren Raumbeanspruchung und der damit zusammenhängenden größeren Übersichtlichkeit des Betriebes, in dem Wegfall der Kesseleinmauerung, der Verringerung der Fundamentkosten sowie in der leichten Verkäuflichkeit gebrauchter Lokomobilen. Letzteres sowie der Vorteil der raschen Aufstellung machen die Lokomobile für vorübergehende und Aushilfsbetriebe geradezu unentbehrlich.

Während die früheren englischen Lokomobilen durchweg Lokomotivkessel mit viereckiger Feuerbüchse besaßen, sind die heutigen Lokomobilen meistens mit ausziehbaren Röhrenkesseln und runder Feuerbüchse ausgerüstet (Fig. 5). Letztere haben den Vorzug bequemer Reinigung, da nach Lösen zweier mit Klingerit abgedichteter Flanschverschraubungen die Feuerbüchse samt dem Röhrenbündel herausgezogen und in bequemster Weise vom Kesselstein befreit werden kann, was zweifellos für die Sicherheit des Betriebes einen großen Fortschritt bedeutete. Auch auf die Lebensdauer und die Brennstoffausnützung ist die Möglichkeit gründlicher Reinigung von günstigem Einfluß. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, ein vollständiges Reserverohrsystem zu halten. Der Lokomotivkessel kommt deshalb heute für größere ortsfeste Lokomobilen kaum mehr in Betracht. Dagegen wird er bei fahrbaren Lokomobilen, wie Fig. 4 zeigt, noch häufig angewendet, da er sich rascher anheizen läßt, beim Fahren größere Stabilität besitzt und außerdem billiger ist als der ausziehbare Röhrenkessel. Schließlich ermöglicht der Lokomotivkessel auch die Unterbringung vergrößerter Feuerbüchsen für minderwertige Brennstoffe.

Heute wird die Lokomobile für feststehende Anlagen bis zu Leistungen von mehreren hundert Pferdestärken ausgeführt. Auf der Brüsseler Weltausstellung 1910 war eine Wolfsche Lokomobile von 600 PS<sub>e</sub> und eine Lanzsche von 1000 PS<sub>e</sub> ausgestellt. Wenn auch anzuerkennen ist, daß die Lokomobile infolge der Vereinigung von Kessel und Maschine die Wärme besser zusammenhält als eine stationäre Kessel- und Maschinenanlage, so ist doch zu sagen, daß für so große Einzelleistungen die letztere vorzuziehen ist. Lokomobilen kommen für derartig große Leistungen höchstens bei ganz beschränkten Raumverhältnissen in Betracht, sowie dort, wo an Anlagekosten möglichst gespart werden soll.

Die Lokomobilen werden sowohl mit Schieber- als auch mit Ventilsteuerung, mit einfacher und doppelter Überhitzung ausgeführt<sup>1)</sup>. Man baut sie sowohl als Einzylinder- und Verbundlokomobilen, wie auch als reine Gleichstromlokomobilen.

Im Vergleich zu stationären Dampfmaschinen beginnt man bei Lokomobilen mit der Unterteilung des Spannungsgefälles sowie mit

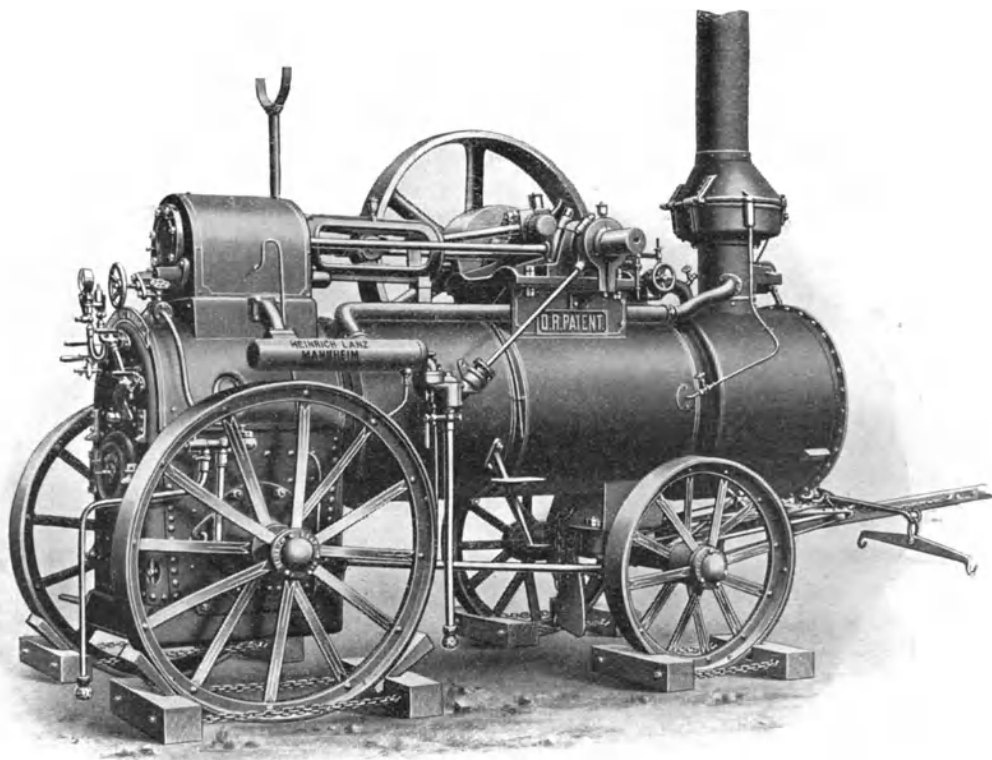


Fig. 4. Fahrbare Heißdampf-Auspuff-Lokomobile mit Ventilsteuerung und Lokomotivkessel, Ausführung von Heinrich Lanz, Mannheim.

der Anwendung der Kondensation bereits bei verhältnismäßig kleinen Leistungen. Es dürfte dies in erster Linie auf den scharfen Wettbewerb der Lokomobilfirmen unter sich und gegenüber den Diesel- und Sauggasmotoren zurückzuführen sein.

<sup>1)</sup> Doppelte Überhitzung ist sehr wirtschaftlich, bedingt jedoch immerhin gewisse Komplikationen, weshalb man neuerdings wieder von der Zwischenüberhitzung abkommt.



Für fahrbare Lokomobile benutzt man ausschließlich einen umklappbaren Blechkamin, in den zur Erzeugung des erforderlichen Zugs der Auspuffdampf eingeleitet wird, soweit nicht fahrbare Ma-

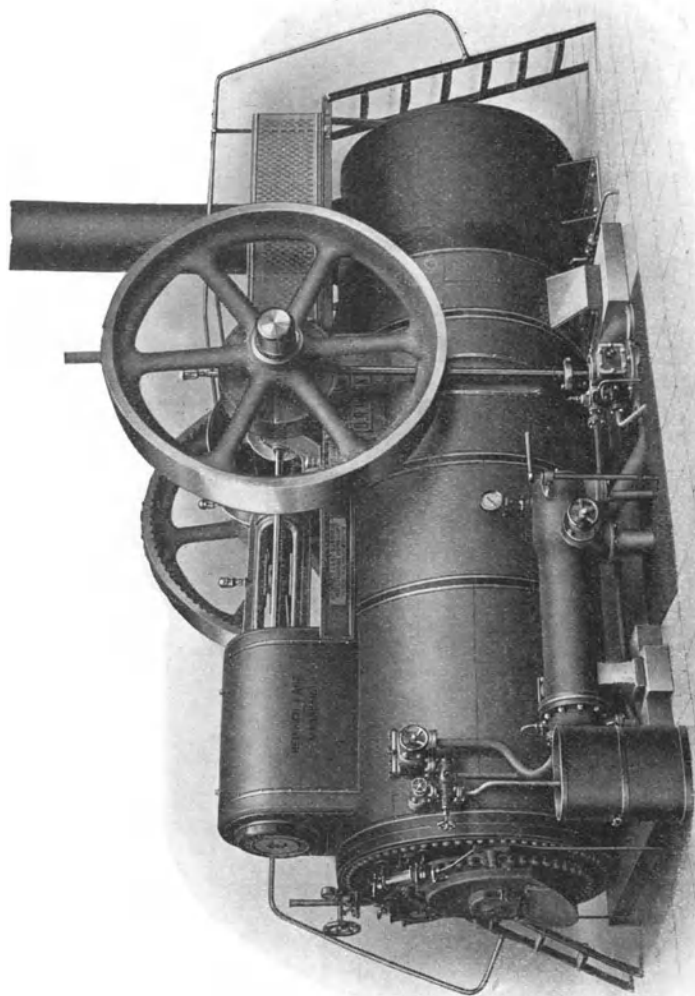


Fig. 5. Ortsfeste Einzylinder-Heißdampf-Kondensations-Lokomobile mit Ventilsteuerung und ausziehbarem Röhrenkessel, Ausführung von Heinrich Lanz, Mannheim.

schinen mit Kondensation ausgerüstet werden. In diesem Fall wird entweder ein Frischdampfbläser oder Ventilatorzug angeordnet. Auch für ortsfeste Lokomobile werden Blechkamine bis hinauf zu Leistungen von etwa 200 PS ausgeführt und teilweise direkt auf die Rauch-

kammer gesetzt, teilweise auf einen niederen Mauersockel außerhalb des Maschinenhauses. Letztere Anordnung ist einmal aus Schönheitsrücksichten und zum andern aus betriebstechnischen Rücksichten (wegen Laufkran, wegen Erhöhung der Maschinenhauswärme, wegen besserer Zugänglichkeit der Kurbelwelle usw.) empfehlenswerter. — Der Blechkamin hat gegenüber dem gemauerten Schornstein den Vorzug, daß er wesentlich geringere Anschaffungskosten verursacht als dieser, was insbesondere für vorübergehende Anlagen von Wichtigkeit ist. Dagegen hat er den Nachteil, daß er infolge der Witterungseinflüsse verhältnismäßig rasch durchrostet, weshalb seine Lebensdauer wesentlich kürzer ist als diejenige des gemauerten Schornsteins. Dazu kommt noch, daß die Rauchgase in einem eisernen Schornstein verhältnismäßig stark abgekühlt werden, was erheblichen Einfluß auf den Zug hat.

Bisweilen werden selbst für Leistungen über 200 PS Blechkamine gewählt, und zwar dann, wenn es sich um besondere örtliche Verhältnisse, wie schlechter Baugrund, provisorischer Betrieb, die Möglichkeit baldiger Erweiterung, schwierige Beschaffung des Baumaterials usw. handelt.

## 5. Dampfturbinen.

Während in der Kolbendampfmaschine unmittelbar die Spannungsenergie des Dampfes ausgenützt wird, erfolgt bei Dampfturbinen eine vorherige Umwandlung der Spannungsenergie in Strömungsenergie. Diese Umwandlung geht im Leitapparat oder in besonderen Düsen vor sich.

Die allgemeinere Einführung der Dampfturbine datiert seit dem Anfang dieses Jahrhunderts. Im Verlaufe weniger Jahre hat sich die Dampfturbine zu höchster technischer Vollkommenheit entwickelt. Der anfänglich sehr heftige Konkurrenzkampf zwischen Dampfturbine und Kolbenmaschine hat sich heute endgültig dahin entschieden, daß die Turbine vorwiegend für größere Leistungen verwendet wird. Die Turbine ist heute die ausgesprochene Großkraftmaschine; es wurden bereits Einheiten bis zu 30 000 PS Leistung ausgeführt. Neuerdings wurde sogar für das Kommunale Elektrizitätswerk Mark in Hagen i. W. eine Turbine von maximal 40 000 PS bei 1000 minutlichen Umdrehungen gebaut.

Außer für große und größte Leistungen wird die Turbine ausnahmsweise auch für kleineren Kraftbedarf angewendet. Kleinturbinen kommen insbesondere für Pumpenantriebe, für den Antrieb von Ventilatoren und Kleindynamomaschinen in Betracht. Wenn auch deren Dampfverbrauch höher ist als der von Kolbenmaschinen, so werden trotzdem häufig Turbinen bevorzugt mit Rücksicht auf ihre bekannten Vorzüge: geringer Raumbedarf, geringer Schmierölverbrauch, ölfreier Abdampf, kleine Fundamente usw. Der höhere Dampfverbrauch spielt für Betriebe, die den gesamten Abdampf der Turbine zu Heiz-

zwecken und dergl. verwenden können, keine Rolle; dagegen ist hier der ölfreie Abdampf sehr wertvoll.

Die Dampfturbinen lassen sich in zwei große Gruppen einteilen, in Gleichdruck- oder Aktionsturbinen und in Überdruck- oder Reaktionsturbinen. Durch die Anwendung von Geschwindigkeitsrädern in der Hochdruckstufe wurde gegenüber früher eine wesentliche Verringerung der Stufenzahl und damit eine Verkürzung der Baulänge der Turbine und eine Verbilligung derselben erreicht. Ein wesentlicher dampftechnischer Vorteil der Vorschaltung eines Geschwindigkeitsrades liegt in der Möglichkeit partieller Beaufschlagung und somit voller Druckausnützung des Dampfes auch bei Teilbelastungen. Wenn auch der Dampfverbrauch großer Turbinen, über etwa 3000 KW, bei Vollast nicht verbessert wurde, so ist doch der Dampfverbrauch

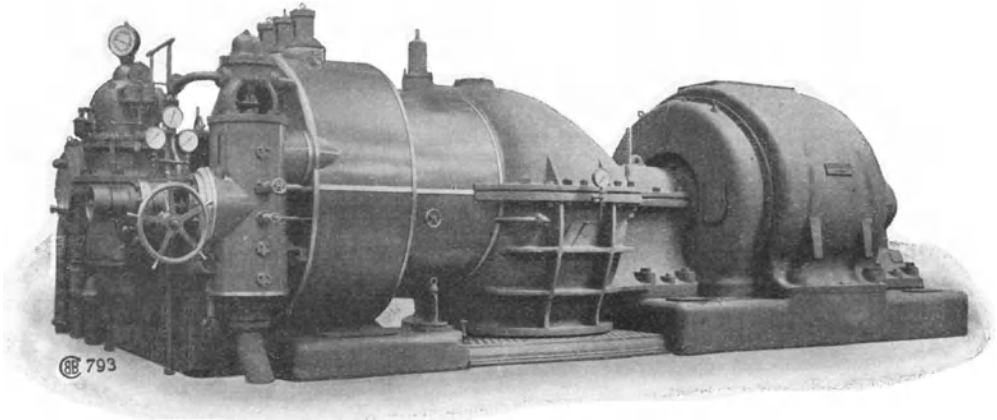


Fig. 6. Turbo-Drehstrom-Generator für 5000 KW bei 3000 Umdrehungen, kombinierte Bauart mit automatischer Düsenregulierung, Ausführung von Brown, Boveri & Cie., Mannheim.

bei Teilbelastungen durch die Einführung eines Geschwindigkeitsrades mit Düsenzu- und -abschaltung durchweg verringert worden.

Die Geschwindigkeitsabstufung im Hochdruckteil hat fernerhin den Vorteil, daß im Innern der Turbine verhältnismäßig niedere Spannungen und Temperaturen herrschen, weil der Dampf in den dem Geschwindigkeitsrad vorgeschalteten Düsen bis auf 1—3,5 at abs. expandiert. Die kombinierte Bauart mit Geschwindigkeitsabstufung im Hochdruckteil erlaubt deshalb die Anwendung höherer Dampfspannungen und Temperaturen. Spannungen von 14—16 at und Dampftemperaturen von 350° C sind heute keine Seltenheit mehr.

Die kombinierte Bauart hat sich heute allgemein Geltung verschafft, wenigstens für Frischdampfturbinen. Hierbei verwenden manche Fabriken hinter dem Geschwindigkeitsrad Überdruckstufen (Trommelform mit Parsonsschaufelung ohne Zwischendichtungen),

während andere Firmen Gleichdruckstufen (Scheibenräder in einzelnen Druckkammern mit Dichtungen zwischen jeder Stufe) ausführen. Teilweise wird auch noch die ursprüngliche Bauart der Gleichdruckturbine (ohne Geschwindigkeitsrad) angewendet. Fig. 6 zeigt eine kombinierte Turbine mit Überdruckstufen.

Die Zuführung des Frischdampfs zum Geschwindigkeitsrad erfolgt durch einzelne Düsengruppen; bei geringer Belastung wird ein Teil derselben, je nach dem Turbinensystem, von Hand oder automatisch abgesperrt. Reine Drosselregulierung ist heute nur noch bei voll beaufschlagten Turbinen vorhanden. Hierbei fällt der Dampfverbrauch bei Teilbelastung wesentlich höher aus als bei Düsenregulierung.

Die automatische Düsenregulierung besitzt gegenüber der Handregulierung den Vorteil, daß sie von der Aufmerksamkeit und Zuverlässigkeit des Bedienungspersonals vollkommen unabhängig ist. Die Düsenregulierung von Hand erfüllt naturgemäß nur dann ihren Zweck, wenn sie bei Belastungsschwankungen stets im richtigen Moment betätigt wird; erfahrungsgemäß macht aber ein Maschinist nicht gern ein Ventil zu, das er vielleicht schon im nächsten Augenblick wieder öffnen muß. Die automatische Düsenregulierung empfiehlt sich deshalb insbesondere für solche Betriebe, in denen starke und unregelmäßige Belastungsschwankungen auftreten.

Die heute gebräuchliche höchste Tourenzahl für Turbinen, die mit Drehstromgeneratoren direkt gekuppelt sind, ist 3000, entsprechend der bei uns üblichen Periodenzahl von 50/sk. Höhere Tourenzahlen kommen höchstens bei Turbinen vor, die zum Antrieb von Turbogebläsen, Turbokompressoren oder Zentrifugalpumpen dienen. Während man noch vor etwa 6 Jahren mit 3000 tourigen Maschinen bis höchstens 1500 KW ging, baut man heute Turbo-Drehstromgeneratoren von 5000—6000 KW mit 3000 Umdrehungen<sup>1)</sup>. Bei größeren Einheiten ist die Umdrehungszahl geringer, und zwar ist sie durch die Periodenzahl 50 mit 1500 oder 1000 in der Minute festgelegt. Umdrehungszahlen unter 1000 kommen gewöhnlich nur für Schiffsturbinen oder für größere Gleichstrom-Turbodynamos in Betracht.

Die Schaufeln werden in der Regel profiliert ausgeführt, um eine bessere Dampfführung zu erzielen. Für das Geschwindigkeitsrad werden meist Schaufeln aus geringprozentigem Nickelstahl verwendet, für die übrigen Stufen hingegen meist Spezialbronze. Die Verwendung von hochprozentigem Nickelstahl (25<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Nickelzusatz) hat sich nicht bewährt, da dieses Material im Dampfstrom ganz eigentümliche Umwandlungen durchmacht; die Schaufeln wurden hierbei mit der Zeit ganz spröde und neigten infolgedessen zur Brüchigkeit.

Die Radscheiben werden aus geschmiedetem Siemens-Martin-Stahl hergestellt, desgleichen die Welle oder Trommel. Bei Turbinen mit

---

<sup>1)</sup> Man strebt heute darnach, auch Maschinen über 5000—6000 KW mit 3000 Umdrehungen laufen zu lassen, um die Herstellungskosten zu verringern.

Scheibenrädern wird die Welle bei 3000 Umdrehungen vielfach noch elastisch gemacht; bei 1500 Umdrehungen ist durchweg die starre Welle gebräuchlich. Die Abdichtung der Welle erfolgt durch Labyrinthdichtungen oder durch radial bewegliche Kohlenringe. Für die Zwischenböden von Scheibenturbinen sind fast ausschließlich Labyrinth-Stopfbüchsen im Gebrauch.

Die Dampfturbine wird außer für Landzwecke in steigendem Maße auch zur Fortbewegung von Schiffen angewendet.

Während sich bis heute bei Landturbinen nur insoweit ein einheitlicher Typ herausgebildet hat, als sich die kombinierte Bauart — wenigstens für Frischdampfturbinen — fast allgemein Geltung verschaffte, hat sich bei Schiffsturbinen bereits ein Normaltyp eingebürgert. Die Grundform der heutigen Schiffsturbine besteht aus der Trommelform und einem mehrkränzigen vorgeschalteten Geschwindigkeitsrad mit Düsenregulierung für partielle Beaufschlagung. Die Schiffsschraube wird direkt mit der Turbinenwelle gekuppelt; es sind so viele Teilturbinen vorhanden, als Schiffsschrauben für das betreffende Schiff in Frage kommen. Die Rückwärtsbewegung wird durch eine in den Vakuumraum des Niederdruckzylinders eingebaute Rückwärtsturbine bewirkt.

In Deutschland hat sich die Schiffsturbine langsamer eingeführt als in England. Es hängt dies zum Teil damit zusammen, daß in Deutschland mit Rücksicht auf die hohen Brennstoffpreise sehr hochwertige Kolbenmaschinen gebaut wurden, die anfänglich der Turbine an Wirtschaftlichkeit überlegen waren<sup>1)</sup>. Inzwischen aber hat sich auch in Deutschland infolge der Verbesserung der Dampfturbinen und infolge der Ausbildung der Schiffsschrauben für höhere Umdrehungszahlen ein Umschwung zugunsten der Dampfturbinen vollzogen. Selbst die deutsche Handelsmarine verschließt sich heute nicht mehr gegen die Anwendung der Dampfturbine, wie die neuesten großen Luxusdampfer beweisen. Nur bei kleinen Schiffen und bei gewöhnlichen Frachtdampfern dürfte wohl auch in Zukunft die Kolbenmaschine vorherrschen, wengleich sich auch hier die Turbine durch Verwendung von Übersetzungsmitteln (Zahnradübersetzungen, Föttinger-Transformator) einzuführen sucht.

Die Einführung der Dampfturbine in der Kriegsmarine wurde einerseits durch ihre höhere Betriebssicherheit und andererseits dadurch begünstigt, daß die modernen, immer größer und schneller werdenden Schiffe sehr große Leistungen verlangen, die mit Kolbenmaschinen nicht mehr untergebracht werden können. Man hat heute schon Schiffe mit einer Maschinenleistung von insgesamt 100 000 PS gebaut. Außerdem spricht noch das geringere Gewicht der Turbine, ihr ruhigerer Gang und die durch das Panzerdeck sehr beschränkte Raumhöhe zu deren Gunsten.

<sup>1)</sup> Auch waren die Betriebsergebnisse, die mit den ersten Turbinenschiffen erzielt wurden, wenig ermutigend; vgl. z. B. Zeitschr. f. d. gesamte Turbinenwesen 1913, S. 222 (Dampfer *Lusitania*).



Bei Schiffsturbinen ist mit Rücksicht auf die geringere Umdrehungszahl eine wesentlich größere Stufenzahl notwendig als bei Landturbinen. Eine Herabsetzung der Umdrehungszahl durch Vergrößerung des Trommeldurchmessers ist hier kaum mehr möglich, da man mit dem Durchmesser schon so ziemlich an die obere Grenze gekommen ist.

Falls sich die an den Föttinger-Transformator geknüpften Erwartungen verwirklichen, so wäre dies der weiteren Ausbreitung der Dampfturbinen im Schiffsbetrieb sehr förderlich. Der Föttinger-Transformator gestattet nicht nur eine Herabsetzung der Tourenzahl, sondern auch eine Umkehrung der Drehungsrichtung, so daß sich die Anwendung einer besonderen Rückwärtsturbine erübrigen würde.

Im vorstehenden war durchweg die Rede von Frischdampfturbinen. Es werden außerdem noch Abdampf- und Gegendruckturbinen ausgeführt, letztere für solche Betriebe, die den Abdampf zu Heizzwecken und dergl. gebrauchen. Auch Anzapf- oder Zwischendampfturbinen werden gebaut für Betriebe, die nur einen Teil des Maschinendampfs verwenden können.

Abdampfturbinen werden in Bergwerks- und Hüttenbetrieben bei Nichtvorhandensein einer Zentralkondensation dazu verwendet, den periodisch und stoßweise austretenden Abdampf intermittierend arbeitender Kolbenmaschinen, wie Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen, Dampfhämmern, Scheren, Pressen usw. nutzbar zu machen. Damit der Turbine das Arbeitsmittel gleichmäßig zuströmt, ist die Einschaltung eines Wärmespeichers (Fig. 7) zwischen die Kolbenmaschinen und die Turbine notwendig. In Amerika und auch in England hat man sich nicht nur damit begnügt, Maschinenanlagen mit stark wechselnder Belastung mit Abdampfturbinen zu verbinden. Es werden dort auch gleichförmig belastete große Maschinen, anstatt unmittelbar mit Kondensatoren, zunächst mit Abdampfturbinen verbunden, da die letzteren den Dampf gerade in den unteren Spannungsgebieten weit besser ausnützen als die Kolbenmaschine<sup>1)</sup>.

Bei länger andauernden Betriebspausen der Hauptmaschinen empfehlen sich kombinierte Frischdampf-Abdampfturbinen, auch Zweidruck- oder Mischdruckturbinen genannt, deren Hochdruckteil für gewöhnlich leer mitläuft und erst bei Betrieb mit Frischdampf eingeschaltet wird. Man vermeidet so die durch Abdrosselung des Frischdampfes bedingten Verluste und ist im übrigen vollständig unabhängig von der verfügbaren Abdampfmenge und ihren Schwankungen.

---

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1911, S. 210, sowie Zeitschr. f. d. gesamte Turbinenwesen 1913, S. 359.

## Verbrennungskraftmaschinen-Anlagen.

### 6. Gas- und Flüssigkeitsmaschinen.

Hierher gehören Leuchtgas-, Benzin- und Benzolmotoren; die Naphthalinmotoren sind im nächsten Abschnitt gesondert besprochen. Andere Brennstoffe kommen heute gemäß Abschn. 41 teils aus wirtschaftlichen, teils aus betriebstechnischen Gründen nicht in Betracht.

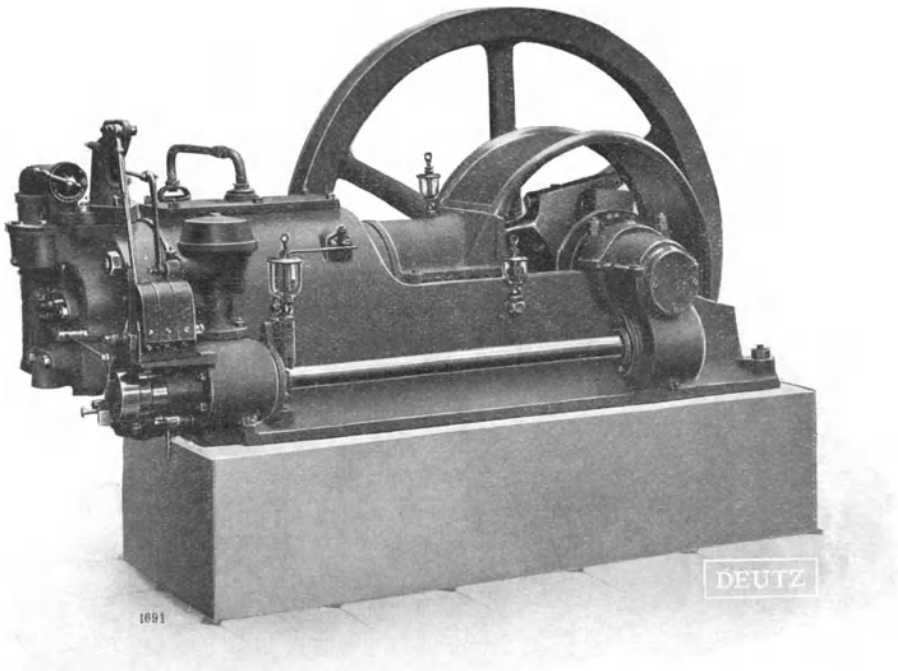


Fig. 8. Liegender Kleinmotor für Leuchtgas und flüssige Brennstoffe, Ausführung der Gasmotorenfabrik Deutz.

Die Mehrzahl dieser Motoren arbeitet im Viertakt und ist einfachwirkend; Zweitaktmotoren bilden die Ausnahme; die Doppelwirkung ist für die hier in Betracht kommenden kleinen Leistungen nicht im Gebrauch.

In der Regel wird für bessere Motoren die liegende Anordnung gewählt (Fig. 8); die stehende Bauart (Fig. 9) wird im allgemeinen nur für billigere Ausführungen angewendet, die schnell oder halbschnell laufen.



Die Kompression beträgt bei Leuchtgasmotoren 10—12 at, bei Benzolmotoren 9—10 at und bei Benzinmotoren 3—4 at. Die geringere Kompression der Benzinmotoren ist durch die niedere Entzündungstemperatur des Benzins bedingt. Je geringer die Kompression ist, desto schlechter gestaltet sich die Brennstoffausnützung. Höhere Kompressionen als 12 at werden heute auch bei Leuchtgasmotoren nicht mehr angewendet; je höher nämlich die Kompression ist, desto empfindlicher ist der Motor und desto mehr neigt er zum Stoßen.

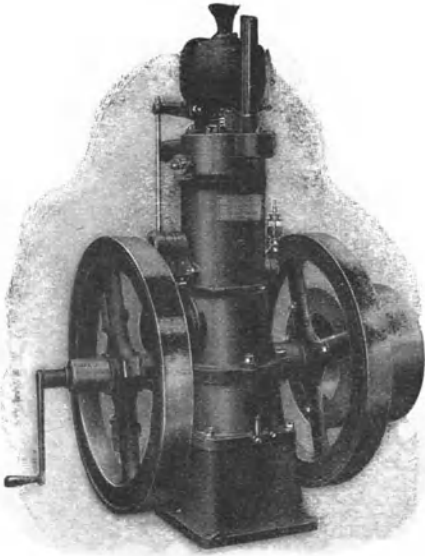


Fig. 9. Stehender Kleinmotor mit Aussetzerregulierung und Verdampfungskühlung, Ausführung von Benz & Cie., Mannheim.

Die Regulierung erfolgt entweder durch Aussetzer oder durch Änderung der Menge oder Zusammensetzung des Gemisches. Die Aussetzerregulierung ist die technisch einfachste und ergibt bei Teilbelastung und im Leerlauf den günstigsten Verbrauch. Dagegen hat sie den Nachteil, daß die Geschwindigkeit des Motors innerhalb gewisser Grenzen schwankt. Wo es sich deshalb um den Antrieb von Dynamomaschinen handelt, ist eine sog. Präzisionsregulierung erforderlich. Je nachdem hierbei die Menge oder die Zusammensetzung des Gemisches geändert wird, spricht man von Quantitäts- oder Qualitätsregulierung. Nicht selten kommt auch eine kombinierte Qualitäts-Quantitäts-Regulierung zur Anwendung.

Bei voller Belastung arbeiten Aussetzer- und Präzisionsregulierung gleich günstig. Ist jedoch die Belastung eine geringere, so arbeitet der Motor mit Aussetzerregulierung um deswillen günstiger, weil er ein für allemal auf das günstigste Mischungsverhältnis und die höchste Kompression eingestellt werden kann. Bei Motoren mit Präzisionsregulierung hingegen wird teils mit verschiedenem Gemisch (bei Qualitätsregulierung), teils mit verschiedener Kompression (bei Quantitätsregulierung) gearbeitet. Bei geringerer Kompression ist aber gemäß oben der Wirkungsgrad schlechter, d. h. der spezifische Wärmeverbrauch des Motors größer.

Bei billigen Ausführungen, bei denen es auf gleichbleibende Tourenzahl nicht so sehr ankommt, werden sog. Pendelregulatoren angewendet; im übrigen werden Zentrifugalregler bevorzugt.

Das Auslaßventil ist stets gesteuert; dagegen ist das Einlaßventil bei kleineren Motoren häufig selbsttätig. Da ein automatisches

Ventil später öffnet und auch früher schließt als ein gesteuertes, so wird bei dem ersteren die Füllung bzw. Ladung des Zylinders und damit auch die Leistung des Motors bei gleichen Abmessungen etwas geringer ausfallen als beim gesteuerten Einlaßventil.

Die Zündung erfolgt meist magnetelektrisch. Glührohrzündung wird höchstens für kleinere Leuchtgasmotoren, bis etwa 6 PS, angewendet. Zwar ist das Glührohr einfacher und deshalb billiger als der magnetelektrische Apparat; jedoch hat die magnetelektrische Zündung den Vorzug, daß sich hierbei der Zündmoment mit größerer Genauigkeit einstellen läßt, und daß der Motor höhere Kompression verträgt. Aus diesem Grunde sowie mit Rücksicht auf den Wegfall der Heizlampe ist der Brennstoffverbrauch bei elektrischer Zündung kleiner. Der verhältnismäßig geringe Mehrpreis der elektrischen Zündung von etwa 150 M. macht sich daher bald bezahlt. Für arme Gase, wie Kraftgas, ist an sich nur elektrische Zündung brauchbar.

Die Kühlung ortsfester Motoren ist entweder eine Frischwasserkühlung (sog. Durchflußkühlung), eine Zirkulationskühlung, d. h. Kühlung mittels Kühlgefäß, oder eine Verdampfungskühlung. Bei Anwendung der Zirkulationskühlung kann auch eine Pumpe zur Unterstützung der Zirkulation angewendet werden; dies kommt bei größeren Anlagen und bei besonderen örtlichen Verhältnissen, z. B. wenn ein Kühlgefäß nicht aufgestellt werden kann, in Betracht. Für fahrbare Motoren wird außer der Verdampfungskühlung auch die sog. Verdunstungskühlung (Pumpe und Ventilator) angewendet; Luftkühlung kommt höchstens für die Antriebsmotoren von Fahrrädern und Flugapparaten in Betracht.

Die Bauart und Wirkungsweise von Flüssigkeitsmotoren entspricht der des Leuchtgasmotors, nur müssen sie mit einer Vorrichtung ausgerüstet sein, durch die der flüssige Brennstoff vor Eintritt in den Motor in einen fein verteilten, nebel- oder dampfartigen Zustand übergeführt wird. Hierzu werden sog. Zerstäubungsvergaser verwendet; Verdunstungsvergaser sind heute kaum mehr im Gebrauch, zumal sie teurer und feuergefährlicher sind und eine weniger gleichmäßige Verdampfung ergeben, insofern als hier zuerst die leichtflüchtigen und dann erst die schwerer flüchtigen Kohlenwasserstoffe abgesaugt werden. Häufig wird heute die Brause der Vergaser als einfache Spritzdüse ausgebildet.

Es werden auch Motoren gebaut, die sich für den Betrieb mit jedem flüssigen Brennstoff eignen. Hierbei ist die Kompression verstellbar, je nach dem Brennstoff. Die Verstellung wird entweder durch Veränderung der Schubstangenlänge mit Hilfe eines Zwischenstücks erreicht, oder in der Weise, daß man die Größe des Kompressionsraums durch Auswechseln eines Deckels verändert.

Wo es sich um eine ortsveränderliche Betriebskraft handelt, wird der Flüssigkeitsmotor auf ein Fahrgestell gesetzt (Motorlokomobile). Derartige Lokomobilen kommen hauptsächlich für die Landwirtschaft in Betracht.

Das Andrehen kleiner Motoren, bis etwa 3—4 PS, erfolgt in der Regel durch einfaches Drehen am Schwungrad. Für größere Motoren, bis etwa 12—16 PS, ist eine rückstoßsichere Andrehkurbel vorgeschrieben. Für noch größere Leistungen erfolgt das Anlassen mittels Druckluft.

### 7. Naphthalinmaschinen.

Diese Maschinen arbeiten im Grunde genommen ebenso wie Benzin- und Benzolmotoren. Nur ist bei den Naphthalinmotoren der Zylindermantel als Verdampfungskühler ausgebildet, der gleichzeitig

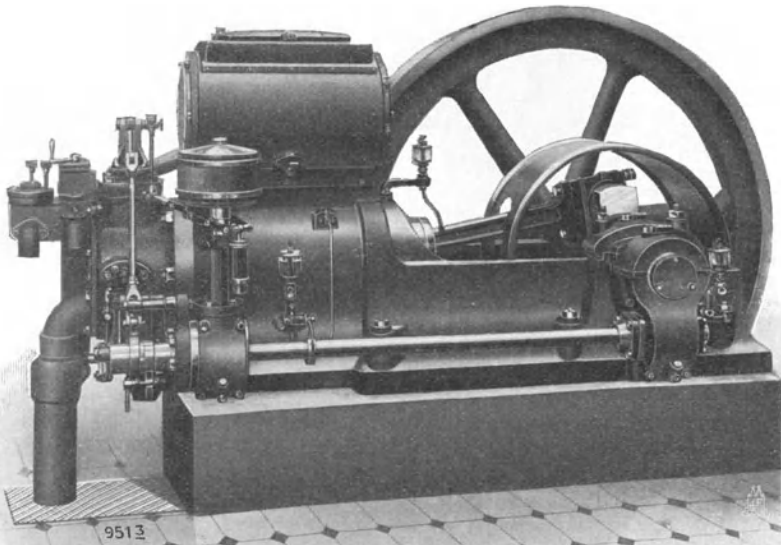


Fig. 10. Naphthalinmotor, gebaut von der Gasmotorenfabrik Deutz für Leistungen von 4—18 PS.

den Naphthalinbehälter aufnimmt. Durch die Einwirkung des erhitzten Kühlwassers verflüssigt sich das in kleinen Stücken eingebrachte Naphthalin (bei etwa  $80^{\circ}\text{C}$ ). Diese Anordnung entspricht den Ausführungen der Gasmotorenfabrik Deutz (Fig. 10). Bei den Motoren von Benz & Co. wird der Naphthalinbehälter durch die Auspuffgase geheizt.

Da der Motor beim Anlassen kalt und das Naphthalin infolgedessen fest ist, so muß der Naphthalinmotor mit einem anderen

Brennstoff in Betrieb gesetzt werden, am besten mit Benzol oder gegebenenfalls mit Leuchtgas, weil diese Brennstoffe die gleiche Verdichtung zulassen wie Naphthalin. Der Naphthalinmotor ist deshalb nur dort am Platz, wo es sich um mehrstündigen ununterbrochenen Betrieb handelt.

Beim Anlassen aus dem gänzlich kalten Zustand muß etwa eine halbe bis dreiviertel Stunde mit Benzol oder Leuchtgas gearbeitet werden, bis sich das Naphthalin verflüssigt hat. Es kann alsdann ohne Betriebsstörung und ohne daß ein Rückgang in der Leistung des Motors eintritt, auf Naphthalinbetrieb umgeschaltet werden.

Naphthalinmotoren arbeiten infolge des billigen Preises des Naphthalins sehr wirtschaftlich. Sie werden bis etwa 18 PS ausgeführt.

## 8. Hochdruck-Ölmaschinen.

Diese Maschinen, deren Hauptvertreter die Dieselmachine ist, arbeiten im Gegensatz zu den Flüssigkeitsmaschinen mit schwerflüchtigen Mineralölen, wie Gasöl und Steinkohlenteeröl, seltener mit Braunkohlenteeröl (Paraffinöl). Das Arbeitsverfahren dieser Maschinen unterscheidet sich in zwei wesentlichen Punkten von dem der Gas- und Flüssigkeitsmaschinen, einmal hinsichtlich der Zündung und zum andern hinsichtlich der Verbrennung.

Die Zündung erfolgt hier nicht durch magnetelektrische Appareate oder dergleichen, sondern meistens allein durch Kompressionswärme. Die Hochdruck-Ölmaschinen saugen nämlich kein Gemisch, wie die Gas- und Flüssigkeitsmaschinen, sondern nur reine Luft an und verdichten diese sehr stark, bis 30—32 at. Die Luft erwärmt sich hierbei auf Temperaturen von 600—700° C. Der in diese hocherhitzte Luft in möglichst fein verteiltem Zustand eingespritzte Brennstoff verbrennt ohne weiteres Zutun von selbst. Man spricht deshalb hier von Selbstzündung.

Bemerkt sei, daß im Beharrungszustand auch eine geringere Kompression genügen würde, um die Selbstzündung aufrecht zu erhalten. Beim Anlassen der Maschine aus dem kalten Zustand bedarf es jedoch einer Kompression von etwa 30 at, um mit Sicherheit Selbstzündung zu bekommen.

Bezüglich der Verbrennung ist zu sagen, daß diese meistens keine plötzliche explosionsartige, sondern eine mehr oder weniger allmähliche ist. Während sich beim gewöhnlichen Gas- oder Flüssigkeitsmotor die Verbrennung selbst überlassen bleibt, kann sie bei der Dieselmachine durch Einblasedruck, Zerstäuber und Brennstoffnocken genau beeinflusst werden. Bei Dieselmachinesen läßt man gewöhnlich die Einspritzung des Brennstoffs derart erfolgen, daß der höchste Druck im Arbeitszylinder annähernd konstant und von der Belastung unabhängig ist. Man bezeichnet deshalb den Dieselmotor bisweilen auch als Gleichdruckmotor, im Gegensatz zum Explosionsmotor.

In Fällen, in denen der Brennstoff rasch eingespritzt wird, steigt allerdings auch beim Dieselmotor die Verbrennungslinie im Indikator-diagramm mehr oder weniger stark in die Höhe. Man hat alsdann zum Teil Verpuffung, d. h. Verbrennung bei konstantem Volumen und nur teilweise Verbrennung bei konstantem Druck. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo der Zerstäuber und damit auch dessen hemmender Einfluß wegfällt, oder wo mit größerem Einblasedruck gearbeitet wird. Der Einblasedruck beträgt bei Dieselmotoren etwa 50—60 at bei Normalbelastung, bei geringerer Belastung entsprechend weniger.

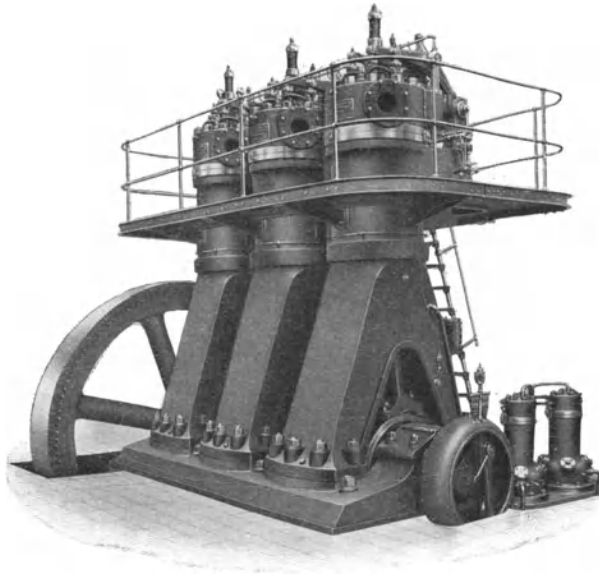


Fig. 11. Einfach wirkender Viertakt-Dieselmotor stehender Bauart von 450 PS., Ausführung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.

Je besser die Zerstäubung des Brennstoffs stattfindet, desto vollkommener ist die Verbrennung und desto geringer wird der Brennstoffverbrauch. Die vollkommenste Zerstäubung weisen Dieselmotoren auf. Der Zerstäuber ist hier meist ein sog. Plattenzerstäuber. Neuerdings werden auch sog. Hülsen- oder Injektorzerstäuber angewendet. Der Hülsenzerstäuber arbeitet zwar bei Vollast nicht besser als der Plattenzerstäuber; doch fällt hier bei Teilbelastung und im Leerlauf des Motors das Regulieren des Einblasedrucks fort.

Der Dieselmotor wurde früher nur stehend gebaut (Fig. 11). Seit einigen Jahren hat jedoch auch die liegende Anordnung (Fig. 12 u. 13) große Verbreitung gefunden. Die liegende Anordnung erfordert mehr Grundfläche, dagegen eine geringere Höhe als die stehende und hat

im übrigen den Vorzug, daß der Motor in seinen einzelnen Teilen besser übersehbar und zugänglicher ist als bei stehender Bauart. Bei

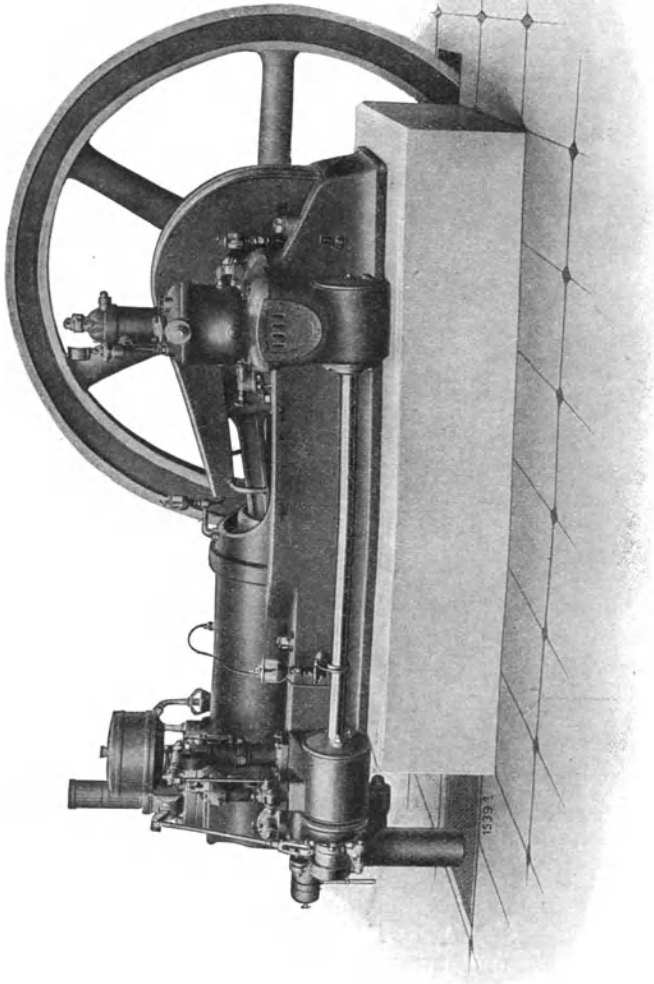


Fig. 12. Liegender einfach wirkender Viertakt-Dieselmotor der Gasmotorenfabrik Deutz.

direkter Kupplung mit einer Dynamomaschine ist auch diese leichter zugänglich, weil die Welle höher über dem Fundament liegt. Auf die übrigen Vor- und Nachteile der liegenden oder stehenden Bauart einzugehen, würde hier zu weit führen.

Die stehende Maschine wird heute in Viertaktbauart bis zu Leistungen von 250 PS pro Zylinder ausgeführt. Die größte Leistung würde demnach bei Sechszylinderanordnung 1500 PS betragen. Für größere Leistungen, bis vorläufig 4000 PS, baut das Augsburger Werk der M.A.N. eine liegende doppeltwirkende Viertaktmaschine in Tandem- oder Zwillingsstandemanordnung. Die größte bisher ausgeführte Dieselmachine liegender Bauart befindet sich im städtischen Elektrizitätswerk in Halle a. S. (Fig. 13). Die Leistung dieser Zwillings-tandemmaschine beträgt 2000 PS. Maschinen von solcher Größe

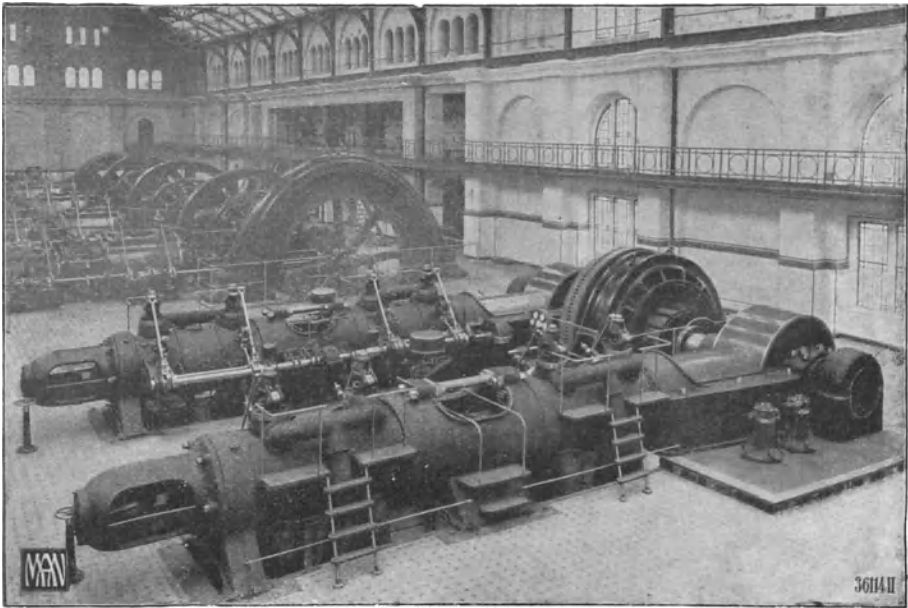


Fig. 13. Liegender doppelt wirkender Zwillings-Tandem-Dieselmotor von 1600—2000 PS<sub>e</sub> im städtischen Elektrizitätswerk Halle a. S., Ausführung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.

dürften allerdings für Landzwecke, in Anbetracht der beschränkten Teerölvorräte (Gasölbetrieb kommt hierfür zurzeit zu teuer), eine Ausnahme bilden; vgl. auch S. 127).

In der Regel, und zwar besonders für kleinere Leistungen, arbeitet der Dieselmotor im Viertakt. Jedoch wird insbesondere für Schiffszwecke wegen der einfacheren Umsteuerung auch das Zweitaktverfahren angewendet. Der Zweitaktmotor verursacht etwas geringere Herstellungskosten, hat aber andererseits mit Rücksicht auf den Arbeitsverbrauch der Ladepumpen etwa 7—10% höheren Brennstoffverbrauch. Das Werk Nürnberg der M.A.N. sowie Gebrüder Sulzer bauen Zweitaktmaschinen bis zu 500 PS pro Zylinder.

Das Inbetriebsetzen des Dieselmotors dauert nur wenige Minuten und geschieht in bequemster Weise mittels der durch die Luftpumpe erzeugten Druckluft, die in besonderen Anlaßgefäßen aufgespeichert wird.

Der Kühlwasserverbrauch des Dieselmotors ist sehr gering; er beträgt nur 9—20 ltr/PS<sub>e</sub>-st, je nach der Motorengröße und der Kühlwasserzu- und -abflußtemperatur. Die Zylindertemperatur kann nämlich hier eine höhere sein als bei Verpuffungsmotoren, ohne daß Vorzündungen zu befürchten sind.

Außer der normallaufenden Bauart wird vielfach noch eine sog. Schnellläufertypen ausgeführt. Der Motor ist hier vollständig gekapselt und mit Preßschmierung ausgerüstet. Man hoffte ursprünglich, daß der Bau von Schnellläufern wesentlich geringere Herstellungskosten verursacht; bei guter Ausführung ist aber die Preisverringerung unbedeutend. Da Schnellläufer zudem ziemlich viel Schmieröl und vor allem etwas mehr Brennstoff verbrauchen, weil hier die Verbrennung in kürzerer Zeit erfolgen muß, so empfiehlt sich die Anwendung von Schnellläufern nur dort, wo auf äußerste Platzersparnis Wert gelegt wird, vor allem aber dort, wo mit schnelllaufenden Maschinen gekuppelt werden soll und wo die Benützungsdauer der Maschinen eine geringere ist. In solchen Fällen verwendet man bisweilen auch normale Dieselmotoren und läßt dieselben mit entsprechend höherer Tourenzahl arbeiten.

Für Schnellläufer ist mit Rücksicht auf die Entstehung von Erschütterungen besonders die Sechszylinderbauart zu empfehlen; denn nur bei Sechszylinderausführung laufen diese Maschinen praktisch erschütterungsfrei.

Die Mehrzahl der Dieselmotoren arbeitet mit Gasöl. Seit einiger Zeit wird jedoch besonders in Deutschland in steigendem Maße Steinkohlenteeröl verwendet. Die Teerölmotoren der Gasmotorenfabrik Deutz und der M.A.N. sind die ältesten Maschinen dieser Art. Sie sind mit zwei Brennstoffpumpen ausgerüstet und arbeiten in der Weise, daß die kleinere Pumpe eine gleichbleibende geringe Menge Gasöl (Zündöl) an das vordere Ende des Zerstäubers fördert, während die größere, unter der Einwirkung des Regulators stehende Pumpe das eigentliche Treiböl, das Teeröl, in normaler Weise fördert und lagert. Dieses Verfahren, bei dem das Gasöl die Rolle eines Zündöls spielt, hat sich nach Wissen des Verfassers bis heute am besten bewährt.

Manche Firmen vermeiden das Zündölverfahren und lassen den Motor mit Gasöl anlaufen; ist der Motor nach etwa einer halben Stunde in gutem Beharrungszustand, so wird auf Teerölbetrieb umgeschaltet. Der Motor läuft dann ausschließlich mit Teeröl; unter etwa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  Belastung hingegen wird nur mit Gasöl gearbeitet. Bei diesem Verfahren ist nur eine einzige Brennstoffpumpe erforderlich.

Ein Mischen von Gasöl und Teeröl hat sich nicht bewährt, da sich hierbei eine Art Teer bzw. Asphalt abscheidet und Verstopfungen der Pumpen und Rohrleitungen hervorruft.



In dem Bestreben, mit einem einzigen Brennstoff auszukommen, wird auch das Teeröl sowie die Einblaseluft vorgewärmt. Bei geringen Belastungen wird nämlich wenig Treiböl, dafür aber desto mehr Einblaseluft zugeführt. Letztere dehnt sich aus und umhüllt gewissermaßen den Brennstoff mit einem kalten Mantel, so daß dessen Entzündung erschwert wird. Dies soll durch Erwärmung des Teeröls und der Einblaseluft vermieden werden. Allerdings muß bei diesem Verfahren der Motor ebenfalls mit Gasöl angelassen werden.

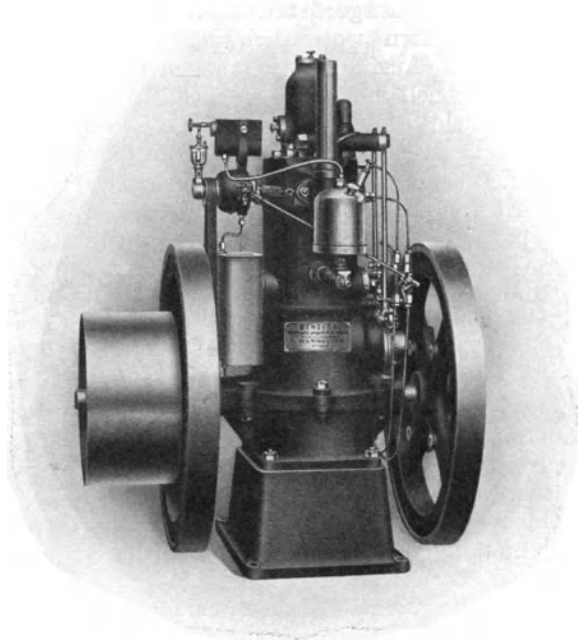


Fig. 14. Rohölmotor mit Glühkopfzündung von Benz & Cie., Mannheim.

Die heutige Produktion an Teeröl, die den Bedarf noch bei weitem übertrifft, dürfte sich bei weiterer Ausbreitung der Teerölmotoren bald als unzureichend erweisen. Jedoch ist anzunehmen, daß mit der wachsenden Nachfrage nach Teeröl auch dessen Produktion zunimmt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß künftighin ein größerer Teil der Steinkohlen, anstatt unter Dampfkesseln verfeuert zu werden, vergast oder verkocht wird. Diese Verfahren, bei denen etwa  $1\frac{0}{10}$  an Steinkohlenteeröl und außerdem noch andere wertvolle Nebenprodukte gewonnen werden, haben jedenfalls den Vorzug, daß man die Steinkohle besser ausnützt, was in Anbetracht der abnehmenden Brennstoffvorräte nur zu begrüßen wäre.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch das Gasöl in Deutschland wieder so billig wird, daß es neben dem Teeröl wieder seine frühere Bedeutung für Hochdruck-Ölmaschinen erlangt.

Außer den Dieselmotoren werden noch verschiedene andere Systeme von Hochdruck-Ölmaschinen ausgeführt, die zum Teil ein Mittelding zwischen einem Gleichdruck- und einem Verpuffungsmotor darstellen. Sie saugen reine Luft an und arbeiten mit Selbstzündung, ebenso wie die Dieselmotoren, unterscheiden sich jedoch von dieser dadurch, daß sie in konstruktiver Hinsicht einfacher gehalten sind. Hierher gehören z. B. der Brons-Motor sowie in gewissem Sinne auch die verschiedenen Arten von Glühkopf-Motoren (Fig. 14). Letztere arbeiten in der Regel im Zweitaktverfahren und verdichten die Luft nur bis etwa 8 at, während die Verpuffungsspannung auf etwa 25 at steigt. Außer diesen Motoren wird noch von der Gasmotorenfabrik Deutz ein sog. Verdränger-Rohölmotor mit Brennstoff-Streudüse ausgeführt.

Die Mehrzahl dieser Motoren weist einen höheren Brennstoffverbrauch auf als der Dieselmotor. Dies hängt in der Hauptsache damit zusammen, daß ein die Verbrennung genau regelnder Zerstäuber fehlt, der Brennstoff infolgedessen zu rasch oder zu langsam eingespritzt und unvollständig verbrannt wird. Zum Teil mag der höhere Brennstoffverbrauch auch durch eine ungünstigere Ausbildung des Verbrennungsraums bedingt sein.

## 9. Kraftgasanlagen.

Als Kraftgasanlage schlechtweg bezeichnet man eine Gasmaschine mit eigener Gaserzeugungsanlage (Fig. 15, 85 und 86). Hierbei unterscheidet sich der maschinelle Teil nur insofern von dem gewöhnlichen Leuchtgasmotor, als die Leitungs- und Ventilquerschnitte sowie das spezifische Hubvolumen dem geringeren Heizwert des Kraftgases entsprechend bemessen sein müssen. Die Maschine selbst fällt nur wenig größer aus als für Leuchtgas, weil zur Verbrennung des heizärmeren Kraftgases auch eine entsprechend kleinere Luftmenge, etwa 1 cbm/cbm Gas genügt. Die Mehrleistung eines Leuchtgasmotors gegenüber einem gleichgroßen Kraftgasmotor beträgt nur etwa 10—20%, je nach der Motorgröße.

Die Gaserzeugungsanlage, auch Generatoranlage genannt, hat die Aufgabe, den Brennstoff zu vergasen und das Gas zu reinigen. Sie zerfällt deshalb in den eigentlichen Generator nebst Verdampfer und in die Naß- und Trockenreinigung. Die Naßreinigung findet im Skrubber oder Wascher statt, während für die Trockenreinigung ein Sägespänerreiniger oder dergl. verwendet wird. Bei großen Anlagen wird häufig zwischen Naß- und Trockenreiniger ein Ventilatorreiniger eingeschaltet, dem die Aufgabe der Feinreinigung zufällt und der das Gas aus den Generatoren absaugt und der Maschine zudrückt.

Das in der Generatoranlage erzeugte Kraftgas ist ein sogenanntes Mischgas, auch Dowsongas genannt. Es besteht in der Hauptsache

aus Kohlenoxyd, Wasserstoff und Stickstoff und enthält nur geringe Mengen von Kohlenwasserstoffen, weshalb sein Heizwert erheblich geringer ist als derjenige des Leuchtgases. Der Heizwert des Kraftgases schwankt zwischen 1000 bis 1300 WE, je nach dem verwendeten Brennstoff.

Der Gehalt an Wasserstoff ist dadurch bedingt, daß dem Generator außer Luft auch Wasserdampf zugeführt wird, der aus der Abhitze des Kraftgases erzeugt wird. Die gleichzeitige Zuführung von Dampf verbessert einestheils das Gas und drückt andernteils die Temperatur im Generator herunter. Letzteres hat eine Verringerung des Strahlungsverlustes sowie eine verminderte Schlackenbildung zur Folge.

Da bei den heutigen Kraftgasanlagen die Gas-erzeugung durch die Saugwirkung des Motors stattfindet, so bezeichnet man das Kraftgas auch kurzerhand als Sauggas und die ganze Anlage als Sauggasanlage, im Gegensatz zu den früher gebräuchlichen Druckgasanlagen mit besonderem Druckerzeuger (Dampfkessel).

Obwohl die Saugwirkung des Motors bis hinauf zu den höchsten Leistungen für die Gasbereitung ausreicht, so wird bisweilen doch von dem Prinzip der reinen Saug-

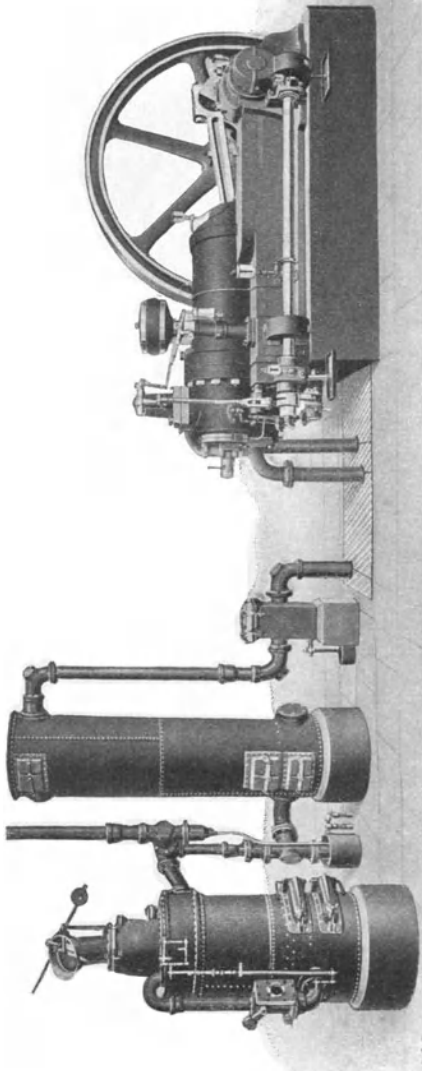


Fig. 15. Sauggasmotorenanlage für Anthrazitbetrieb, Ausführung der Gasmotorenfabrik Deutz.

wirkung abgewichen, indem man mittels eines Exhaustors das Gas aus dem Generator absaugt und dem Motor zudrückt. Man hat alsdann eine kombinierte Saug- und Druckgasanlage, wobei der Exhaustor gemäß oben als Zentrifugalreiniger wirkt, sofern man ihn mit einer Wassereinspritzung versieht. Solche kombinierte Saug- und Druckgasanlagen kommen insbesondere dort in Betracht, wo es sich um größere Anlagen mit ausgedehntem Rohrnetz handelt, sowie dort, wo das Gas außer zum Motorenbetrieb auch zum Löten, Härten und dergl. verwendet werden soll. Bisweilen allerdings wird nur das Heiz- und Lötgas abgesaugt und in einen Gasdruckregler gedrückt, während sich der Motor sein Gas selbst ansaugt.

Anfänglich wurde ausschließlich Anthrazit und Koks verwendet, weil es verhältnismäßig leicht gelang, für diese mehr oder weniger teerfreien Brennstoffe eine geeignete Generatorkonstruktion zu schaffen. Erst später ging man dazu über, auch für bituminöse, teerhaltige Brennstoffe, insbesondere Braunkohlenbriketts, Generatoren zu bauen. Dieselben besitzen zwei Feuerzonen, weshalb sie auch als Doppel- oder Zweifeuergeneratoren bezeichnet werden (Fig. 86). Auch Torfgeneratoren wurden schon mit gutem wirtschaftlichen Erfolg in solchen Gegenden angewendet, die über billigen Torf verfügen<sup>1)</sup>. Die Torfgeneratoren unterscheiden sich von den gewöhnlichen Generatoren mit zwei Feuerstellen im wesentlichen dadurch, daß bei ihnen der Generatorprozeß mit einem Trockenvorgang verbunden wird. Die Hauptschwierigkeit bei der Torfvergasung liegt nämlich in der Bekämpfung des hohen Wassergehaltes, der zwischen 25 und 60% schwankt. Die zur Verdampfung dieses Wassers erforderliche Wärme kann aus dem Auspuff der Gasmaschinen gewonnen werden; es kann hierzu aber auch ein besonderes mit Torf geheiztes Feuer dienen. Ist der Wassergehalt des Torfes gering, so genügt auch die Abhitze des Generators.

Während Braunkohlenbriketts einen sehr angenehmen Generatorbetrieb ermöglichen, eignen sich Steinkohlen-, Koksgrus- und Anthrazitgrus-Briketts wegen ihres Pechgehalts für die Vergasung weniger gut. Das Pech versetzt nämlich die Rohrleitungen und die Maschine. Bei der Brikettierung von Braunkohlen kommt man ohne Pech, d. h. ohne ein künstliches Bindemittel aus.

Außer für die genannten Brennstoffe baut man auch Generatoren für grusförmige Brennstoffe, wie Koksgrus, Rauchkammerlösche, Anthrazitgrus usw. (Fig. 16). Diese Brennstoffe kommen für Gasanstalten, Eisenbahnverwaltungen, Anthrazitgruben und Zechen in Betracht. Da grusförmige Brennstoffe nur eine geringe Beanspruchung des Generators zulassen, so fällt letzterer ziemlich teuer aus. Trotzdem verbreiten sich Grusgeneratoren heute etwas mehr als früher, insbesondere in der Ausführung mit Drehrosten.

Mit der Einführung der Großgasmaschinen hat auch die Größe der Generatoranlagen eine bedeutende Steigerung erfahren. Um die

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1911, S. 368 u. f.

mühevoll und ungesund Arbeit des Entschlackens der Generatoren von Hand zu vermeiden, rüstet man größere Generatoren mit Drehrosten für mechanische Entschlackung aus (Fig. 17). Die Verbrennungsrückstände werden hierbei selbsttätig in gut ausgebrannter Form und

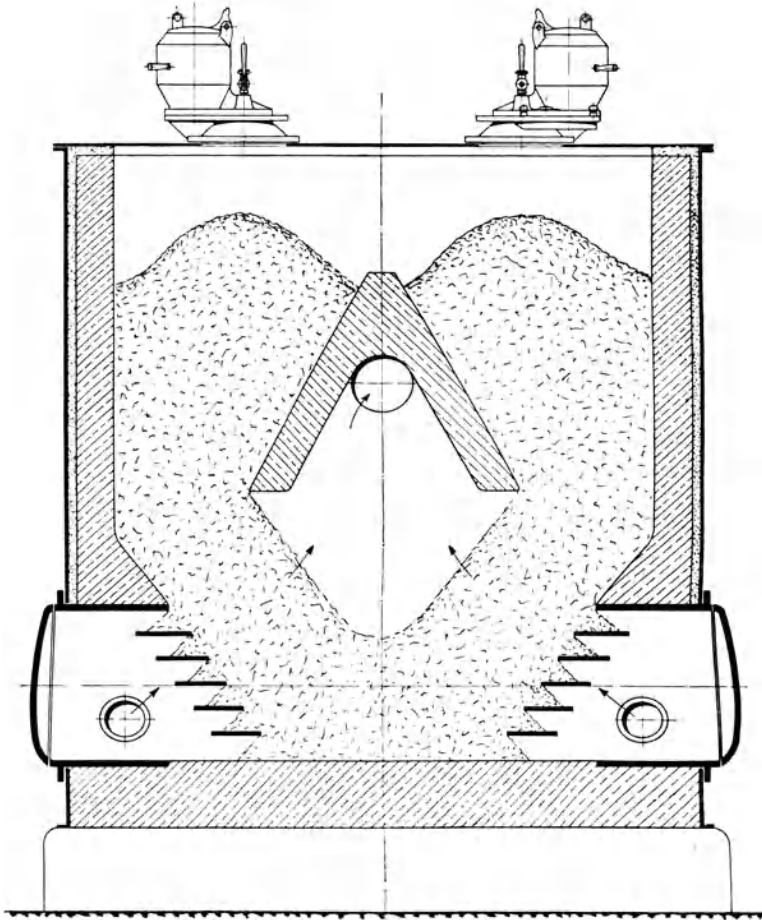


Fig. 16. Treppenrost-Generator für Koksgrus, Anthrazitgrus und Rauchkammerlöschs, Ausführung von Julius Pintsch A.-G. in Berlin.

in abgelöschtem, staubfreiem Zustande in untergefahrenen Wagen oder auf Transportbänder ausgestoßen. Die Bedienung beschränkt sich also auf das Aufgeben frischen Brennstoffs; dies erfordert nur wenig Arbeitsaufwand, wenn über den Generatoren Bunker angeordnet sind, die die Kohle den Einwurffröchern zulaufen lassen.

Die mechanische Entschlackung bietet folgende Vorzüge:

1. man braucht weniger Bedienung;
2. der Generatorbetrieb ist hygienischer, weil das Schlacken und die damit verbundene Hitze- und Staubeentwicklung wegfällt;
3. die Verluste durch Unverbranntes werden geringer;
4. man bekommt ein gleichmäßigeres und reineres Gas, was für den Maschinenbetrieb besonders wichtig ist.

Der zuletzt erwähnte Vorteil ist dadurch bedingt, daß bei der mechanischen Entschlackung die Vergasungsrückstände ständig beseitigt werden, wogegen das Abschlacken von Hand immer einen

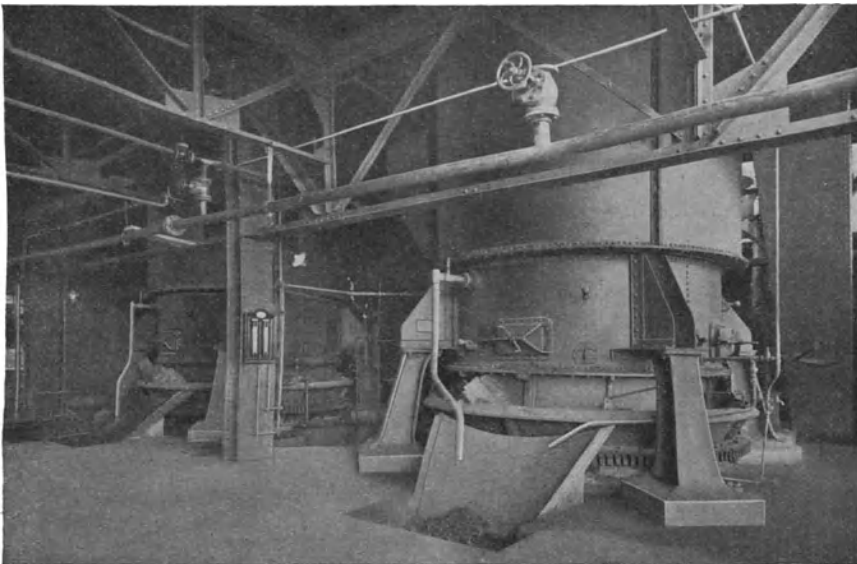


Fig. 17. Zwei Drehrostgeneratoren von 3 m Schachtdurchmesser, Ausführung von Julius Pintsch A.-G., Berlin.

mehr oder weniger gewaltsamen Eingriff in den chemischen Vorgang der Gaserzeugung bedeutet. Da bei der Entschlackung von Hand neben der Asche und Schlacke auch noch ziemlich viel Unverbranntes herausgerissen wird, so wird dadurch der Generatorinhalt stark zusammengerüttelt; es findet infolgedessen ein starkes Nachrutschen frischer Kohlen statt. Dies hat bei Doppelgeneratoren den Nachteil, daß größere Mengen unentgastem Brennstoffes aus dem Vorratsraum des Generators in die obere Feuerzone gelangen; es bilden sich Teerdämpfe in größerer Menge, für die nicht genügend Verbrennungsluft vorhanden ist. Die Folge hiervon ist, daß ein teerreiches Gas entsteht. Die mechanische Entschlackung ist deshalb

ganz besonders für Doppelgeneratoren am Platz. Allerdings empfiehlt sie sich mit Rücksicht auf die hohen Anlagekosten erst von etwa 400 PS aufwärts.

Die größere Gleichmäßigkeit und Reinheit des Gases bei mechanischer Entschlackung hat den Vorzug, daß die Maschinenleistung in geringerem Maße schwankt als beim Entschlacken von Hand.

In neuerer Zeit werden Anstrengungen gemacht, das Hochofenprinzip auch auf Kraftgasgeneratoren zu übertragen, d. h. den Generator sehr stark zu belasten und keinen oder nur verhältnismäßig wenig Dampf zuzuführen, um eine dünnflüssige Schlacke zu erzielen. Diese Bestrebungen sind jedoch noch nicht aus dem Versuchsstadium herausgekommen, weshalb hier nicht weiter darauf eingegangen werden soll.

## 10. Großgasmaschinen.

Der Bau von Großgasmaschinen stammt eigentlich erst aus dem Anfang dieses Jahrhunderts. Im Verlauf weniger Jahre ist die Großgasmaschine die wichtigste Kraftmaschine der Hüttenwerke geworden. Sie dient heute zum Antrieb von Gebläsen, Dynamomaschinen und Walzenstraßen und wird in der Regel als Tandem- oder Zwillingstandemaschine ausgeführt.

Am meisten hat sich in Deutschland die Nürnberger Gasmaschine (Fig. 18) eingeführt; dieselbe ist für den modernen Großgasmaschinenbau gewissermaßen vorbildlich geworden. Die doppeltwirkenden, im Viertakt arbeitenden Zylinder sind von einfacher Form; auch ist jegliche Gußanhäufung vermieden, um die Gefahr einseitiger Wärmespannungen zu vermindern. Das Eigengewicht von Kolben und Kolbenstangen wird vom Kreuzkopf und von besonderen Gleitstücken getragen, eine Anordnung, die für Gasmaschinen besonders wichtig ist, weil sonst infolge des Staubgehaltes von Gas und Luft eine erhebliche Abnützung der Kolben und Zylinder eintreten würde. Die heutigen Nürnberger Gasmaschinen besitzen eine kombinierte Quantitäts-Qualitätsregulierung, wobei für den Antrieb von Ein- und Auslaßventil jeder Zylinderseite nur ein einziges Exzenter vorgesehen ist. Bis zu einer gewissen Leistung herunter arbeitet die Maschine mit Qualitätsregulierung, bei weiterem Abnehmen der Belastung mit Quantitätsregulierung. Die Kompression beträgt heute mit Rücksicht auf möglichst lange Lebensdauer der Maschine höchstens 8—10 at, die höchste Spannung bei der Verbrennung etwa 20 at. Die Zündung erfolgt auf jeder Zylinderseite an zwei oder drei Stellen mittels elektrischer Apparate und einer kleinen Akkumulatorenbatterie; der tägliche Stromverbrauch einer Gasmaschine beträgt nur etwa 30 Ampèrestunden.

Auch das Zweitaktssystem kommt, wenn auch verhältnismäßig selten, für Großgasmaschinen zur Anwendung. Die Zweitaktmaschine ist in Deutschland durch das System von Gebr. Körting vertreten.

Ihre Regulierung ist infolge der vorzüglichen Gemischbildung eine sehr gute. Sie hat sich für den Antrieb von Gebläsen sehr gut bewährt, weil sie große Tourenänderungen gestattet, weil sie leicht gegen Belastung anläuft und weil ferner bei den niedrigen Umdrehungszahlen der Gebläse die Ladepumpenarbeit nicht zu groß ausfällt. Die Zweitaktmaschine baut sich kürzer und breiter als die Viertaktmaschine und läßt sich infolgedessen manchmal noch in Räumen unterbringen, für die die Viertaktmaschine zu lang ist.

Anfangs arbeitete die Viertaktmaschine bei Unterschreiten einer gewissen Umdrehungszahl, etwa 40 in der Minute, unsicher. Die

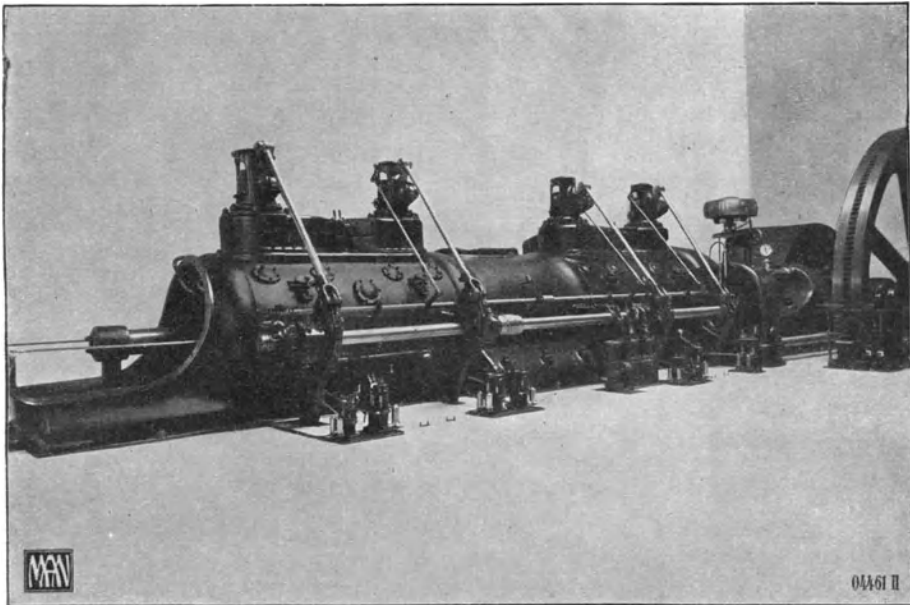


Fig. 18. Nürnberger Hochofengasmaschine von 2500 PS<sub>e</sub>, direkt gekuppelt mit einer Gleichstrom-Dynamo, Ausführung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.

heutigen Viertaktmaschinen werden auch bei weniger als 40 Umdrehungen noch zuverlässig und scharf von der Steuerung beherrscht. Nur muß man bei geringer Umdrehungszahl den Gashahn von Hand drosseln, weil das Gas mit Überdruck, und zwar mit gleichbleibendem, zugeführt wird; andernfalls würde die Maschine zu viel Gas bekommen.

Neuerdings versucht man durch Anwendung des sog. Spül- und Aufladeverfahrens die Leistung der Großgasmaschinen zu steigern; hierbei werden die im Kompressionsraum verbleibenden Rückstände durch Luft ausgespült und somit die Ladung der Maschine ver-



größert; die Folge ist eine Mehrleistung von 30—40% und eine Verbilligung der Maschinen<sup>1)</sup>. Ob durch diese Leistungssteigerung die Lebensdauer der Zylinder in erheblichem Maße verringert wird, läßt sich heute in Ermangelung von Betriebserfahrungen mit dem Spül- und Aufladeverfahren noch nicht angeben.

Die größten Gasmaschinen wurden bisher für Hochofengichtgas, d. h. für arme Gase ausgeführt. Man hat heute bei Zwillingstandem - Anordnung schon Leistungen von 6—7000 PS erreicht. Für Koksofengas sind Maschinen dieser Größe noch nicht im Betrieb.

Ein wichtiges Zubehör jeder Großgasmaschinenzentrale ist die Gasreinigungsanlage. Eine sorgfältige Reinigung und Trocknung des Gases ist unbedingte Voraussetzung für einen ungestörten Dauerbetrieb der Gasmaschine. Eine Reinigungsanlage für Hochofengas besteht in der Regel aus einer Reihe von Trockenreinigern und Kühlern bzw. Naßreinigern in Verbindung mit einem oder mehreren Zentrifugalreinigern. Neuerdings wird auch ein ausschließlich trockenes Reinigungsverfahren angewendet. Man ist heute

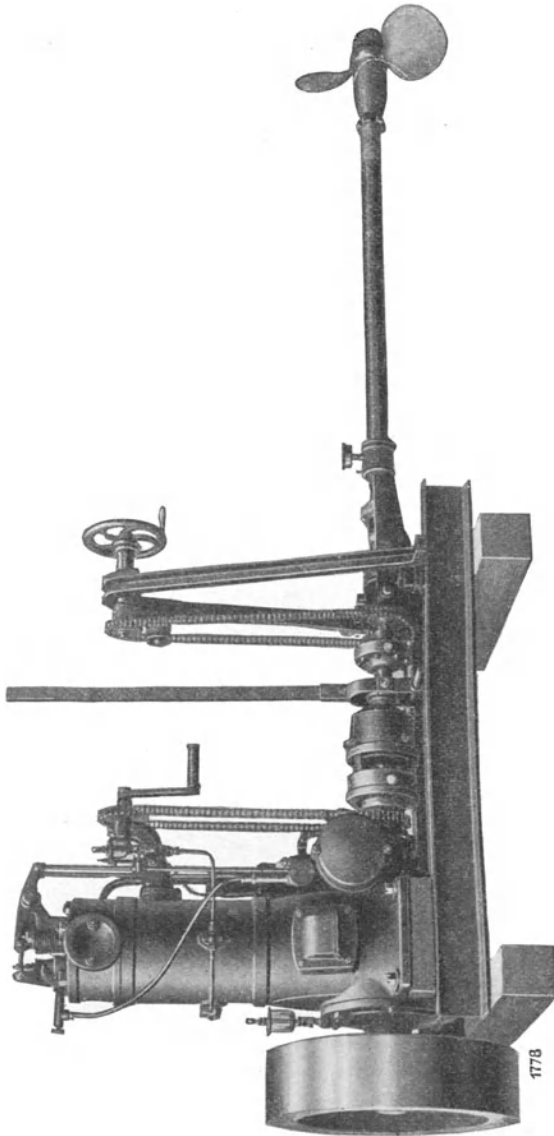


Fig. 19. Schiffsbronsmotor der Gasmotorenfabrik Deutz.

<sup>1)</sup> Näheres über das Ausspülverfahren bei Gasmaschinen enthält die Zeitschrift „Stahl und Eisen“ 1913, S. 1301, sowie die Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 1356.

in der Lage, den Staubgehalt auf 0,01—0,03 g/cbm Gas herunterzudrücken.

In den letzten Jahren ist auch eine größere Zahl von Großgasmaschinenzentralen mit Generatorgasbetrieb erbaut worden.

## 11. Verbrennungsmaschinen für Schiffszwecke.

Die Fortbewegung von Schiffen erfolgt heute außer durch Dampfkraft auch durch Verbrennungsmaschinen, insbesondere Hochdruckölmaschinen; und zwar kommen hier hauptsächlich Diesel-

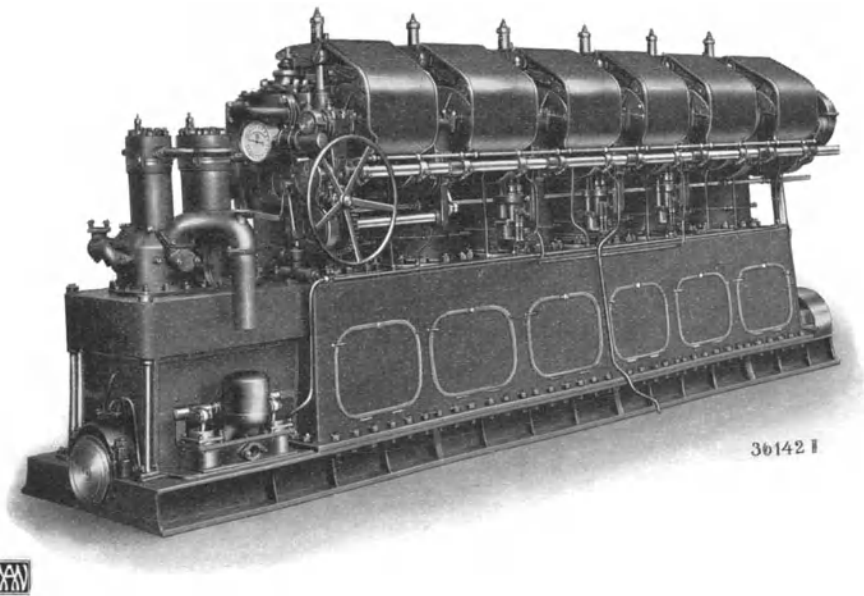


Fig. 20. Einfach wirkender Sechszylinder-Viertakt-Dieselmotor für Schiffszwecke, 850—1000 PS<sub>e</sub>, 450 Uml./min., direkt umsteuerbar, Ausführung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.

maschinen (Fig. 20 u. 21) in Betracht, während Glühkopf- und Bronsmotoren (Fig. 19) höchstens für kleine Schiffe angewendet werden. Die Dieselmotoren werden aus Platzrücksichten stehend gebaut, ebenso wie die Kolbendampfmaschinen, und zwar teils im Viertakt, teils im Zweitakt arbeitend. Die Umdrehungszahl ist verschieden, je nach Zweck und Größe des Schiffs, und entspricht der bei Kolbendampfmaschinen üblichen.

Der Antrieb durch Dieselmotoren kommt insbesondere für Flußschiffe sowie für Tankschiffe in Betracht; auch die Kriegsmarine verwendet Dieselmotoren, insbesondere für Unterseeboote.

Die Vorzüge des Dieselmotors für den Schiffsantrieb lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. geringeres Gewicht;
2. weniger und nicht so anstrengende Bedienung, daher auch weniger Hilfspersonal;

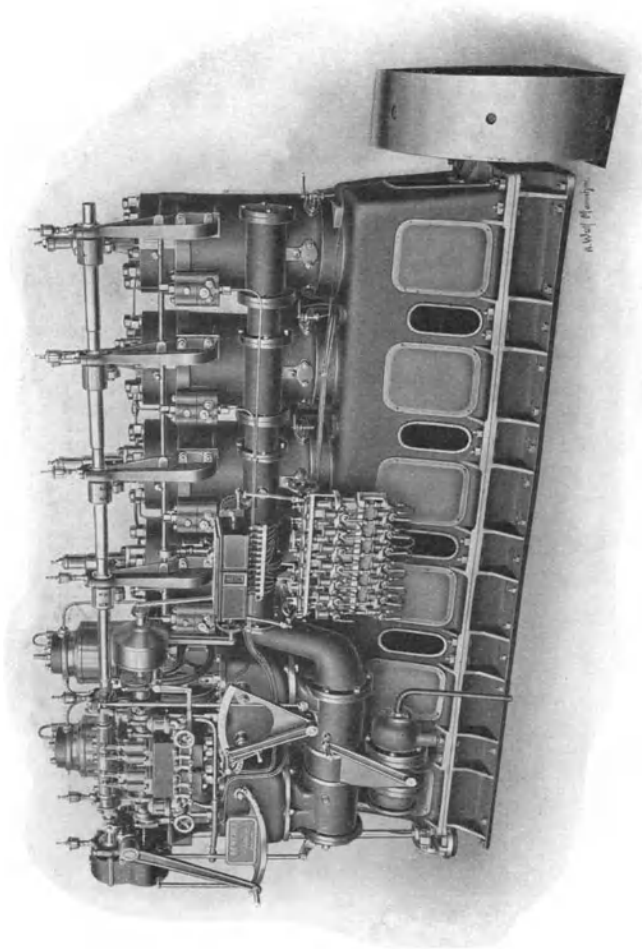


Fig. 21. Zweitakt-Schiffsdieselmachine Patent Hesselmann, Ausführung von Benz & Cie., Mannheim.

3. sofortige Betriebsbereitschaft; während Dampfschiffe unter Dampf gehalten werden müssen, fällt beim Dieselmotor jeglicher Brennstoffverbrauch während des Stillstandes weg;
4. Wegfall des Rauches, da die Verbrennung in Dieselmotoren eine beinahe vollkommene ist;

5. die Unterbringung des Brennstoffs ist eine bequemere, d. h. man kann hierfür weniger wertvolle Räume verwenden;
6. die Übernahme von Brennstoff ist wesentlich bequemer; man hat nur eine Leitung anzuschließen und das Treiböl mittels Pumpe in die Tankräume des Schiffes zu drücken;
7. der Aktionsradius der Schiffe wird vergrößert, weil in dem gleichen Raum mehr Wärmeeinheiten untergebracht werden können und weil der spezifische Brennstoffverbrauch bei Dieselmotoren wesentlich kleiner ist als bei Dampfmaschinen;
8. geringere Wärmeentwicklung; dies ist insbesondere wertvoll für Tropengegenden.

In Anbetracht dieser zahlreichen Vorzüge wird den Dieselmotoren eine große Zukunft für den Antrieb der Schiffsschrauben vorausgesagt. Ob sich jedoch die diesbezüglichen Erwartungen erfüllen werden, ist in der Hauptsache eine Brennstofffrage.

## 12. Verbrennungsmaschinen für Spezialzwecke.

Hierher gehören die Antriebsmaschinen für Wasserfahrzeuge, Automobile und Flugzeuge; auch Motorlokomotiven und Motorpflüge sind hierher zu rechnen.

Für Automobile kommen nur Benzin- oder Benzolmotoren in Betracht, letztere insbesondere dort, wo auf möglichst geringe Brennstoffkosten gesehen wird. Zwecks Gewichtersparnis arbeiten Automotoren mit hoher Umlaufzahl, 900—1500 in der Minute und darüber. Für Luftfahrzeuge wurden bisher nur Benzinmotoren angewendet. Für den Antrieb von Booten und Schiffen kommen langsamer laufende Benzolmotoren und Hochdruckölmotoren, wie Glühkopfmotoren, Bronsmotoren und Dieselmotoren in Betracht; letztere insbesondere für größere Schiffe. Bezüglich der Vorzüge des Dieselmotors für den Schiffsantrieb sei auf den vorhergehenden Abschnitt verwiesen.

Die im vorstehenden erwähnten Motoren arbeiten teils nach dem Viertaktverfahren, teils nach dem Zweitaktverfahren.

Auch für Motorlokomotiven sowie Motorpflüge werden langsamer laufende Flüssigkeitsmaschinen oder gegebenenfalls Hochdruckölmotoren verwendet. Motorlokomotiven kommen für Feldbahnen, Grubenbahnen sowie für kleinere Rangieranlagen in Betracht. Neuerdings werden sogar Versuche mit einer Schnellzuglokomotive gemacht, die mit Dieselmotoren betrieben wird<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Vgl. den Aufsatz „Die erste Thermo-Lokomotive“, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 1325 ff.

### 13. Gasturbinen.

Häufig wird die Gasturbine als das Ideal der Verbrennungskraftmaschinen bezeichnet. Bei der Gasturbine soll, in gleicher Weise wie bei der Wasser- und Dampfturbine, die Explosionskraft des Gases direkt in rotierende Bewegung umgesetzt werden, sodaß alle hin- und hergehenden Teile sowie das Kurbelgetriebe in Wegfall kommen. Bis jetzt ist es jedoch trotz zahlreicher Patente und Experimente nicht gelungen, eine brauchbare Lösung für die Gasturbine zu finden. Die Hauptschwierigkeit besteht in der Beherrschung der sich ergebenden hohen Temperaturen; es gibt kein Konstruktionsmaterial, das bei den auftretenden Temperaturen seine Festigkeit in genügendem Maße bewahrt. Während beim gewöhnlichen Verbrennungsmotor die höchste Temperatur nur kurze Zeit wirksam ist, sind die Düsen sowie die Leit- und Laufradteile einer Gasturbine beständig ein und derselben Temperatur ausgesetzt. Wollte man aber diese hocherhitzten Teile mittels Wasser kühlen, ähnlich wie den Zylinder und den Kompressionsraum bei Verbrennungsmotoren, so würden dadurch erhebliche Wärmeverluste entstehen.

Bei den bis jetzt angestellten Versuchen hat die Gasturbine auch in wirtschaftlicher Hinsicht nicht befriedigt; ihr Wirkungsgrad erreichte nicht entfernt denjenigen der Verbrennungsmotoren. Dies hängt unter anderem damit zusammen, daß der Kompressor zum Verdichten des Gemisches oder die Zubringepumpen einen großen Teil der geleisteten Arbeit wieder aufzehren.

## Kraftanlagen mit Nebenbetrieben.

### 14. Kraftbetriebe mit Abwärmeverwertung.

In vielen Betrieben, wie Brauereien, Zuckerfabriken, Papierfabriken, Schlachthofanlagen, chemischen Fabriken aller Art, Ziegeleien, Brikettfabriken, Wasch- und Badeanstalten usw. wird außer Kraft auch sehr viel Wärme zu Heizzwecken und dergl. benötigt. Hier bietet sich bei Dampfmaschinen in dem Abdampf ein bequemes Mittel zur Deckung des Wärmebedürfnisses. Eine Kraftanlage mit Abdampfverwertung zeigt z. B. Fig. 22.

Die Verwendung von Maschinendampf zu Heizzwecken erfolgte erst zu Anfang dieses Jahrhunderts in größerem Maßstab. Offenbar hing dies mit der Einführung der Diesel- und Sauggasmotoren zusammen, welche anfangs die Dampfmaschinen auf allen Gebieten zu verdrängen schienen.

Die im Abdampf einer Maschine enthaltene Wärme ist nur um den Wärmewert der indizierten Arbeit sowie um einen auf die Strahlungsverluste entfallenden Wärmebetrag kleiner als die Frisch-

dampfwärme. Der Abdampf enthält demnach noch den weitaus größten Teil der Frischdampfwärme, etwa 80—90%, je nach dem

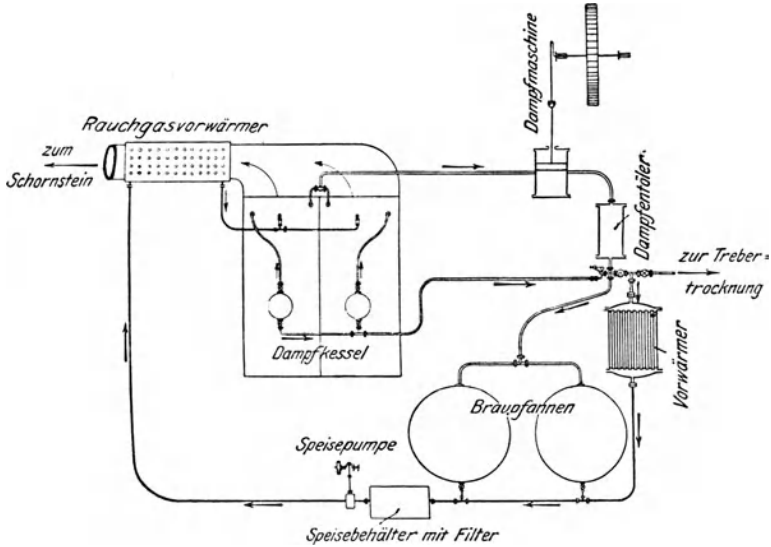


Fig. 22. Dampfkraftanlage mit Abdampfverwertung für kleine und mittlere Bierbrauereien.

Der Heißdampf aus der Kesselanlage wird in einer Einzylinder-Auspuffmaschine ausgenützt, von der aus der Abdampf nach vorheriger Entölung und Passieren des Dampfverteilers (Fig. 23) den Heizstellen zugeführt wird.

Dampfverbrauch der Maschine. Daraus ergibt sich ohne weiteres, daß es sehr vorteilhaft ist, die im Abdampf enthaltene Wärme weiterhin auszunutzen, sowie daß die kombinierte Kraft- und Wärmeerzeugung wirtschaftlicher ist als Kondensationsbetrieb mit getrennter Heißdampf-erzeugung.

Wenn der Abdampf der Maschine nicht ausreicht, um das Heizbedürfnis zu decken, so wird mit Hilfe einer besonderen Leitung und eines Druckreduzier-ventils Frischdampf zuge-  
setzt. Wenn anderseits die

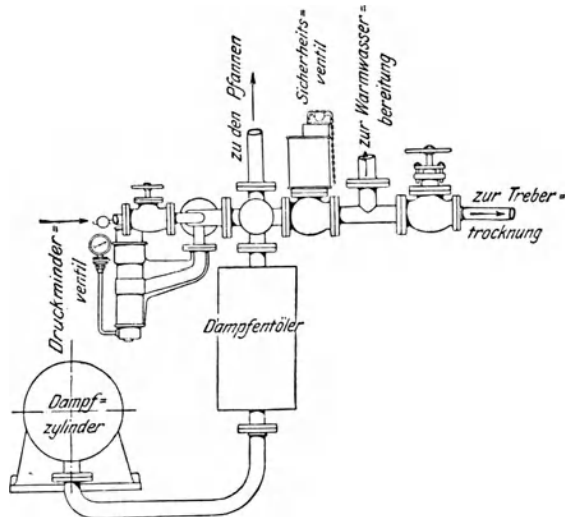


Fig. 23. Dampfverteiler für die in Fig. 22 schematisch dargestellte Dampfkraftanlage.

Heizanlage ganz oder teilweise ausgeschaltet werden soll, so kann durch Öffnen eines Ventils der Abdampf der Maschine ganz oder teilweise ins Freie auspuffen, oder es kann auf Kondensation umgeschaltet werden.

Beim Heizen mit Auspuffdampf kann man Wasser auf Temperaturen bis  $90^{\circ}\text{C}$  und darüber erwärmen. Wo es sich um die Erzeugung warmen Wassers von nur  $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$  handelt, genügt Vakuumdampf. In derartigen Fällen wird man, wenn der Dampfverbrauch möglichst herabgedrückt werden soll, eine Tandemaschine aufstellen. Der Vorwärmer ist hierbei zwischen Niederdruckzylinder und Kondensator einzuschalten. Letzterer hat nur noch denjenigen Dampf niederzuschlagen, der nicht bereits im Vorwärmer kondensiert wurde. — Wo es sich um die Erwärmung von Luft handelt, ist die Anordnung die gleiche. — Die Vereinigung einer Kondensationsmaschine mit einer Vakuumheizung ergibt bei voller Abwärmeverwertung die beste Gesamtausnützung.

Nicht selten muß der benötigte Heizdampf von höherer als atmosphärischer Spannung sein. In solchen Fällen kann ebenfalls mit Abdampf gearbeitet werden. Die Maschine ist jedoch, entsprechend dem höheren Gegendruck, reichlicher zu bemessen. Naturgemäß wird hierbei der Verbrauch der Maschine ein größerer sein; dies ist jedoch ohne Belang, sofern für den Abdampf volle Verwendung besteht.

Wird nur ein Teil des gesamten Maschinendampfs zu Heizzwecken benötigt oder wird nur zeitweise Heizdampf gebraucht, so ist das Heizen mit Zwischendampf demjenigen mit Abdampf vorzuziehen. Das Heizen mit Zwischendampf kommt jedoch nur für Maschinen mit zweiseitiger Expansion in Betracht. Die Dampfentnahme erfolgt hierbei aus dem Receiver, der mit einer Vorrichtung zur Konstanthaltung der Spannung ausgerüstet sein muß; vgl. Abschnitt 87.

Für die Zwischendampfentnahme eignen sich am besten Tandemaschinen, weil hier eine ungleiche Leistungsverteilung auf Hoch- und Niederdruckzylinder ohne Belang ist. Maschinen für Zwischendampfentnahme stellen gewissermaßen eine Kombination von Gegendruck- und Kondensationsmaschine dar. Die Grenzfälle, zwischen denen sich ihr Dampfverbrauch bewegt, sind daher der Dampfverbrauch der Gegendruckmaschine und derjenige der Kondensationsmaschine.

Hat bei großer Zwischendampfentnahme die Füllung des Niederdruckzylinders einen gewissen kleinsten Wert erreicht, und nimmt der Bedarf an Heizdampf weiter zu, so ist automatisch (am besten durch ein Salzmann-Ventil) Frischdampf zuzusetzen. Auf diese Weise wird verhindert, daß ein Trockenlaufen des Niederdruckzylinders eintritt. Je nach dem Zylinderverhältnis ist es möglich, bis zu  $80\%$  der zugeführten Dampfmenge zu entnehmen. Hierbei kann die Entnahmespannung zwischen 0,5 und 4 at liegen.

Durch kombinierte Kraft- und Wärmeerzeugung läßt sich eine Wärmeausnutzung des Brennstoffs bis etwa 80 % erreichen; die Verluste lassen sich demnach ungefähr auf diejenigen in der Kesselanlage beschränken.

Bemerkt sei, daß der Abdampf von Kolbenmaschinen immer mehr oder weniger ölhaltig ist; er muß deshalb vor seiner Verwendung zu Heizzwecken möglichst gut entölt werden<sup>1)</sup>. Denn ein Ölansatz in den Heizkörpern würde eine Erschwerung des Wärmedurchgangs zur Folge haben. Außerdem würde der Ölgehalt bei direkter Verwendung des Abdampfs zum Desinfizieren, Sterilisieren oder dergl. schädlich sein.

Neben Kolbenmaschinen verwendet man für Anlagen mit gemischtem Energiebedarf mit Rücksicht auf den ölfreien Abdampf sehr gerne Dampfturbinen, und zwar sowohl in der Form von Auspuff- und Gegendruckturbinen, als auch Anzapfturbinen.

Auch bei Verbrennungs-Kraftmaschinen bietet sich in den Auspuffgasen und im Kühlwasser ein Mittel zur Gewinnung von Abwärme. Das Kühlwasser verläßt die Maschine mit Temperaturen von 40

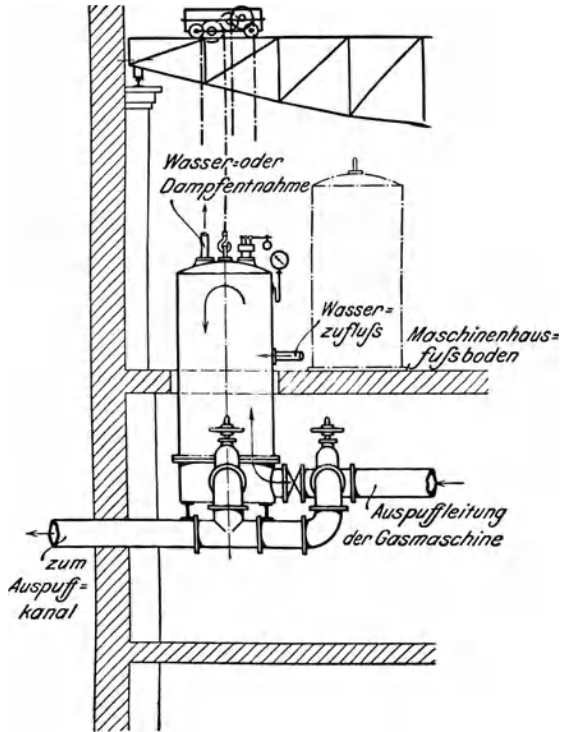


Fig. 24. M.A.N.-Abwärmeverwerter für Großgasmaschinen in stehender Anordnung.

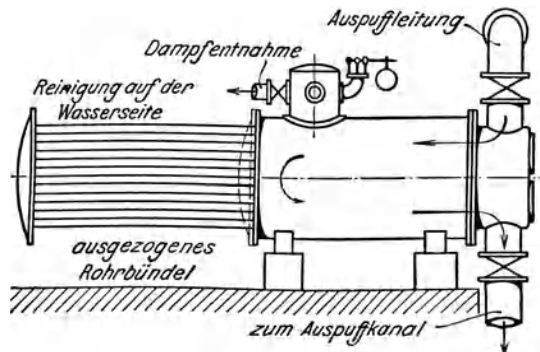


Fig. 25. M.A.N.-Abwärmeverwerter für Großgasmaschinen in liegender Anordnung.

<sup>1)</sup> Vgl. auch Abschn. 94, S. 346 unten.



bis  $80^{\circ}\text{C}$ , je nach Maschinengröße und Maschinensystem. Da das Wasser beim Durchströmen der Kühlräume keinerlei Verunreinigung erfährt, so kann es ohne weiteres auch zu Gebrauchs- und Fabrikationszwecken Verwendung finden, vorausgesetzt, daß keine höheren Temperaturen erforderlich sind.

Die Auspuffgase verlassen den Motor bei voller Belastung mit Temperaturen von  $400\text{--}600^{\circ}\text{C}$ . Sie werden am besten zur Heißwasser- oder Dampferzeugung ausgenützt. Hierbei tritt an die Stelle des Auspufftopfs ein sog. Abwärmeverwerter, z. B. eine Art Heizöfenkessel, in dem die Auspuffgase durch Wärmeabgabe an das Wasser bis auf Temperaturen von  $150^{\circ}\text{C}$  und weniger herabgekühlt werden können, ohne daß hierbei der Auspuffwiderstand des Motors wesentlich erhöht wird (Fig. 24 u. 25). Der erzeugte Dampf kann zur Herstellung destillierten Wassers oder zu Heizzwecken Verwendung finden.

Auf Grund von Versuchen und Betriebserfahrungen hat sich ergeben, daß bei Normalbelastung des Motors aus den Abgasen etwa  $300\text{--}500\text{ WE/PS-st}$  zur Dampf- oder Heißwassererzeugung gewonnen werden können. Wird hierbei das Kühlwasser des Motors verwendet, so kann man auf eine Gesamtausnützung des Brennstoffs bis etwa  $80\%$  kommen; meist begnügt man sich jedoch mit einer Ausnützung von  $50\text{--}60\%$ .

Besonders wirtschaftlich gestaltet sich die Abwärmeverwertung bei Großgasmaschinen. Der Abwärmeverwerter wird deshalb wohl in Zukunft ein normales Zubehör jeder Großgasmaschinenanlage bilden, ähnlich wie der Ekonomiser bei Dampfkesselanlagen.

Die Ausnützung der Auspuffgase zur direkten Lufterwärmung wäre zwar an sich billig, kommt jedoch keinesfalls für die Heizung bewohnter Räume in Betracht, weil die Temperatur der als Heizkörper dienenden Auspuffrohre vom hygienischen Standpunkt aus unzulässig hoch ist.

## 15. Kraftbetriebe mit Nebenproduktengewinnung.

Für große Kraftanlagen kann sich die Vergasung des Brennstoffes schon deswegen empfehlen, weil alsdann die Möglichkeit besteht, wertvolle Nebenprodukte zu gewinnen. Dies sind der in der Kohle enthaltene Stickstoff und der Teer.

Die Menge des Stickstoffs schwankt von  $0,3\%$  bei Braunkohlen bis etwa  $1,5\%$  bei den westfälischen Gasflammkohlen.

Von dem im Mittel etwa  $1\%$  betragenden Stickstoffgehalt der Kohle lassen sich bis zu  $80\%$  in Form von schwefelsaurem Ammoniak gewinnen, das vorwiegend als Düngemittel an Stelle des Chilesalpeters verwendet wird. Der abfallende Teer zeichnet sich durch seinen verhältnismäßig hohen Wasserstoffgehalt aus und nähert sich, sofern es sich um Steinkohlenteer handelt, hinsichtlich seiner Zähflüssigkeit in vielen Fällen dem dünnen Teer der Vertikal- und Kammeröfen

der Leuchtgasanstalten. Er eignet sich daher — außer für die Verarbeitung in chemischen Fabriken — für Kessel- und sonstige Feuerungen, unter Umständen auch für den Betrieb von Dieselmotoren. Die Gewinnung von Nebenerzeugnissen erscheint allerdings nur dort wirtschaftlich, wo es sich um große, möglichst dauernd betriebene Anlagen handelt und wo ein billiger Brennstoff zur Verfügung steht. Je nach dessen Preis und Zusammensetzung kann der Erlös aus dem schwefelsauren Ammoniak und dem Teer den größten Teil der Brennstoffkosten decken.

Ob sich eine Kohle für die Gewinnung von Nebenerzeugnissen eignet, ist vor allem eine Gaserzeugerfrage. Selbst bei niedrigem Preis und hohem Stickstoffgehalt des Brennstoffes ist ein wirtschaftlicher Betrieb nicht zu erreichen, wenn sich infolge schlechten Ganges des Gaserzeugers kein oder doch nur wenig Ammoniak bei der Vergasung bildet, oder wenn das entstandene Ammoniak im Gaserzeuger wieder zu Stickstoff und Wasserstoff zerfällt. Andererseits erfordern minderwertige und stark backende Kohlen selbst bei mechanischer Entfernung der Asche und Schlacke durch Drehroste oder andere Einrichtungen zuweilen so viel Nachhilfe von Hand, daß die Kosten der Bedienung einen sehr großen Teil des Erlöses aus dem Verkauf der Nebenerzeugnisse wieder aufzehren.

Das erzeugte Gas kann man entweder in Gasmaschinen oder in Kesselfeuerungen ausnützen. Letzteres erscheint allerdings weniger vorteilhaft, da man bei vorheriger Vergasung der Kohle infolge der Gewinnung von Nebenerzeugnissen etwa 33—35 % an Heizkraft einbüßt und außerdem Dampf für den Gaserzeuger, zum Einkochen der Sulfatlauge und für die Hilfsmaschinen (Gebläse, Pumpen usw.) gebraucht, so daß über 50 % mehr Brennstoff zur Erzeugung einer bestimmten Dampfmenge erforderlich sind, als bei unmittelbarer Feuerung der Kohle unter dem Dampfkessel. Dazu kommen noch die verhältnismäßig hohen Kosten für die Gaserzeugeranlage.

Anders wenn man das Gas zum Betriebe von Gasmaschinen verwendet. Hier treten durch den Wegfall der Dampfkessel und ihrer Verluste, durch den höheren thermischen Wirkungsgrad der Gasmaschinen und durch die Möglichkeit, den für den Gaserzeuger erforderlichen Dampf aus der Auspuffwärme der Gasmaschinen zu erzeugen, so wesentliche Ersparnisse gegenüber dem Dampfbetrieb ein, daß sich die mit der Gewinnung von Nebenerzeugnissen verbundenen Mehrkosten erheblich besser bezahlt machen.

Ein weiterer Umstand, der für das vorherige Vergasen des Brennstoffes sprechen kann, ist die Vermeidung von Rauch und Ruß.

Mit der Nebenproduktengewinnung beschäftigt sich zurzeit eine Reihe von Firmen; es hat den Anschein, daß die bisher angestellten Untersuchungen und Versuchsausführungen in nicht zu ferner Zukunft Erfolge erwarten lassen. Augenblicklich jedoch liegen die Verhältnisse noch so, daß es — wenigstens in Deutschland — nur sehr wenige Brennstoffe gibt, die bei Vergasung unter Nebenprodukten-

gewinnung ein wirtschaftliches Ergebnis liefern, bei denen also der Erlös aus dem Verkauf des Ammoniumsulfats und des Teers die hohen Anlagekosten und die Kosten des umständlicheren Betriebes deckt. Es gibt zwar bei uns zahlreiche billige Kohlsorten; das Herausholen der wertvollen Nebenprodukte ist aber bei der Mehrzahl von ihnen immer noch mit Schwierigkeiten verknüpft. In erster Linie ist hieran der Generator schuld.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß man in Zeitschriften häufig über die günstigen Betriebsergebnisse der englischen Mondgasanlagen liest. Hierbei darf man aber nicht vergessen, daß diese Ergebnisse nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse zu übertragen sind.

## Wasserkraftanlagen.

### 16. Allgemeines über Wasserkraftanlagen.

Die Ausnützung größerer Wasserkräfte wurde erst durch die Einführung der Turbinen ermöglicht. Eine der ersten Turbinenanlagen ist die im Jahre 1837 von Fourneyron in St. Blasien im badischen Schwarzwald ausgeführte Anlage, der das Wasser durch ein Druckrohr mit einem Gefälle von 108 m zugeführt wurde. Diese Fourneyronturbine wurde lange Zeit als ein Wunder der Ingenieurkunst angestaunt.

In der Folge trat eine lebhafte Entwicklung der verschiedenen Turbinensysteme ein. Trotz der Fortschritte im Turbinenbau machte sich jedoch mit der Entwicklung der Dampfmaschinen in den 70er und 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ein Rückschritt in der Verwendung von Wasserkräften bemerkbar. Nicht selten betrachtete man damals die an den Ort gebundene Wasserkraftanlage als altmodisch und rückständig. Der Bau von Turbinenanlagen im großen Stil setzte erst mit dem Jahre 1891 ein, wo gelegentlich der Frankfurter Ausstellung die erste größere Kraftübertragung mit Hilfe der Elektrizität ausgeführt wurde. Durch die elektrische Kraftübertragung war die Möglichkeit gegeben, auch solche Wasserkräfte nutzbar zu machen, die infolge ihrer Lage eine Ausnützung an Ort und Stelle unmöglich oder unwirtschaftlich erscheinen ließen. Wenn so die Elektrotechnik das Anwendungsgebiet der Wasserkraftmaschinen erheblich erweiterte, so steigerte sie andererseits die an dieselben gestellten Forderungen bezüglich Ruhe des Ganges und Regulierfähigkeit.

Die Forderung guter Regelbarkeit erfüllt am besten die Francis-turbine und das Becherrad; erstere wird vor allem bei kleinen und mittleren Gefällen, letzteres bei hohen Gefällen und kleinen Wassermengen angewendet. Beide Turbinen sind amerikanischen Ursprungs, wurden jedoch in erster Linie in Europa, insbesondere in Deutschland durchgebildet.

Bei der neuzeitlichen Ausnützung von Wasserkraften geht man einerseits darauf aus, die Leistung der Maschineneinheiten zu steigern und dabei große Schluckfähigkeit der Turbinen und hohe spezifische Umlaufzahlen zu erreichen. Die bis heute gebauten größten Einheiten besitzen 16 000—19 000 PS<sup>1)</sup>. Andererseits werden immer höhere Gefälle ausgenützt, die zu bedeutenden Geschwindigkeiten und Drücken des Wassers in den Rohrleitungen und in den Turbinen führen. Es sei in dieser Hinsicht nur darauf hingewiesen, daß im Kanton Wallis bei Martigny eine Wasserkraftanlage für ein Gefälle von 1650 m im Bau ist<sup>2)</sup>. Bei derartig hohen Gefällen werden naturgemäß an die Formgebung und die Baustoffe sowie an die Regelung der Turbinen und die Beherrschung der in Bewegung befindlichen Wassermassen außerordentlich hohe Anforderungen gestellt.

Die Frage der Nutzbarmachung der Wasserkräfte steht zurzeit in allen Kulturländern im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Auch in Deutschland ist man, in Erkenntnis des hohen volkswirtschaftlichen Wertes der Wasserkräfte, eifrigst bemüht, dieselben in großzügiger und wirtschaftlicher Weise auszubeuten. Nachdem die technische und wirtschaftliche Möglichkeit der elektrischen Übertragung und Verteilung von Energie nachgewiesen war, stieg der Wert der Wasserkräfte. Dieselben wurden nunmehr von ihrer örtlichen Gebundenheit frei und den Dampf- und Gasmaschinen gleichwertig. Dies schließt jedoch nicht aus, daß ein großer Teil der Wasserkräfte direkt an Ort und Stelle zu elektrochemischen und elektrothermischen Zwecken ausgenützt wird. Es sei in dieser Hinsicht nur auf die Gewinnung des Kalzium-Karbids und des Aluminiums sowie auf die künstliche Erzeugung von Kalkstickstoff aus dem Stickstoff der Luft (als Ersatz für den Chile-Salpeter) hingewiesen. Alle diese Verfahren erfordern große Mengen elektrischer Energie und sind deshalb nur dort rentabel, wo große und billige Wasserkräfte zur Verfügung stehen.

Wasserkraftanlagen haben im Vergleich zu Wärmekraftanlagen den grundsätzlichen Nachteil, daß ihre Leistung in erheblichem Maße durch die schwankenden Wasserverhältnisse, Niederwasser, Hochwasser, sowie durch Eisgang beeinflußt wird. Am günstigsten sind die Anlagen im Gebirge mit ihren hohen Gefällen und mit der Aufspeicherungsmöglichkeit in Stauseen.

Während man früher den Wert der Wasserkräfte bisweilen unterschätzte, konnte man in den letzten Jahren vielfach das Gegenteil beobachten. Neuerdings hat jedoch die zunehmende Vervollkommnung der Wärmekraftmaschinen dazu geführt, daß die Wasserkräfte wieder etwas in Mißkredit gekommen sind. Daran mag allerdings zum Teil auch der Umstand schuldige sein, daß der Ausbau in vielen Fällen zu planlos erfolgte und daß über die Verwendung der Elek-

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1910, S. 994 und 1913, S. 673.

<sup>2)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 355.

trizität bei Überlandzentralen häufig ganz falsche Voraussetzungen über den Stromkonsum gemacht wurden. Man berechnete vielfach den Wert der Wasserkraft danach, wieviel Kilowattstunden jährlich erzeugt werden können, anstatt die Absatzmöglichkeit genau zu prüfen. Nicht zuletzt wirkten auch die erheblichen Kostenüberschreitungen, die sich beim Bau größerer Wasserkraftanlagen fast regelmäßig einstellten, sehr ungünstig.

## 17. Wasserkraftmaschinen.

Man unterscheidet Wasserräder, Turbinen und Wassersäulenmaschinen. Die letzteren, oft kurz Wassermotoren genannt, ähneln in Bauart und Wirkungsweise der Dampfmaschine. Bei dem hohen Wasserpreis der meisten Städte stellt sich der Betrieb von Wassermotoren ziemlich teuer, weshalb dieselben heute nur noch ausnahmsweise verwendet werden.

Die Wasserräder lassen sich einteilen in unterschlächtige, mittelschlächtige und rückschlächtige sowie überschlächtige Räder. Je größer das vorhandene Gefälle ist, desto höherschlächtiger wählt man das Rad.

Infolge der geringen Umfangsgeschwindigkeit der Wasserräder ist ihre minutliche Umdrehungszahl sehr klein und liegt etwa zwischen 3 und 8. Da die meisten Arbeitsmaschinen höhere Umdrehungszahlen verlangen, so muß durch Anwendung von Rädervorgelegen eine Übersetzung ins Schnelle stattfinden.

Heute werden Wasserräder nur noch verhältnismäßig selten angewendet, nämlich dann, wenn es sich um die Verarbeitung kleinerer, sehr stark veränderlicher Wassermengen handelt, insbesondere dann, wenn ein überschlächtiges Rad Verwendung finden kann. Weiterhin wendet man Wasserräder an, wenn es sich um den Antrieb langsam laufender Arbeitsmaschinen, wie Stampf- und Hammerwerke, handelt oder wo das Wasser viele Verunreinigungen mit sich führt. Das Wasserrad verträgt dieselben immerhin leichter als eine Turbine.

Im übrigen bevorzugt man heute in der Regel Turbinen. Und dies mit Recht, da sie dem Wasserrad gegenüber eine Reihe von Vorzügen besitzen. Wenn auch zuzugeben ist, daß gute Wasserräder das gleiche oder unter Umständen ein höheres Alter erreichen als Turbinen, so erreicht andererseits der Wirkungsgrad selbst sachgemäß konstruierter (teurer) Wasserräder niemals denjenigen guter Turbinen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß Wasserräder nie den dauernd gleichmäßigen Gang erzielen lassen wie Turbinen, und daß sie durch Stauwasser stark in ihrer Leistung beeinträchtigt werden, wogegen die mit Überdruck arbeitenden Turbinen unbeschadet ihrer Wirkung im Unterwasser laufen können. Ein Hauptnachteil der Wasserräder liegt sodann noch in ihren im Vergleich mit Turbinen ungeheuren Abmessungen und den damit verbundenen großen Eigengewichten. Eine Turbine braucht bedeutend weniger Raum und erfordert eine

geringere Übersetzung als ein Wasserrad. Damit erhält man ein leichteres und billigeres Triebwerk als beim Wasserrad; gleichzeitig werden die durch Zahn- und Lagerreibung bedingten Kraftverluste geringer. Und endlich ist noch zu beachten, daß bei strenger Kälte die Gefahr des Einfrierens bei Wasserrädern größer ist, als bei den unter Wasser und mit größerer Wassergeschwindigkeit arbeitenden Turbinen.

Da die Anlagekosten einer Turbinenanlage im allgemeinen nicht höher, sondern sogar meist niedriger sind als diejenigen einer Wasserradanlage, so ist nach vorstehenden Ausführungen die Bevorzugung der Turbinen verständlich. Dabei lassen sich Turbinen für fast beliebig große Wassermengen bis hinauf zu den höchsten Gefällen bauen, während man Wasserräder nur für kleinere Wassermengen, etwa 1—3 cbm/sk, und bis höchstens 8 m Gefälle ausführt.

Je nach der Wirkung des Wassers in der Turbine unterscheidet man zwischen Aktions- oder Gleichdruckturbinen und Reaktions- oder Überdruckturbinen. Außer nach der Wasserwirkung unterscheidet man die Turbinen auch nach dem Wasserweg, nach ihrer Beaufschlagung, ihrer Regulierung und Anordnung. So z. B. unterscheidet man Axialturbinen, bei denen das Wasser, abgesehen von der Schaufelkrümmung, in der Richtung der Achse durch den Radkranz strömt, und Radialturbinen, bei denen dies vorwiegend in radialer Richtung geschieht. Weiter unterscheidet man zwischen Vollturbinen und Partialturbinen, welche letztere nur teilweise beaufschlagt werden. Und endlich unterscheidet man noch Turbinen mit stehender und solche mit liegender Welle, die jeweils im offenen Schacht, im geschlossenen Kessel oder Wasserkasten, im Spiralgehäuse usw. zur Aufstellung kommen können.

Je nach der Größe des verfügbaren Gefälls kann man die Turbinen in drei Klassen einteilen: Hoch-, Mittel- und Niedriggefälleturbinen.

Von den zahlreichen, früher ausgeführten Turbinenarten werden heute eigentlich nur noch zwei angewendet, und zwar die äußere radiale Überdruckturbine oder Francisturbine und das Becherrad, auch Hochdruck-Freistrahl-turbine, Peltonrad usw. genannt. Vereinzelt kommt wohl auch noch die Schwamkrugturbine zur Anwendung.

Die Francisturbine und das Becherrad entsprechen am besten den Forderungen, die heute in bezug auf Gefällhöhe, Wassermenge, Wirkungsgrad, Umdrehungszahl, Regulierbarkeit, Zugänglichkeit, Anpassungsfähigkeit an örtliche Verhältnisse usw. an Wasserkraftmaschinen gestellt werden. Hauptsächlich kommt in Betracht die einfache und gute Regulierfähigkeit dieser Turbinen. Bei Francisturbinen kommt noch hinzu, daß das Laufrad auch bei verhältnismäßig großer Wassermenge kleine Abmessungen, also eine große Umlaufzahl erhalten kann; bei Becherrädern ist besonders die einfache Bauart und der hohe, innerhalb weiter Beaufschlagungsgrenzen fast konstant bleibende Wirkungsgrad (bis zu 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) hervorzuheben.

Die Francisturbine wird mit stehender oder liegender Welle als Langsam-, Normal- oder Schnellläufer ausgeführt. Sie eignet sich für fast beliebig große Wassermengen und für Gefälle von 0,5—200 m.

Man zieht in der Regel die liegende Anordnung vor (Fig. 88). Turbinen mit stehender Welle wendet man nur dort an, wo es sich um geringe Gefälle und große Wassermengen handelt, oder wo die Notwendigkeit von Räderübersetzungen vorliegt. Durch Verwendung eines Hebereinlaufs (Fig. 26) ist man heute in der Lage, die liegende Turbinenanordnung auch für wesentlich kleinere Gefälle als bisher anzuwenden<sup>1)</sup>.

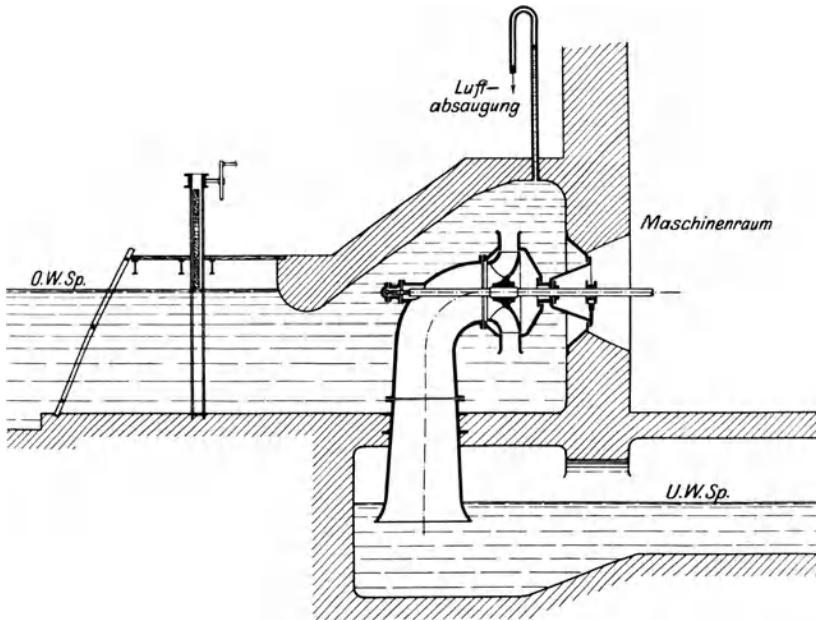


Fig. 26. Francisturbine mit Hebereinlauf.

Die Luftabsaugung im Scheitel des Betonkastens kann durch das Vakuum des Turbinensaugrohres oder durch das Deckelspaltwasser erfolgen.

Die liegende Anordnung hat den Vorzug, daß die Turbine direkt mit Dynamomaschinen usw. gekuppelt werden kann und ein direkter Transmissionsantrieb mittels Riemen möglich ist.

Die Becherräder sind Partialturbinen und eignen sich hauptsächlich für verhältnismäßig kleine Wassermengen und für große Gefällhöhen von etwa 20 m aufwärts. Die Vollturbine (Francisturbine) würde sich für diese Verhältnisse ungünstig und klein bauen und zu große Drehzahlen bekommen.

Die Regulierung der Turbinen, die früher fast ausschließlich von Hand erfolgte, geschieht heute in sehr vielen Fällen automatisch mit

<sup>1)</sup> Vergl. S. 275 sowie Zeitschr. f. d. ges. Turbinenwesen 1913, S. 83.

Hilfe von Kraftzylindern, die mit Preßöl arbeiten und unter dem Einfluß des Regulators stehen. Die hydraulischen Regler haben gegenüber den früher üblichen mechanischen den Vorzug, daß sie eine viel empfindlichere, genauere und zuverlässigere Regulierung ergeben.

Bei Francisturbinen wirkt der Kraftzylinder mittels geeigneter Hebelvorrichtungen auf einen am Leitrad befindlichen Ring ein, der die Leitschaufeln derart verstellt, daß die Menge des Aufschlagwassers dem jeweiligen Kraftbedarf entspricht. Bei Becherrädern wirkt der Kraftzylinder unmittelbar auf die Düsen ein, indem er deren Ausflußweite entsprechend verändert.

Bei Hochgefälleanlagen oder überhaupt bei Anlagen, deren Rohrleitungslänge im Verhältnis zum Gefälle groß ist, muß außer der Geschwindigkeitsregulierung noch eine selbsttätig wirkende Druckregulierung vorgesehen werden. Dieselbe hat die Aufgabe, gefährliche Drucksteigerungen in der Rohrleitung oder dem Zuleitungstollen, wie sie bei plötzlicher Entlastung einer oder mehrerer Turbinen eintreten können, zu verhindern. Eine solche plötzliche Entlastung kann z. B. bei Eintritt eines Kurzschlusses vorkommen.

Eine Druckregelung ist nicht nur aus Gründen der Betriebssicherheit, sondern auch mit Rücksicht auf das präzise Funktionieren der Geschwindigkeitsregulierung notwendig. Ohne Druckregelung treten nämlich an den Turbinen Pendelerscheinungen auf, die eine unmittelbare Folge der in der Rohrleitung entstehenden Druckschwankungen sind.

Wo es sich darum handelt, die vorhandene Wassermenge möglichst voll auszunützen, kann sich sodann noch die Anwendung eines Wasserstandsreglers (Fig. 124) empfehlen<sup>1)</sup>. Derselbe hat die Aufgabe, bei einem Sinken des Oberwasserspiegels derart auf die Regulierung der Turbine einzuwirken, daß deren Wasserverbrauch und damit auch ihre Leistung entsprechend verringert wird. Wasserstandsregler empfehlen sich insbesondere dort, wo Turbinen mit Wärmekraftmaschinen zusammen auf die gleiche Transmission oder auf dasselbe Netz (bei Elektrizitätswerken) arbeiten. In diesem Falle bedarf die Turbine keiner Geschwindigkeitsregelung, da die letztere vom Regulator der Wärmekraftmaschine aus stattfindet. Man braucht hier die Turbine nur nach der verfügbaren Wassermenge einzustellen, was von Hand oder besser selbsttätig mit Hilfe eines Wasserstandsreglers geschehen kann. — Der Wasserstandsregler wird auch in Verbindung mit dem Geschwindigkeitsregler angewendet und tritt hier gewissermaßen als Vormund des letzteren auf, indem er nicht zuläßt, daß der Geschwindigkeitsregler die Turbine weiter öffnet, als der jeweils vorhandenen Wassermenge entspricht.

Wo der Wasserzufluß außergewöhnlich schwankt, ordnet man auch zwei Turbinen oder eine Zwillingsturbine an, wobei jedoch

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing., Jahrg. 1913, S. 614 und Jahrg. 1911, S. 1522.



Regulierungen und Saugrohre getrennt auszuführen sind. Bei schlechtem Wasserstand wird dann wenigstens die eine Turbine günstig

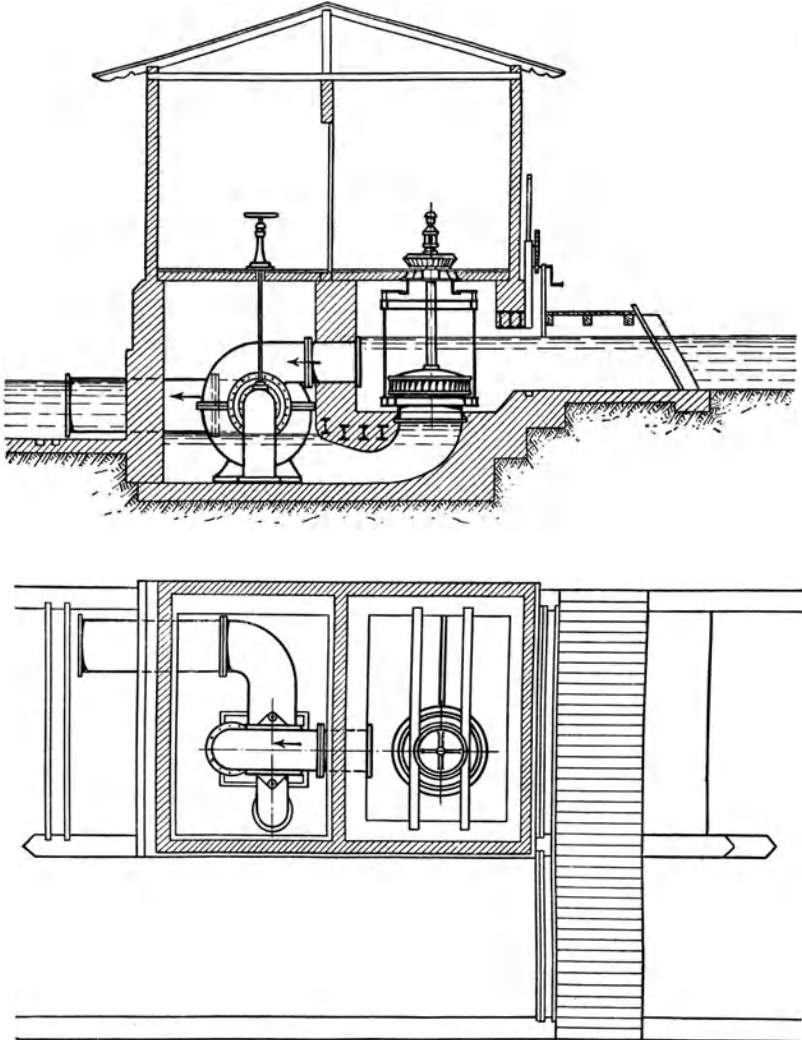


Fig. 27 u. 28. Saughydropulsor als Gefällevermehrter für eine Turbine (Ottensener Eisenwerk A.-G. in Altona-Ottensen).

ausgenutzt. Zur Anordnung von zwei Laufrädern auf der Turbinenwelle (Zwillingturbine) oder von vier Laufrädern (Doppelzwillingturbine) kann auch die Rücksicht auf Erhöhung der Umdrehungszahl veranlassen.

Turbinen im offenen Wasserschacht wurden schon für Gefälle bis 18 m ausgeführt. Der Bau so hoher Wasserschächte erfordert jedoch große Sorgfalt hinsichtlich der Gründung sowie der Festigkeit der Schächte und des Dichthaltens des Betons. Man wendet deshalb im allgemeinen bei Gefällen über 8—10 m Gehäuse turbinen an, bei denen die Leit- und Laufräder in einem spiralförmigen, zylindrischen oder kugelförmigen Gehäuse aus Gußeisen oder Blech eingeschlossen sind. Das Spiralgehäuse hat den Vorzug, daß es das Wasser sehr gut führt und auf den Umfang des Leitrades verteilt. Auch kann man die Teile des Leit- und Laufrades, die von Zeit zu Zeit nachgesehen werden müssen, leicht zugänglich machen. Die Spiralform wird deshalb sehr gerne angewendet, sowohl für die kleinsten Turbinen als auch für die größten Ausführungen. Für große Gefälle, über etwa 50 m, kommen nur Spiralturbinen in Betracht.

Zum Schlusse sei hier noch des Hydropulsors gedacht, Fig. 27 u. 28<sup>1)</sup>. Diese Maschine hat zunächst nicht den Zweck, mechanische Arbeit abzugeben. Der Hydropulsor stellt vielmehr eine besondere Art des hydraulischen Widders dar, welcher letzterer meist den Pumpen und nicht den Kraftmaschinen zugerechnet wird. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß der Hydropulsor, wie auch die ihm in mancher Hinsicht ähnliche Humphrey-Pumpe, in die Reihe der Kraftmaschinen zu stellen ist, wenngleich er ausschließlich eine Kraftgewinnung in der Form von gehobenem Wasser gestattet. Er vereinigt gleichsam die Kraftmaschine (Wasserturbine) mit der Arbeitsmaschine (Pumpe) in einer einzigen Vorrichtung. Gebaut werden die Hydropulsoren von der Ottensener Eisenwerk-A.-G. in Altona-Ottensen.

Ein Vorteil des Hydropulsors liegt darin, daß zu seinem Betrieb eine geringe Gefällshöhe der Antriebswasserkraft ausreicht, weil der Vorgang der Wasserhebung lediglich auf mehr oder minder rasche Druckanstiege in den Triebrohren zurückzuführen ist. Die Wassergeschwindigkeit in den Triebrohren beträgt nämlich in der Regel nicht mehr als 1 m/sk, zu deren Erzeugung theoretisch bereits eine Gefällshöhe von etwa 0,05 m ausreicht.

Fig. 27 u. 28 zeigen einen Saug-Hydropulsor als Gefällvermehrer für eine Turbine. Die Vermehrung des Gefälles wird hier durch Senken des Wasserspiegels hinter der Turbine erreicht. Durch Anwendung eines Druck-Hydropulsors ist man auch in der Lage, den Oberwasserspiegel zu heben.

## 18. Wasserkraftwerke mit Speicheranlagen.

Ein Hauptnachteil für die Ausnützung unserer Flüsse und Bäche ist deren unregelmäßige Wasserführung. Im allgemeinen sind die Anlagen im Gebirge mit ihren hohen Gefällen und mit der Auf-

<sup>1)</sup> Näheres über dessen Wirkungsweise findet sich in der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1911, S. 1384.

speicherungsmöglichkeit in Stauseen den Wasserkraften der Ebene, die bei jedem Hochwasser versagen, bedeutend überlegen.

Regulierend auf den Wasserabfluß wirken Wälder, Moore, Schnee- und Eisgebiete sowie hauptsächlich Seen. Sie alle halten die Niederschläge ganz oder teilweise zurück und lassen dieselben erst allmählich wieder abfließen.

Als Beispiele solcher natürlicher Regulatoren sind vor allem die Gebirgsseen zu nennen. Es sei hier nur auf die Regulierung des Genfer Sees hingewiesen, die für alle unterhalb gelegenen Werke einen bedeutenden Kraftgewinn zur Folge hatte. Weiter mögen die beiden großen Wasserkraftanlagen bei Vizzola und Turbigio erwähnt werden. Dieselben verdanken ihre verhältnismäßig große und gleichmäßige sekundliche Wassermenge der regulierenden Wirkung des Lago Maggiore. Auch die Kraftwerke am Rhein zwischen Schaffhausen und Basel würden mit weit größeren Schwankungen zu rechnen haben, wenn der Bodensee nicht ausgleichend auf die Wasserführung des Rheins wirken würde.

Wo diese natürlichen Faktoren fehlen, muß man seine Zuflucht zu künstlichen Regulatoren, z. B. Talsperren, nehmen. Dieselben gestatten eine Akkumulierung der Kraft in ähnlicher Weise, wie dies bei den elektrischen Akkumulatoren der Fall ist. Letztere wurden hier schon des öfteren als Mittel zum Kraftausgleich (während eines Tages) vorgeschlagen. Sie kommen aber, ganz abgesehen von den damit verbundenen Verlusten, schon infolge der hohen Anlagekosten gewöhnlich nicht in Betracht. Auch Pumpen in Verbindung mit hochliegenden Sammelbehältern hat man schon zu Ausgleichszwecken herangezogen, indem man während der Nacht und an Sonntagen Wasser in einen Hochbehälter pumpt, das dann in den Stunden stärkster Belastung zur Ergänzung der übrigen Maschinenleistung dient (vgl. auch Abschn. 75). Zum Hochheben des Wassers können gegebenenfalls auch Hydropulsoren verwendet werden.

Eine Talsperre ist, wie der Name sagt, ein Damm oder eine Mauer quer zur Talrichtung, durch die das Wasser des betreffenden Flusses oder Baches gehemmt und aufgestaut wird. Es bildet sich so ein Stausee, der je nach seiner Größe zum Ausgleich der Tages- und Wochenschwankungen oder zur Aufnahme der Monats- oder Jahreswässer bestimmt sein kann.

Deutschland besitzt eine ganze Anzahl von Talsperren. Die meisten Sperren befinden sich in Rheinland-Westfalen, wo sie vorwiegend zur Wasserversorgung und zur Krafterzeugung dienen. Die größte deutsche Sperre, und zugleich die größte Sperre Europas, ist die Edertalsperre bei Hemfurt. Dieselbe staut die Eder auf eine Länge von etwa 27 km auf, wodurch ein Stausee von 202 Mill. cbm Inhalt entsteht. Diese Sperre ist außer für den Hochwasserschutz für Schifffahrtzwecke (Kanalspeisung) und Krafterzeugung bestimmt.

Was den Inhalt der Talsperren betrifft, so hängt derselbe in erster Linie von der Größe des jährlichen Zufusses ab, sodann von

der Art und Weise, wie sich der Wasserzufluß über die einzelnen Monate und über das ganze Jahr verteilt. Je gleichmäßiger der Zufluß stattfindet, desto kleiner kann unter sonst gleichen Verhältnissen der Inhalt des Staubeckens sein und umgekehrt. Endlich kommt auch die Art der Wasserentnahme in Betracht. Je mehr sich die Wasserentnahme dem schwankenden Zufluß anzupassen vermag, desto geringer kann der Inhalt des Staubeckens bemessen werden. Der Inhalt muß sonach von Fall zu Fall unter Berücksichtigung der Zuflußverhältnisse sowie der Wasserentnahme festgesetzt werden.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß die meisten deutschen Talsperren zu klein sind. Der Inhalt derselben beträgt etwa 30—33 % des jährlichen Zuflusses, was sich zur Erzielung eines guten Jahresausgleichs als ungenügend erwiesen hat. Man geht deshalb heute mit dem Stauinhalt bis auf 40—50 % des Jahresabflusses.

Für die zu kleine Bemessung der meisten deutschen Talsperren lassen sich verschiedene Gründe angeben. Der Hauptgrund ist wohl der, daß man seinerzeit den Berechnungen ein zu günstiges Jahr zugrundegelegt hat. Die folgenden Jahre fielen alle wesentlich trockener aus, und bestätigten die gemachte Annahme, daß die Staubecken 3—4 mal im Jahr gefüllt werden, nicht. Es hat sich vielmehr herausgestellt, daß die Staubecken im allgemeinen nur im Winter gefüllt werden. Es lag eben damals noch nicht genügend Erfahrungsmaterial über die Niederschlagsmengen und Abflußmengen sowie über deren Verteilung vor. Erst später hat man damit begonnen, in systematischer Weise Aufschreibungen über die Niederschläge und die Abflußmengen vorzunehmen.

Ein weiterer Grund für die zu knappe Bemessung scheint darin zu liegen, daß man seinerzeit den Wasserverbrauch der Kraftwerke unterschätzte. Man rechnete mit einem Wirkungsgrad der Turbinen von 75 %, der im Durchschnitt zu hoch ist. Bei normaler Belastung wird eine neuzeitliche Turbinenanlage diesen Wirkungsgrad zwar erreichen, ja ihn sogar übertreffen. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß die Turbinen mit Rücksicht auf die nötige Kraftreserve zum Teil nur schwach belastet sind. Aus diesem Grunde sowie mit Rücksicht darauf, daß das Gefälle für die Turbinen je nach der Füllung des Staubeckens verschieden ist, gestaltet sich deren Wasserverbrauch verhältnismäßig größer. Die Turbinen sind nämlich für ein bestimmtes Gefälle konstruiert und werden infolgedessen bei anderen Gefällen ungünstiger arbeiten.

## Sonstige Kraftmaschinen.

### 19. Windkraftmaschinen.

Die Ausnützung der Kraft des Windes zum Segeln reicht bis in die frühesten Zeiten menschlicher Kultur zurück. Weniger alt ist die Verwendung der Windkraft zum Antrieb von Windmühlen und Windrädern. Die ersten Windmühlen in Deutschland stammen aus dem Ende des 14. Jahrhunderts. Die Windmühlen dienten hauptsächlich zum Betrieb von Mahlgängen und nur vereinzelt zur Wasserförderung, zu welchen Zwecken sie noch heute in Anwendung sind.



Fig. 29. Windmotor von  $7\frac{1}{2}$  m Raddurchmesser auf 26 m hohem Eisenturm für eine Wasser-versorgungsanlage, Ausführung der Vereinigten Windturbinen-Werke G. m. b. H., Dresden-Niedersedlitz.

Die Windräder, auch Windmotoren genannt, kamen erst in den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in Amerika auf. Ihre Wirkungsweise entspricht derjenigen einer axial beaufschlagten Wasserturbine ohne Leitapparat, weshalb man sie auch als Windturbinen bezeichnet. Sie unterscheiden sich von den meist vierflügeligen Windmühlen dadurch, daß sie mit einer selbsttätigen Regulierung nach Windrichtung und Windstärke ausgerüstet sind und daß sie eine große Zahl von Flügeln, 50—100, besitzen. Eine zu große Zahl von Flügeln ist allerdings nicht zweckmäßig. Der Flügelabstand muß so groß sein, daß der Wind, der an dem einen Flügel gearbeitet hat, die Wirkung des nächsten Flügels nicht beeinträchtigen kann.

Während die ersten amerikanischen Windräder aus Holz hergestellt wurden, bestehen die heutigen Windturbinen ganz aus Eisen und Stahl (Fig. 29). Die heutigen Ausführungen besitzen deshalb eine längere Lebensdauer und erfordern weniger Reparaturen.

Es gibt eine ganze Anzahl von Windradkonstruktionen, auf die jedoch hier nicht näher eingegangen werden kann. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Einstellung und der Regulierung voneinander. Letztere soll selbsttätig wirken und hat die Aufgabe, zu verhindern, daß mit zunehmender Windstärke die Umdrehungszahl und damit auch die Leistung des Windrades ein gewisses Maß überschreiten, da dies die Haltbarkeit der Turbine bzw. ihre Betriebssicherheit bei Sturm gefährden könnte.

Bei manchen Windrädern ist jeder Flügel verstellbar, bei anderen dagegen nur Gruppen von Flügeln. Eine dritte Art der Regulierung besteht darin, daß das Rad bei Zunahme der Windstärke mittels einer Seitenfahne aus dem Winde gedreht wird. Die wirksame Radfläche wird dadurch verkleinert, die Wirkung des Windes auf das Rad daher konstant gehalten. Erfolgt die Drehung so weit, daß die Windradwelle einen rechten Winkel mit der Windrichtung bildet, so steht das Rad gänzlich still.

Das Einstellen des Rades in die Windrichtung geschieht durch eine Windfahne, auch große Fahne oder Hauptfahne genannt. Auch besondere kleine Windräder werden hierzu verwendet. Das Windrad darf demnach nicht fest mit dem Gerüst verbunden sein.

Von Wichtigkeit ist, daß die Hauptwindseite und die Gegenseite frei sind, damit der Wind ungehindert zu dem Rad zutreten und auf der anderen Seite frei abziehen kann. Zu diesem Zweck ist bei ebenem Gelände das Windrad so hoch anzuordnen, daß seine Unterkante alle in einem Umkreis von etwa 300—400 m Entfernung befindlichen Häuser, Bäume, Sträucher usw. um etwa 2—3 m überragt, da andernfalls die Leistung des Rades beeinträchtigt wird. Eine genügende Turmhöhe ist daher Vorbedingung für das richtige Arbeiten einer Windkraftanlage. Geschlossene Talkessel eignen sich nicht für Aufstellung von Windanlagen.

Bei genügend solider Dachkonstruktion kann das Windrad direkt auf dem Dach des Gebäudes untergebracht werden. Andernfalls ist ein besonderes freistehendes Gerüst (Turm) notwendig, das meist aus Eisenfachwerk hergestellt wird (Fig. 29). Holztürme sind zwar oft billiger, aber auch weniger haltbar als Eisentürme.

Das Windrad überträgt seine Kraft durch eine im Turm gelagerte, senkrecht nach unten führende Welle auf die wagrechte Haupttransmission, von der aus die Arbeitsmaschinen angetrieben werden. Für den Antrieb von Pumpen ordnet man bisweilen die Kurbel direkt auf der Radwelle an. Die Kurbel überträgt alsdann die auf- und abwärts gehende Bewegung unmittelbar auf den Pumpenkolben.

Der Windmotor wird wohl am häufigsten für Bewässerungsanlagen und Wasserversorgungen verwendet, da der Betrieb der Pumpen zu jeder Zeit, auch in den Nachtstunden, erfolgen kann, ohne daß eine besondere Überwachung notwendig wäre. Auch für landwirtschaftliche Zwecke werden Windmotoren verwendet, seltener dagegen für gewerbliche Betriebe. Vereinzelt hat der Windmotor auch schon zur Erzeugung elektrischer Energie Verwendung gefunden. Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Tourenschwankungen selbst gut regulierender Windmotoren sind jedoch hier komplizierte Vorrichtungen und Apparate notwendig, die die Dynamomaschine, je nach der Windgeschwindigkeit, selbsttätig aus- und einschalten. Außerdem bedarf es einer Akkumulatorenbatterie, die ziemlich reichlich bemessen ist, damit man gegebenenfalls auch eine längere Windstille zu überdauern vermag.

In den Betriebskostentabellen im Anhang sind die Anschaffungs- und Betriebskosten von Windmotoren für verschiedene Leistungen zusammengestellt, wobei angenommen wurde, daß Rad und Gerüst ganz aus Eisen und Stahl bestehen. Hierbei wurden zwei verschiedene Windgeschwindigkeiten zugrunde gelegt, nämlich 4—5 m und 6—7 m/sk. Für deutsche Verhältnisse kommt vor allem die kleinere Geschwindigkeit in Betracht. Die größere Windgeschwindigkeit ist höchstens für hochgelegene Orte oder für Küstenländer von Bedeutung.

Da nur die leichten Winde genügend häufig sind und einen einigermaßen regelmäßigen Betrieb erwarten lassen, so sollte man stets die Radgröße für die kleinere Windstärke von 4—5 m/sk wählen. Werden größere Windgeschwindigkeiten zugrunde gelegt, so wird zwar die Anlage billiger; jedoch entspricht dies einer Überschätzung der normalen Leistungsfähigkeit der Windmotoren.

Die größte Leistung erreicht das Windrad bei etwa 8 m Windgeschwindigkeit. Größere Windstärken bleiben in der Regel unausgenützt, da alsdann die Regulierung in Wirksamkeit tritt.

Bezüglich der Windstärke sei noch bemerkt, daß nach der Windstatistik des Kgl. Meteorologischen Institutes in Berlin für das Binnenland ein Wind von

3—4 m/sk	während	etwa	1350 st	im	Jahr
4—5 m/sk	„	„	1660 st	„	„
5—6 m/sk	„	„	1700 st	„	„
6—7 m/sk	„	„	1200 st	„	„

angenommen werden kann, je nach der Lage des betreffenden Ortes.

## 20. Heißluft-, Druckluft-, Kohlensäure- und Stickstoffmaschinen.

Heißluftmaschinen, auch kalorische Maschinen genannt, benützen die Ausdehnung der Luft beim Erwärmen als Triebkraft. Man unterscheidet offene und geschlossene Heißluftmaschinen sowie Feuerluftmaschinen. Die offenen Maschinen haben ihren Namen daher, daß die Luft, nachdem sie ihre Arbeit verrichtet hat, in die Atmosphäre entweicht. Bei den geschlossenen Maschinen wird ein und dasselbe Luftquantum abwechselnd erhitzt und mittels kalten Wassers wieder abgekühlt.

Die Feuerluftmaschinen sind offene Maschinen, bei denen die Heizgase mit mehr oder weniger überschüssiger Luft gemischt unmittelbar auf den Kolben arbeitsleistend wirken.

Heute sind nur noch die geschlossenen Heißluftmaschinen im Gebrauch, und auch diese sind bei der scharfen Konkurrenz der Gasmaschinen und Elektromotoren kaum mehr lebensfähig.

Die Heißluftmaschine gelangt nur bis zu Leistungen von wenigen Pferdestärken zur Ausführung, weil sie für höhere Arbeitsleistungen

übermäßig große Abmessungen annehmen würde. Sie kommt daher höchstens für Kleinbetriebe in Betracht.

Über den Brennstoffverbrauch der Heißluftmaschinen ist wenig bekannt. Man kann etwa annehmen, daß ein 2 PS-Motor ungefähr 3 kg Steinkohlen für die PS-st verbraucht. Kleinere Motoren verbrauchen entsprechend mehr.

Als ein Nachteil der Heißluftmaschinen muß es bezeichnet werden, daß sie je nach Größe 20—45 Min. angeheizt werden müssen, ehe sie in Betrieb gesetzt werden können. Der Brennstoffverbrauch für das Anheizen beträgt z. B. bei einer 2 PS-Heißluftmaschine ungefähr 18 kg.

Die Wirkungsweise und Bauart von Druckluftmaschinen gleicht derjenigen von Auspendampfmaschinen. Sie kommen heute fast nur noch in Bergwerken und im Tunnelbau zur Anwendung. Hierbei trägt die ausströmende Luft gleichzeitig zur Ventilation bei. Da reichliche Luftzuführung in Bergwerken und im Tunnelbau an sich notwendig ist, so läßt man die Druckluftmaschinen meist ohne Expansion arbeiten.

Will man die Druckluft besser ausnützen, so wendet man Expansion an. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Ausdehnung der Luft eine Temperaturerniedrigung zur Folge hat. Diese ist, wenn die verdichtete Luft mit der Temperatur der Atmosphäre zuströmt und Wärmezufuhr während der Expansion nicht stattfindet, so stark, daß sich aus dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf Eis bildet. Die Eisbildung kann eine so starke sein, daß nach kurzer Zeit die Austrittskanäle und die Austrittsleitung verstopft sind.

Um die starke Abkühlung der Luft während der Expansion zu vermeiden, gibt es zwei Mittel. Entweder man führt während der Expansion Wärme zu, indem man mittels eines Zerstäubers genügend warmes Wasser in den Arbeitszylinder einspritzt, oder aber, und dieses Mittel ist das einfachere und vorteilhaftere, man erwärmt die Druckluft vor ihrem Eintritt in die Maschine. Zu diesem Zweck passiert die Luft einen eisernen Ofen, in dem sie bis 150°C über die Temperatur der Atmosphäre erhitzt wird. Durch die Wärmezufuhr steigt gleichzeitig das Arbeitsvermögen der Luft, so daß der Wärmeverbrauch für die Luftherhitzung in Wirklichkeit keine Verschlechterung, sondern eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bedeutet.

Druckluftmaschinen werden im übrigen höchstens dort aufgestellt, wo eine Druckluftanlage vorhanden ist. Wo dies nicht zutrifft, wäre die Druckluftmaschine höchst unwirtschaftlich, da zu ihrem Betrieb ein Luftkompressor und eine besondere Antriebsmaschine (Wasser-, Dampf-, Verbrennungs-Kraftmaschine usw.) notwendig sind.

Eine Druckluftanlage wurde z. B. seinerzeit in Paris errichtet. Heute käme eine solche Anlage nicht mehr zur Ausführung, weil die elektrische Kraftübertragung billiger und wirtschaftlicher ist als die pneumatische.



Kohlensäuremaschinen arbeiten meist nach dem Prinzip der Heißluftmaschine. Hierbei wird der Kohlensäure bei hohem Druck Wärme von außen zugeführt, so daß sie expandiert und einen Kolben arbeitsleistend in Bewegung setzt. Man könnte natürlich ebensogut komprimierte Luft verwenden, die wesentlich billiger als Kohlensäure zu stehen kommt. In diesem Fall würde man jedoch besser der komprimierten Luft die Wärme durch Verbrennung im Zylinderinnern, wie bei Verbrennungsmaschinen, anstatt von außen durch Wandungen hindurch zuführen.

Speziell für Automobilzwecke wurde von Hildebrand folgende Arbeitsweise vorgeschlagen: Im Arbeitszylinder wird Luft auf etwa 30 at komprimiert und in diese hochoverhitzte Luft unter entsprechendem Druck befindliche Kohlensäure eingespritzt. Diese verdampft, soweit sie etwa flüssig ist, und expandiert dann gemeinsam mit der Luft. Die komprimierte und wieder expandierende Luft leistet hierbei keine Nutzarbeit, sondern nur die Kohlensäure. Da nun 1 kg Kohlensäure, wenn sie bei Zimmertemperatur von 30 at auf Atmosphärendruck expandiert, theoretisch etwa  $\frac{1}{20}$ , praktisch aber höchstens  $\frac{1}{25}$  PS-st entwickelt, so stellt sich der Betrieb mit Kohlensäure weit teurer als derjenige mit Benzin oder Benzol. Daraus geht hervor, daß der Kohlensäuremaschine keine praktische Bedeutung beizumessen ist.

Auch mit komprimiertem Stickstoff betriebene Motoren wurden schon, wenigstens für Automobilzwecke, ausgeführt. Dieselben haben gegenüber Druckluftmotoren den Vorzug, daß infolge Fehlens des Wasserdampfes keine Eisbildung stattfindet. Auch ist Stickstoff ein vollständig indifferentes Gas. Chemische Angriffe oder Schmieröl-explosionen, wie sie bei Druckluftanlagen schon vorgekommen sein sollen, sind bei Stickstoff vollständig ausgeschlossen.

Natürlich kann der Stickstoffmotor, ebensowenig wie die vorbeschriebenen Kraftmaschinen, in wirtschaftlicher Beziehung den Wettbewerb mit den Verbrennungsmaschinen aushalten.

## 21. Abwärmekraftmaschinen. Mehrstoffdampfmaschinen.

Da der Abdampf von Kolbendampfmaschinen<sup>1)</sup> noch den größten Teil der mit dem Frischdampf zugeführten Wärme in sich birgt, so liegt der Gedanke nahe, den Abdampf, anstatt ihn nutzlos in die Atmosphäre oder den Kondensator entweichen zu lassen, weiterhin zur Arbeitsgewinnung auszunützen. Es wurde deshalb schon längst vorgeschlagen, die im Abdampf enthaltene große Wärmemenge von niedriger Temperatur zur Verdampfung von Flüssigkeiten mit niedrig liegenden Siedepunkten zu verwenden und mit diesen Dämpfen eine besondere Kraftmaschine, auch Kaltdampfmaschine genannt, zu betreiben. Jedoch hatten die wenigen, nur im kleinen durchgeführten

<sup>1)</sup> Für Dampfturbinen mit ihren hohen Luftleeren kommen Abwärmekraftmaschinen überhaupt nicht in Betracht.

praktischen Versuche keinen nennenswerten Erfolg zu verzeichnen. Erst die Abwärmekraftmaschine von Behrend-Zimmermann, insbesondere in der durch Josse weiter ausgebildeten Form, erwies sich als brauchbar. Das Prinzip dieser Maschine ist kurz gesagt das folgende: Der Abdampf der Dampfmaschine wird dazu benützt, schweflige Säure zu erwärmen und zu verdampfen. Der so gewonnene Kaltdampf dient alsdann zum Betrieb einer Maschine, deren Aussehen und Wirkungsweise mit der gewöhnlichen Dampfmaschine übereinstimmt. Die schweflige Säure bietet hierbei gegenüber anderen Flüssigkeiten den Vorteil, daß deren Spannungen bei den in Betracht kommenden Temperaturen innerhalb geeigneter Grenzen liegen.

Nachdem die Schwefligsäuredämpfe in dem Zylinder der Abwärmekraftmaschine Arbeit geleistet haben, werden sie mittels Kühlwasser in einem Oberflächenkondensator verflüssigt, sodann die flüssige schweflige Säure in einem Verdampfer, der für die Dampfmaschine den Kondensator bildet, wieder verdampft usw. Ein Verbrauch an schwefliger Säure findet hierbei, abgesehen von etwaigen Undichtigkeitsverlusten, nicht statt.

Die für gewöhnlich im Verdampfer, der für die Abwärmemaschine die Rolle des Kessels spielt, herrschende Spannung der Schwefligsäuredämpfe beträgt 10—14 at, je nach dem Vakuum, mit dem die Dampfmaschine arbeitet. Die Spannung der aus der Abwärmemaschine entweichenden Schwefligsäuredämpfe beträgt 2—4 at, je nach der Temperatur des Kühlwassers.

Der Zylinder der Abwärmemaschine braucht keine besondere Schmierung, da die Schwefligsäuredämpfe selbstschmierend wirken. Nur die Stopfbüchse ist mit reinem Mineralöl zu schmieren. Zu bemerken ist, daß reine schweflige Säure weder Eisen noch Bronze angreift. Nur wenn Wasser oder Luft hinzukommt, wirkt sie zerstörend auf die Metalle ein.

Durch Hinzufügen einer Abwärmemaschine zu einer vorhandenen Kolbendampfmaschine kann man etwa 25—30% der Dampfmaschinenleistung gewinnen, je nach dem Dampfverbrauch der Maschine. Diese Kombination ist jedoch nur in einigen wenigen Fällen ausgeführt worden. Seit der Einführung der Abdampfturbine kommt die Abwärmekraftmaschine überhaupt nicht mehr in Betracht.

Da die gewöhnliche Wasserdampfmaschine bekanntlich nur ein verhältnismäßig kleines Temperaturgefälle auszunützen vermag, so hat man zwecks Verbesserung des Arbeitsprozesses auch schon andere Wärmeträger ins Auge gefaßt. Beispielsweise schlug Prof. Schreiber eine Mehrstoffdampfmaschine vor, bei der drei Flüssigkeiten benützt werden, die bei praktisch anwendbaren Drücken das zur Verfügung stehende Temperaturgebiet in aufeinanderfolgenden Stufen ausnützen<sup>1)</sup>. Und zwar empfiehlt Schreiber für das Temperatur-

---

<sup>1)</sup> Vgl. das Werk „Die Theorie der Mehrstoffdampfmaschine“ von Dr. K. Schreiber.

gebiet von  $310-190^{\circ}$  Anilin, für  $190-80^{\circ}$  Wasserdampf und für  $80-30^{\circ}$  Äthylamin. Nach Schreiber würde eine derartige Dreistoffdampfmaschine  $37,8\%$  der in den Heizgasen enthaltenen Wärme in Arbeit umsetzen, sofern die Heizgase bis auf  $180^{\circ}$  ausgenützt werden. Die bisherigen Versuche mit Mehrstoffkraftmaschinen sind jedoch alle an praktischen Schwierigkeiten gescheitert, weil sämtliche nach Wasser in Betracht kommenden Stoffe unerwünschte Eigenschaften besitzen, wie hoher Preis, Giftigkeit, leichte Entzündbarkeit, chemische Veränderlichkeit u. dgl. Dies gilt auch für die oben besprochene Abwärmekraftmaschine.

## 22. Ebbe- und Flutanlagen usw.

Es wurde schon öfters versucht, die Ebbe und Flut des Meeres, die eine Folge der Erddrehung und der Massenfernwirkung der Sonne und des Mondes ist, zur Krafterzeugung auszunützen. Eine derartige Anlage besteht z. B. aus einem genügend großen Wasserbecken, das durch einen Kanal mit dem Meere in Verbindung steht. In den Kanal sind Tore oder Klappen derart einzubauen, daß sie sich bei eintretender Flut infolge des auf sie ausgeübten Wasserdruckes selbsttätig öffnen und Wasser in das Becken einströmen lassen. Bei Eintritt der Ebbe schließt das herausströmende Wasser die Tore, so daß in der Folge ein Höhenunterschied zwischen dem Wasser im Becken und demjenigen im Meere entsteht. Ein zweiter von dem Becken abzweigender Kanal führt das Wasser einer Turbinenanlage zu. Da das zur Erzielung einer größeren Leistung erforderliche Wasserbecken bedeutende Abmessungen bekommt, so verursacht dieses ganz erhebliche Kosten. Auch sind für größere Anlagen teure Kanäle und Schützenanlagen notwendig, da selbsttätig schließende Tore höchstens für kleinere Verhältnisse in Betracht kommen.

In den letzten Jahren wurde mehrfach in Tagesblättern und in Zeitschriften über das Projekt eines Elektroflutwerks bei Husum an der friesischen Nordseeküste berichtet. Das Kraftwerk war so gedacht, daß durch Eindeichung von etwa 1600 ha Wattenflächen zwischen dem schleswigschen Festland und der Insel Nordstrand ein vom Meer fest abgegrenztes Wasserbassin geschaffen wird, das in ein Hoch- und ein Niederbassin unterteilt ist. Durch diese Bassins sollte mit Hilfe zweckentsprechender Schützenanlagen eine Wasserhöhendifferenz von mindestens 80 cm zwischen dem einen oder anderen Bassin und zwischen dem Meere dauernd erreicht werden. Dieses Gefälle sollte alsdann dazu dienen, um 10—12 Wasserturbinen von insgesamt 5000 PS Leistung zu treiben. Die von den Turbinen erzeugte Leistung sollte in elektrische Energie umgesetzt und durch ein Leitungsnetz den verschiedenen Stromverbrauchern zugeführt werden. Man hoffte hierbei, den elektrischen Strom wesentlich billiger als sonst liefern zu können. Die Anlagekosten des Elektroflutwerks wurden auf annähernd 5 Millionen Mark berechnet.

Es ist kaum anzunehmen, daß dieses vielbesprochene Projekt zur Ausführung reif ist. Einmal ist mit ziemlicher Sicherheit vor auszusehen, daß die Anlagekosten mehr als das Doppelte des berechneten Betrages ausmachen werden und außerdem soll das Absatzgebiet für elektrische Energie in der Umgebung von Husum ein ungünstiges sein. Endlich ist noch sehr die Frage, ob die dortige Küstengegend für die Ausnutzung von Ebbe und Flut geeignet ist.

Daß es mit der schon so oft vorgeschlagenen Ausnützung der Kraft der Gezeiten nicht vorwärts geht, liegt nicht daran, daß es der heutigen Technik an geeigneten hydraulischen oder pneumatischen Einrichtungen fehlt, sondern daran, daß die tatsächlich verfügbaren Gefällshöhen klein sind, und daß die Erd-, Gründungs- und Bauarbeiten zu kostspielig ausfallen. Denn die Wasserbauten an den der Ebbe und Flut ausgesetzten Küsten müssen außerordentlich solide und stark hergestellt werden. An unserer deutschen Nordseeküste rechnet man mit der Sturmfluthöhe von 1825, die 6—7 m über Normalnull erreichte; dazu kommt die Eisefahr, der Seegang bzw. die Stoßkraft der Wellen, die schwimmenden und treibenden Gegenstände, die oft mit großer Gewalt gegen die Bauwerke geschleudert werden, die Bohrwürmer und Bohrmuscheln, die Holz und Steine zerstören, der Salzgehalt, der das Eisen zum Rosten bringt und zu wenig dichten Beton angreift usw. Außerdem ist meist schlechter Boden vorhanden, der zu teuren Gründungen zwingt.

Ein gutes Beispiel dafür, wie die Flut gegen Menschenwerk wütet, bietet Helgoland. Derartige Arbeiten lassen sich, angesichts der Steigerung der Arbeitslöhne, höchstens aus strategischen Gründen rechtfertigen, nicht aber aus wirtschaftlichen.

Ein weiterer Grund, der gegen die Ausnützung der Meeresgezeiten spricht, liegt endlich darin, daß dieselben eine außerordentlich schwankende Energiequelle darstellen. Die als „Tidenhub“ bezeichnete Höhendifferenz zwischen Flut- und Ebbespiegel ist fortwährend täglichen, monatlichen und halbjährlichen Änderungen unterworfen; teils sind sie periodisch und annähernd berechenbar, sehr häufig jedoch von der Wetterlage stark beeinflusst und deshalb höchst launenhaft, den gewöhnlichen Tidenhub um mehr als das Doppelte überschreitend, ja auch ganz zum Verschwinden bringend. Außerdem pendelt die Mittelwasserhöhe, die sich als Mittel zwischen Flut- und Ebbespiegel berechnet, beständig mit teilweise erheblichen positiven und negativen Verschiebungsbeträgen um den mittleren Meeresspiegel. Der weitere Umstand, daß die Kraft der Gezeiten nicht ununterbrochen, sondern in je 25 Stunden zweimal, bald bei Tag und bei Nacht, bald morgens und abends, zur Verfügung steht, während dazwischen in höchst unerwünschter Weise jedesmal die Kraftgewinnung ruhen muß (falls nicht große Akkumulatoren errichtet werden), läßt diese Kraftquelle für praktische Bedürfnisse heute noch nicht als ausbauwürdig erscheinen.

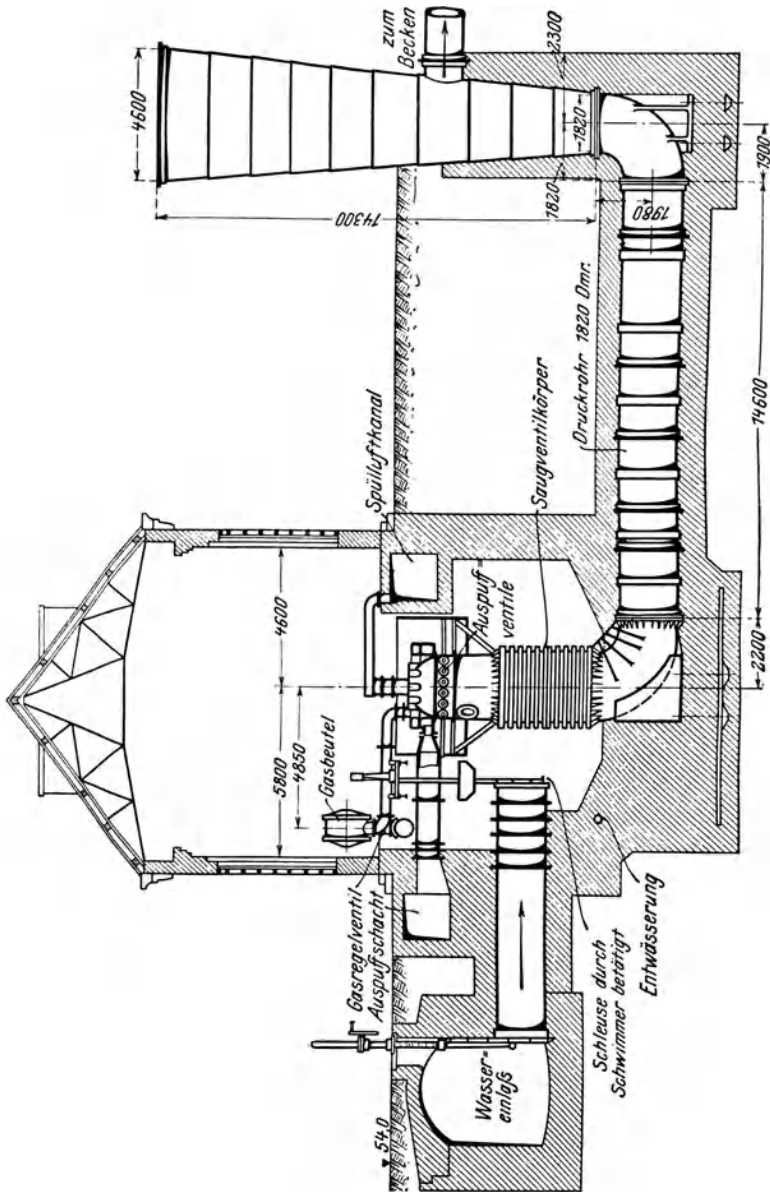


Fig. 30. Längsschnitt durch die Humphrey-Pumpen-Anlage des Chingford-Behälters in London (Maßstab 1 : 250).

Auch die Ausnützung der Wellenbewegung des Meeres, insbesondere an der Küste, wurde schon häufig angeregt. Weiter wurde vorgeschlagen, die Erde als Thermoelement zu benützen, was in Anbetracht der verschiedenen Temperaturen im Erdinnern und an

der Oberfläche — wenigstens technisch — nicht unmöglich erscheint. Auch die Schwankungen des Druckes und der Temperatur der atmosphärischen Luft wurden schon in kleinerem Umfang, wie z. B. zum Antrieb von öffentlichen Uhren, ausgenützt.

Verhältnismäßig alt ist endlich der Gedanke, die Wärme der Sonnenstrahlen unmittelbar zu Kraftzwecken auszunützen. Die erste größere Ausführung eines Sonnenmotors stammt aus dem Anfang dieses Jahrhunderts. Es war dies ein 10 PS-Motor, der in Kalifornien unweit von Los Angeles aufgestellt und zum Betriebe eines Wasserpumpwerkes verwendet wurde. Hierbei wurden die Sonnenstrahlen mit Hilfe eines großen Reflektors, der sich mittels eines Uhrwerkes dem Stand der Sonne entsprechend einstellte, gesammelt und konzentriert. In dem Brennpunkt befand sich ein Dampfkessel, dessen Wasserinhalt durch die daselbst herrschende große Hitze verdampft wurde. Der Dampf diente alsdann zum Betrieb einer Dampfmaschine, die ihrerseits eine Pumpe betätigte.

Wenn heute von allen diesen in der Natur vorhandenen Kraftquellen noch kein nennenswerter Gebrauch gemacht wird, so ist dies darauf zurückzuführen, daß unsere Wärme- und Wasserkraftmaschinen die Arbeit bequemer und vor allem wohlfeiler erzeugen. Jedoch ist vorauszusehen, daß die Menschen in Hunderten von Jahren, wenn die Brennstofflager der Erde ihrer Erschöpfung nahe sind, auf diese natürlichen Kraftquellen zurückgreifen werden.

Zum Schlusse sei noch der Humphrey-Pumpe gedacht (Fig. 30). Es ist dies gewissermaßen ein Gaswidder, da hier Gaskraft unmittelbar in Wasserhebearbeit umgesetzt wird<sup>1)</sup>. Trotz der unmittelbaren Energieumsetzung ist jedoch der Brennstoffverbrauch der Humphrey-Pumpe infolge der geringen Kompression nicht niedriger als bei einer modernen Verbrennungsmaschine mit Pumpe. Da die Zahl der Arbeitstakte (Schwingungen) im Vergleich zu Verbrennungsmaschinen sehr klein ist, so erfordert die Humphrey-Pumpe für eine bestimmte Leistung bedeutende Abmessungen und Anschaffungskosten. Sie ist deshalb in der Anschaffung und im Betrieb teurer als eine Verbrennungsmaschine mit Pumpe und kommt zudem nur für verhältnismäßig kleine Förderhöhen (entsprechend dem mittleren Gasdruck) in Betracht.

## Elektrische Kraftanlagen.

### 23. Elektrische Übertragung und Verteilung der Energie.

Soll mechanische Energie auf größere Entfernungen übertragen werden, so bedient man sich heute ausschließlich der elektrischen Kraftübertragung. Drahtseilübertragungen von so großer Länge, wie

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1913, S. 885 u. f.

sie in früheren Jahren ausgeführt wurden, kommen heute nicht mehr zur Anwendung.

Seit der ersten größeren elektrischen Kraftübertragung von Lauffen a. N. nach der Internationalen elektrotechnischen Ausstellung zu Frankfurt a. M. im Jahre 1891 hat die Elektrotechnik gewaltige Fortschritte zu verzeichnen. Sowohl die Maschinen, als auch die Transformatoren und die Leitungsanlagen wurden in der Zwischenzeit bedeutend vervollkommen. Hand in Hand mit diesen Verbesserungen ging eine Verringerung der mit der Umwandlung und der Weiterleitung der Energie verbundenen Verluste.

Während sich für Beleuchtungsanlagen von geringer örtlicher Ausdehnung im allgemeinen der Gleichstrom als zweckmäßiger erwiesen hat, wendet man für Kraftübertragungen sowie für ausgedehntere Lichtanlagen (Versorgung ganzer Städte) vornehmlich Wechselstrom, und zwar insbesondere Drehstrom an. Der Vorteil des Drehstroms, wie überhaupt des Wechselstroms, vor dem Gleichstrom liegt in der Möglichkeit der Verwendung sehr hoher Spannungen; die Erhöhung und Erniedrigung der Spannung ist nämlich bei Wechselstrom sehr einfach und ohne große Verluste mit Hilfe ruhender Transformatoren möglich.

Die Verwendung hochgespannten Stromes für Kraftübertragungen ist um so wichtiger, je größer die zu überwindenden Entfernungen und die zu übertragenden Energiemengen sind. Um den Querschnitt der Leitung und damit auch deren Kosten herabzusetzen, benützt man meist Spannungen zwischen 2000 und 10000 Volt. Bei großen Kraftübertragungsanlagen und sehr großen Entfernungen geht man mit der Spannung weit höher, bis 100000 Volt und darüber. Man hat so die Möglichkeit, auch minderwertiges Brennmaterial, das den Transport nicht lohnt, am Orte seiner Gewinnung auszunützen.

Speziell der Drehstrom hat für die elektrische Kraftübertragung noch den Vorzug, daß sich bei demselben die einfachsten und betriebssichersten Motoren ergeben. Diese Vorzüge des Wechselstroms im allgemeinen und diejenigen des Drehstroms im besonderen machen es erklärlich, daß man heute für die elektrische Kraftübertragung fast ausschließlich Drehstrom anwendet. Speziell für Straßenbahnen zieht man meist Gleichstrom vor, weil hier gegenüber Drehstrom nur eine einzige Drahtleitung nötig ist, und weil der Gleichstrommotor den Vorzug einfacherer und wirtschaftlicherer Tourenregulierung besitzt. Auch für Vollbahnen dürfte mehr und mehr Gleichstrom wegen der besseren Regulierbarkeit und dem einfacheren Aufbau des Gleichstrommotors bevorzugt werden. Jedoch wird auch einphasiger Wechselstrom für Bahnzwecke verwendet, seltener dagegen Drehstrom.

Im übrigen ist zu sagen, daß über die zweckmäßigste Stromart für Vollbahnen die Meinungen der Fachleute geteilt sind. In Deutschland, Schweden, Frankreich, Schweiz und Österreich zieht man einphasigen Wechselstrom, in England, Ungarn, Amerika und Australien den Gleichstrom und in Italien den Drehstrom vor.

## 24. Elektromotoren.

Die Entwicklung, die der Bau von Elektromotoren seit dem Anfang dieses Jahrhunderts genommen hat, beruht teils auf der Verbesserung der verwendeten Materialien, vor allem der Isolierstoffe, teils auf der durch die zunehmende Verbreitung der Elektromotoren ermöglichten Massenfabrikation und der damit zusammenhängenden präziseren Arbeit.

Die größere Präzision der Ausführung ist eine Folge weitgehenden Ersatzes der Handarbeit durch die Maschinenarbeit, insbesondere aber eine Folge der Verbesserung der Fabrikations- und Arbeitsmethoden im allgemeinen. Durch letztere wurde es ermöglicht, den Luftzwischenraum zwischen Rotor und Stator und damit auch die Verluste durch Streuung der Magnetfelder auf ein Minimum herabzudrücken.

Durch diese Verbesserungen wurde der Wirkungsgrad der Elektromotoren gegenüber früher erhöht, d. h. der Stromverbrauch pro PS-st herabgesetzt.

Im übrigen ist festzustellen, daß auch die Elektromotoren heute bedeutend knapper bemessen werden, als früher. Sowohl das Kupfer, als auch das Eisen werden wesentlich höher beansprucht und annähernd voll ausgenützt, um die Gewichte und Preise der Motoren nach Möglichkeit zu vermindern. Man geht mit der Bemessung der Kupferquerschnitte meist so weit herunter, daß die Erwärmung der Wicklungen gerade noch unter den in den Verbands-Normalien festgesetzten Grenzen bleibt. Beim Eisen wird die Magnetisierung bis nahe an die Sättigungsgrenze getrieben. Moderne Elektromotoren sind deshalb nicht mehr so überlastbar wie ältere Fabrikate, deren Leistung häufig bis zu 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und mehr ohne Schädigung irgendwelcher Teile gesteigert werden konnte. Dabei ist die Tourenzahl der Motoren erheblich höher als früher.

Die Tourenzahl der Elektromotoren ist verschieden, je nach ihrer Leistung. Kleine Motoren machen bis zu 1500 Umdrehungen pro Minute und darüber; bei größeren geht die Tourenzahl bis auf 800 und weniger herunter. Für besondere Zwecke, wie Antriebe von Werkzeugmaschinen u. dgl., werden jedoch auch langsamlaufende Motoren hergestellt, die direkt mit den Arbeitsmaschinen zusammengebaut werden. Dieselben sind im Preis naturgemäß entsprechend teurer.

Man baut heute Elektromotoren von den kleinsten Leistungen an bis hinauf zu Leistungen von mehreren tausend Pferdestärken. Die größten Motoren werden heute von Walzwerken angewendet. Es wurden bereits Motoren zum direkten oder indirekten Antrieb von Walzenstraßen bis zu Leistungen von 20000 PS aufgestellt (Fig. 34).

Am häufigsten werden heute mit Rücksicht auf die mit Drehstrom arbeitenden Überlandwerke Drehstrommotoren (Fig. 32 u. 33)



verwendet, seltener dagegen Gleichstrommotoren (Fig. 31). Der Drehstrommotor ist dem Gleichstrommotor für die meisten elektrischen Antriebe überlegen, da er der einfachste und betriebssicherste Motor ist. Die Motoren für Drehstrom, und zwar die fast ausschließlich in Betracht kommenden asynchronen Typen, laufen, ebenso wie die Gleichstrommotoren, unter voller Belastung an, haben jedoch gegenüber den letzteren den Vorteil, daß sie keinen Kommutator besitzen. Dieser ist der empfindlichste und teuerste Teil des Gleichstrommotors.

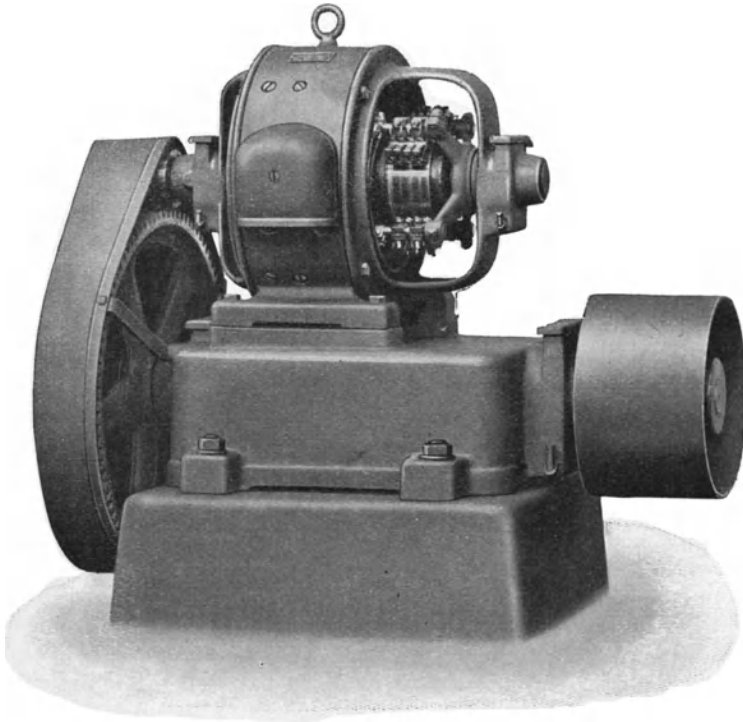


Fig. 31. Gleichstrom-Nebenschlußmotor von 5,5 PS ( $n = 750$ ) mit Zahnradvorgelege, Ausführung der Siemens-Schuckert-Werke.

Kleinere Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker (Fig. 33) besitzen überhaupt keine der Abnutzung unterworfenen stromführenden Teile, bedürfen demnach so gut wie keiner Wartung. Größere Drehstrommotoren mit Schleifringanker (Fig. 32) besitzen zwar Schleifringe und Bürsten; jedoch werden die Bürsten nach erfolgtem Anlassen in der Regel abgehoben und der Anker kurz geschlossen, so daß im normalen Betriebe ebenfalls keine der Abnutzung unterworfenen stromführenden Teile vorhanden sind.

Für Straßenbahnen und auch für Vollbahnen hat der Gleichstrommotor den Vorzug einfacher und wirtschaftlicher Tourenregu-

lierung. Bei Drehstrommotoren ist die Geschwindigkeitsregulierung schwieriger; hier wird die Tourenzahl in der Regel durch Vorschalten

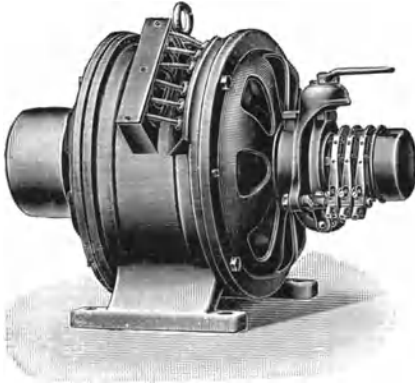


Fig. 32. Drehstrom-Kleinmotor mit Kurzschluß- und Bürstenabhebe-Vorrichtung, Ausführung der Siemens-Schuckert-Werke.



Fig. 33. Geschlossener Motor mit Kurzschlußanker für stark staubige oder schmutzige Räume, Ausführung der Siemens-Schuckert-Werke.

von Widerständen reguliert, was naturgemäß nicht ökonomisch ist. Man ist zwar schon seit einiger Zeit bestrebt, eine besondere Art

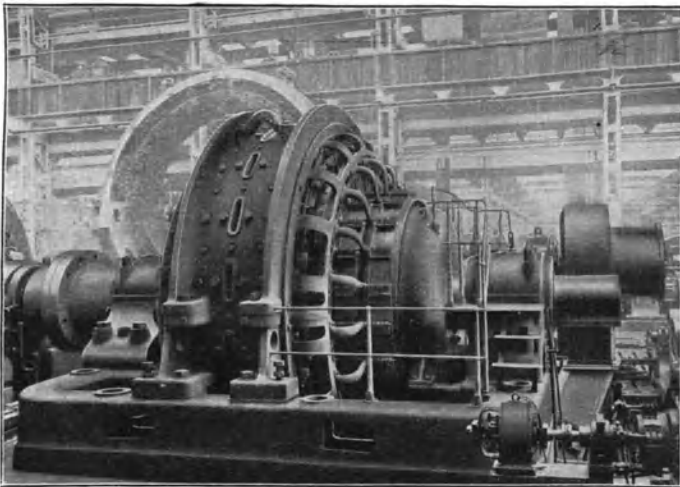


Fig. 34. Walzwerksmotor für 20000 PS, Höchstleistung, Ausführung der Siemens-Schuckert-Werke.

von Wechselstrommotoren mit Kollektor auszubilden, die eine wirtschaftlichere Tourenregulierung ermöglichen. Jedoch ist dieser Motortyp noch nicht so weit entwickelt, daß seine allgemeine Einführung

schon heute in Betracht käme; dabei ist noch zu beachten, daß der Kollektormotor gewissermaßen ein Mittelding zwischen einem Gleichstrommotor und einem Wechselstrommotor ist, der naturgemäß die Nachteile beider Motorarten in sich vereinigt.

Motoren für ein- und zweiphasigen Wechselstrom werden nur dort angewendet, wo andere Stromarten nicht zur Verfügung stehen, weil diese Motoren den Gleichstrom- und Drehstrommotoren in mehrfacher Hinsicht unterlegen sind.

Die für gewerbliche Motoren üblichen Gebrauchsspannungen betragen je nach Ausdehnung der Anlage und den örtlichen Anforderungen 110, 220 oder 440 bzw. 500 Volt. Die Motoren elektrischer Straßenbahnen arbeiten in der Regel mit Spannungen von 500 bis 600 Volt.

Wo es sich um den Betrieb einzelner größerer Motoren handelt, für die die Aufstellung eines besonderen Transformators mit Rücksicht auf die damit verbundenen Anschaffungskosten und Verluste vermieden werden soll, kann man auch direkt an das Hochspannungsnetz anschließen. Motoren für Spannungen von 2000—5000 Volt bilden heute keine Seltenheit mehr. 2000 Volt-Motoren werden bereits von 20 PS aufwärts gebaut und solche für 5000 Volt von 100 bis 150 PS aufwärts.

## 25. Großkraft- und Überlandwerke.

Das nicht selten durch behördliche Unterstützung geförderte Streben nach Elektrizitätsversorgung weiter Gebiete von einigen wenigen großen Kraftwerken aus hat in neuerer Zeit zu dem Bau zahlreicher Überland- bzw. Großkraftwerke geführt. Dieselben sind hauptsächlich aus dem Bestreben hervorgegangen, das flache Land mit billigem Kraftstrom zu versorgen, ähnlich wie dies in Städten durch die unter städtischer oder privater Leitung stehenden Elektrizitätswerke geschieht. Den Anstoß zu dem Bau der ersten Überlandwerke hat der Umstand gegeben, daß die städtischen Elektrizitätswerke sich anfänglich in erster Linie den Verkauf von Lichtstrom angelegen sein ließen, während die Versorgung mit Kraftstrom mehr nebensächlich behandelt wurde. Inzwischen haben sich die Verhältnisse bei den städtischen Elektrizitätswerken geändert. Die Lieferung von Kraftstrom übertrifft heute diejenige von Lichtstrom um ein bedeutendes, da die Elektrizitätswerke erkannt haben, daß die Ausnützung ihrer Anlagen durch den Anschluß von Kraftbetrieben wesentlich verbessert wird.

Wenngleich zuzugeben ist, daß durch die Überlandwerke ein gewisser großer Zug in die Elektrizitätsversorgung kam, durch den mit manchen rückständigen Gepflogenheiten einzelner Werke ausgeräumt wurde, so ist doch nicht zu verkennen, daß dieses Streben auch schon manche Auswüchse gezeitigt hat.

Überlandwerke erscheinen im allgemeinen nur in Gegenden mit vorwiegend industrieller und städtischer Bevölkerung, die einen genügend dichten Kraft- und Lichtkonsum gewährleisten, wirtschaftlich. Wo es sich hingegen um die Stromversorgung räumlich ausgedehnter Bezirke mit vorwiegend ländlicher Bevölkerung handelt, dürfte die Rentabilität von Überlandwerken meist in Frage gestellt sein. Zwar bietet gerade für Landgemeinden die Versorgung mit billiger elektrischer Energie große Vorteile; jedoch ändert dies nichts an der Tatsache, daß hier wegen des unbedeutenden, sich in der Hauptsache auf die Herbstzeit zusammendrängenden Konsums verhältnismäßig weniger Stromabnehmer ein ausgedehntes und weitverzweigtes Leitungsnetz herzustellen ist, das, ebenso wie die Kraftanlage, der Höchstbelastung entsprechen muß. Dieses Leitungsnetz bedingt sehr hohe Anlagekosten und damit auch hohe Beträge für Verzinsung und Abschreibung. Eine einigermaßen befriedigende Rentabilität läßt sich in solchen Fällen häufig nur dann herausrechnen, wenn zu dem Mittel abnormal niedriger Abschreibungsquoten gegriffen wird, oder wenn der Unternehmer den Ausfall an Betriebseinnahmen durch Installations- und Materiallieferungs-Gewinne zu decken sucht, oder endlich wenn seitens solcher Gemeinden, deren Anschluß nicht genügend rentabel ist, entsprechend hohe Zuschüsse (Zubußen) an das Überlandwerk geleistet werden.

Über derartige, einem übertriebenen Gründungs- und Zentralisationsbedürfnis entspringende Überlandwerke wird nach Ansicht des Verfassers die an sich gute Sache der elektrischen Übertragung und Verteilung von Energie auf die Dauer nicht gefördert. Denn bei dem heutigen Stande des Kraftmaschinenbaues stellt sich bei objektiver Beurteilung aller in Betracht kommenden Verhältnisse nicht selten heraus, daß die Dezentralisation, d. h. eine größere Zahl von mittleren Elektrizitätswerken ein günstigeres Gesamtergebnis liefert, als einige wenige große Werke, zumal auch die Anlagekosten infolge des billigeren Leitungsnetzes nicht höher ausfallen, als bei einem einzigen Großkraftwerk; vgl. auch die Ausführungen von Stierstorfer am Schluß von Abschn. 58.

Nicht zuletzt ist in diesem Zusammenhang noch darauf hinzuweisen, daß auf dem Gebiete der Elektrizitätsversorgung, ebenso wenig wie auf anderen Gebieten, der freie Wettbewerb ohne Not ausgeschaltet werden sollte. Man schafft sonst indirekt für einzelne Firmen Installations- und Materiallieferungs-Monopole.

Der Strompreis, der von Überlandwerken gefordert wird, ist durchschnittlich höher als derjenige städtischer Elektrizitätswerke. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß bei den letzteren der Konsum ein dichter ist, insbesondere bei gewerbe- und industriereichen Städten, so daß die Kosten für das Leitungsnetz verhältnismäßig niedriger ausfallen.

Anfänglich kam es wohl vor, daß sich benachbarte Überlandwerke hinsichtlich der Strompreise bekämpften. Heute findet meist

auf Grund gegenseitiger Vereinbarungen eine Einigung über die Stromtarife statt. Es ist vor auszusehen, daß sich in nicht zu ferner Zukunft die Überlandwerke auch über eine Erhöhung der Strompreise einigen werden, zumal sich die Erzeugungskosten der elektrischen Energie gegenüber früher erhöht haben. So sind die auf die Betriebsführung und Verwaltung der Werke entfallenden Ausgaben gestiegen. Auch die Preise der Brennstoffe haben sich gegenüber früher erhöht und werden auch in Zukunft ständig anziehen.

Eine wesentliche Erhöhung der Strompreise tritt jedenfalls dann mit Bestimmtheit ein, wenn die früher oder später zu erwartende Verstaatlichung der Überlandwerke zur Tatsache geworden ist. Staatsbetriebe arbeiten bekanntlich teurer als private, da letztere ihr Personal im allgemeinen bedeutend stärker beanspruchen. Dazu kommt noch, daß ein Staatsbeamter sicherer kalkulieren muß als der Leiter eines privaten Unternehmens. Letzterer ist in der Lage, mehr zu riskieren als ein Staatsbeamter, der immer seiner öffentlichen Verantwortlichkeit eingedenk sein muß.

Der von den Elektrizitätswerken bezogene billige Kraftstrom kann, sofern außerhalb der Sperrzeiten für technische Zwecke gearbeitet wird, auch zur Lichterzeugung ausgenutzt werden, in der Weise, daß man einen Elektromotor mit einer Dynamo kuppelt und letztere in Verbindung mit einer Akkumulatorenbatterie zum Lichtbetrieb verwendet.

---

## Zweiter Teil.

# Anschaffungskosten von Kraftanlagen.

## 26. Einleitung.

In den folgenden Abschnitten sind die Anschaffungskosten von Kraftanlagen für verschiedene Leistungen zusammengestellt, und zwar ist hierbei nur der maschinelle Teil einschließlich der Fundamente berücksichtigt. Naturgemäß kommt den angegebenen Preisen nur die Bedeutung von Durchschnittswerten zu, da bekanntlich die Preise im einzelnen Fall oft erheblich voneinander abweichen, je nachdem es sich um das Fabrikat einer größeren oder kleineren Firma handelt und je nachdem der Wettbewerb ein mehr oder weniger starker ist.

Wie ein Vergleich der angegebenen Preise mit denjenigen vor mehreren Jahren ergibt, sind die heutigen Preise infolge des scharfen Wettbewerbs ziemlich gedrückt. Es hat dies zu einer weitgehenden Materialausnutzung und zu einer Erhöhung der Umdrehungszahlen geführt; vergl. in dieser Hinsicht die Ausführungen im Abschnitt 1.

Je größer die Leistung einer Maschine ist, desto niedriger stellen sich bekanntlich die Anschaffungskosten für die Pferdestärke. Die Größe der gewählten Einheiten ist deshalb von wesentlichem Einfluß auf die Gesamtkosten einer Anlage.

Die Anlagekosten für den baulichen Teil wurden im folgenden nicht angegeben, da dieselben je nach der Lage des Grundstücks erheblich schwanken. In den Betriebskostentabellen im Anhang wurde angenommen, daß sich die Kosten für das Maschinenhaus oder den erforderlichen Maschinenraum auf 80 M/qm Grundfläche belaufen. In diesem Betrag sind außer dem Maschinenhaus auch die Kosten des Grund und Bodens enthalten. Dieser Satz stellt einen Mittelwert dar. An kleineren Orten und auf dem flachen Lande wird er wesentlich unterschritten, in großen Städten hingegen kann dieser Betrag übertroffen werden.

Genau genommen müßte das Maschinenhaus auf Grund des umbauten Raums in Rechnung gesetzt werden, da beispielsweise eine stehende Dampfmaschine eine ganz andere Höhe des Maschinenraums verlangt als ein Elektromotor. Es ist deshalb im speziellen Fall richtiger, zu den Kosten des Grund und Bodens die Kosten des umbauten Raums hinzuzuschlagen, die durchschnittlich 10—12 M/cbm betragen.

Während z. B. bei Dampfanlagen ein besonderes Maschinenhaus notwendig ist, kann der Verbrennungsmotor sowie der Elektromotor

unter bewohnten Räumen, gegebenenfalls unmittelbar in den Werkstätten aufgestellt werden. Es wurden deshalb die letztgenannten Motoren insofern ungünstiger behandelt, als für sie der gleiche Satz von 80 M/qm Grundfläche angenommen wurde, obgleich sich hier infolge der Benutzbarkeit des darüber liegenden Raums die Kosten des Grund und Bodens auf mehrere Stockwerke verteilen.

Bemerkt sei, daß die Anschaffungskosten sämtlicher Maschinen auf die maximale Dauerleistung, kurz Dauerleistung genannt, bezogen wurden, um vergleichbare Werte zu erhalten.

## 27. Anschaffungskosten von Dampfkesselanlagen.

Im nachfolgenden sind die Anschaffungskosten von Flammrohr- und Wasserrohrkesseln (Hochleistungstypen) einschließlich selbsttätigem Rostbeschicker bzw. Kettenrost und Montage zusammengestellt. Die Kosten für Überhitzer, Einmauerung, Schornstein usw. sind getrennt aufgeführt. Nicht berücksichtigt sind die Gebäudekosten sowie die Kosten der Rohrleitung zwischen Kessel und Maschine; die letztgenannten Kosten schwanken je nach der Lage von Kessel- und Maschinenhaus innerhalb ziemlich weiter Grenzen.

Zahlentafel 1. Anlagekosten von Flammrohrkesseln mit selbsttätigem Rostbeschicker, ohne Rohrleitung, Betriebsdruck 12,5 at Üb., Dampftemperatur 380° C.

Wasserberührte Heizfläche qm	Einflammrohr-		Zweiflammrohrkessel					
	30	40	50	60	70	80	100	125
Beanspruchung { normal kg/qm	18	18	20	20	20	20	20—22	20—22
{ maximal    "    "	23	23	24	24	24	24	24—27	24—27
Heizfläche des Überhitzers qm	14	20	23	27	31	35	45	57
Schornstein { obere Lichtweite m	0,60	0,60	0,70	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00
{ Höhe über Boden m	25	30	35	35	35	35	40	40
Anlagekosten:								
Kessel samt Armaturen u. Rostbeschicker einschl. Montage . . . . . M.	5400	6200	6600	7200	7600	8900	10200	12000
Überhitzer, einschl. Rohrleitung zwischen Dom u. Überhitzer . . . . . M.	1000	1200	1250	1300	1400	1500	1700	1950
Einmauerung, einschl. norm. Fundament . . . . . M.	900	1000	1200	1400	1900	2200	2400	2900
Speisevorrichtung (Kolbenpumpen) . . . . . M.	500	550	600	700	800	900	1100	1200
Gesamtkosten . . . . . M.	7800	8950	9650	10600	11700	13500	15400	18050
Schornstein mit norm. Fund. u. Blitzableiter . . . . . M.	2400	2600	2800	2900	3000	3500	4200	4600

## Zahlentafel 2.

Anlagekosten von Wasserrohrkesseln (Hochleistungstypen)  
mit Kettenrostfeuerung, ohne Rohrleitung.

Betriebsdruck 12,5 at Üb., Dampftemperatur 380° C.

Normale Dampfleistung 24 kg/qm, maximale Dampfleistung 30 kg/qm.

Wasserberührte Heizfläche qm	100	125	150	180	200	250	300	350	400	
Heizfläche des Überhitzers . qm	43	54	65	76	85	105	125	147	170	
Heizfläche des Economisers qm	64	80	96	120	128	144	192	240	288	
Schornstein {	obere Lichtweite m	0,90	1,00	1,10	1,20	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
		Höhe über Boden m	40	40	40	40	50	50	50	55
Anlagekosten:										
Kessel samt Armaturen und Kettenrostfeuerung, einschl. Montage . . . . . M.	11000	12000	13000	14500	16500	18000	25000	28500	32000	
Überhitzer, einschl. Rohrleitung zwischen Kessel und Überhitzer . . . . . M.	1800	2100	2300	2600	3000	3500	4200	4700	5700	
Einmauerung, einschl. normalem Fundament . . . . . M.	2800	3200	3600	4000	4500	6000	6800	8000	9000	
Speisevorrichtung (Kolbenpumpen) . . . . . M.	1200	1350	1500	1700	1900	2300	2800	3200	3600	
Economiser samt Einmauerung . . . . . M.	3160	3900	4640	5800	6300	7250	9500	11700	13900	
Motor- u. Zwischenvorlegege für Kettenrost . . . . . M.	500	550	600	620	650	650	700	700	750	
Economiser-Motor . . . . . M.	300	300	330	350	400	500	600	650	700	
Wasserreinigungsanlage . . . M.	2400	2600	2900	3300	3600	4600	5700	6300	6900	
Gesamtkosten . . . . . M.	23160	26000	28870	32870	36850	42800	55300	63750	72550	
Schornstein mit normalem Fundament u. Blitzableiter M.	4200	4600	5200	6000	7000	7500	8000	9000	10500	

## 28. Anschaffungskosten von ortsfesten Kolbendampfmaschinen.

Im nachfolgenden sind für einige Maschinengrößen die Anschaffungskosten sowie der ungefähre Platzbedarf zusammengestellt, und zwar letzterer einschl. des zur Bedienung der Maschinen erforderlichen Raums. Die Preise gelten für liegende Heißdampfmaschinen mit Ventilsteuerung und Einspritzkondensation bei einer Eintrittsspannung des Dampfes von 12 at Üb. und einer Eintrittstemperatur von 300—325° C. Normales Fundament und Montage sind inbegriffen, das Gebäude jedoch nicht. Als Ungleichförmigkeitsgrad des Schwungrades (Seilscheibe) ist 1:150 bei Normalleistung angenommen. Werden für die Leistungen von 200 PS<sub>e</sub> und darüber zweikurbelige Verbundmaschinen mit nebeneinander liegenden Zylindern vorgezogen, so erhöhen sich die Preise um ein Geringes.



Zahlentafel 3.  
Kosten von Heißdampf-Kondensations-Maschinen.

Maximale Dauerleistung PS <sub>e</sub>	Bauart	Minutliche Umdrehungs- zahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
80	Einzylinder	180	40	10 000
100	"	160	45	12 500
150	Tandem	150	60	16 500
200	"	150	70	19 000
500	"	150	100	32 000
1000	"	120	200	55 000

### 29. Anschaffungskosten von ortsfesten Dampflokomobilen.

Nachfolgend sind für einige Maschinengrößen die Anschaffungskosten sowie der ungefähre Platzbedarf zusammengestellt, letzterer einschl. des zur Bedienung und zum Ausziehen des Rohrbündels erforderlichen Raums. Die Preise beziehen sich auf Heißdampf-Auspuff-Lokomobilen sowie Heißdampf-Verbund-Kondensations-Lokomobilen mit ausziehbaren Röhrenkesseln und verstehen sich einschließlich Kamin, normalem Fundament und betriebsfertiger Aufstellung, jedoch ohne Gebäude. Für die Maschinengrößen bis einschl. 230 PS<sub>e</sub> Dauerleistung sind Blechkamine angenommen, für die Maschinen von 295 und 415 PS<sub>e</sub> Dauerleistung hingegen gemauerte Schornsteine; die Preise der gemauerten Schornsteine einschl. normalem Fundament wurden zu 3200 bzw. 4200 M. angesetzt.

In den Preisen der Lokomobilen von 140 PS und darüber sind mechanische Rostbeschickungsapparate samt Antrieb einbegriffen.

Die Dampfspannung beträgt 12 at Üb. und die Dampftemperatur 300—350° C.

Zahlentafel 4.  
Kosten von ortsfesten Heißdampf-Lokomobilen<sup>1)</sup>.

Maximale Dauerleistung PS <sub>e</sub>	Bauart	Minutliche Umdrehungs- zahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
20	Einzylinder Auspuff	240	22	5 500
29		230	25	6 500
41		220	30	7 700
48		210	32	8 500
75		200	41	11 500
60	Verbund Kondensation	230	39	12 700
87		220	43	14 500
140		200	56	21 200
230		190	71	30 000
295		180	82	38 000
415		180	102	51 500

<sup>1)</sup> Die aufgeführten Leistungen erscheinen um deswillen unrund, weil sie nicht die Normal-, sondern die Dauerleistung darstellen.

### 30. Anschaffungskosten von Dampfturbinen.

Die Anlagekosten moderner Dampfturbinen mit direkt gekuppeltem Drehstromgenerator, einschl. Oberflächenkondensation mit rotierenden Pumpen, Schalttafel, normalem Fundament und Montage, jedoch ohne Gebäude, sind in Zahlentafel 5 zusammengestellt. Da das wichtigste Anwendungsgebiet der Dampfturbinen dasjenige für den Antrieb elektrischer Maschinen ist, so wird in der Regel nur der Preis der kompletten Turbodynamos angegeben.

Bemerkt sei, daß in dem angegebenen Platzbedarf auch der für die Bedienung nötige Platz einbegriffen ist.

Die Eintrittsspannung und Temperatur des Dampfes sind zu 12 at Üb. und 325—350° C angenommen.

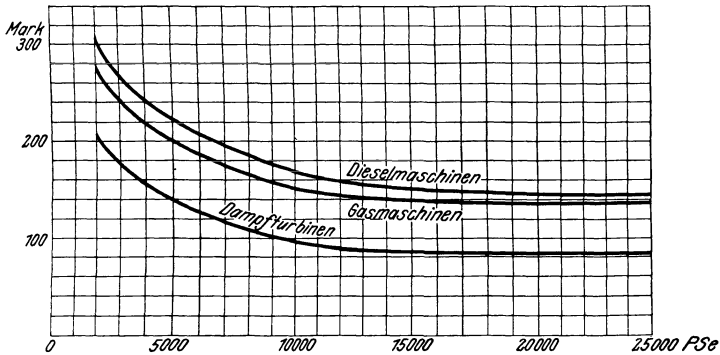


Fig. 35. Anlagekosten von betriebsfertigen Kraftzentralen in Mark für 1 kW installierte PS<sub>e</sub>, bei Aufstellung von mindestens 2 Aggregaten der größtmöglichen Einheit, ohne Grundstücks- und Wasserbeschaffungskosten.

Die Kurven gelten für neu zu errichtende Anlagen bei günstigster Ausnützung der Einheiten.

Zahlentafel 5.  
Kosten von Turbogeneratoren.

Maximale Dauerleistung KW	Minutliche Umdrehungszahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
500	3000	70	60000
1000	3000	85	88000
2500	3000	100	141000
5000	3000	145	270000
10000	1500	200	465000
15000	1000	265	600000

Über die Anlagekosten betriebsfertiger Kraftwerke mit Dampfturbinen geben Fig. 35 u. 36 Aufschluß<sup>1)</sup>. Da bei Turbinenzentralen die

<sup>1)</sup> Diese Abbildungen entstammen einem Aufsatz von M. Gercke in der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ 1913, S. 969 ff.

Wahl der Einheiten eine wesentliche Rolle spielt, so stellen sich die Anlagekosten, je nach den eingebauten Einheiten, als ein Diagrammstreifen dar, dessen untere Grenzkurve die äußerst erzielbaren Werte angibt, während die mittlere Kurve normale Mittelwerte darstellt.

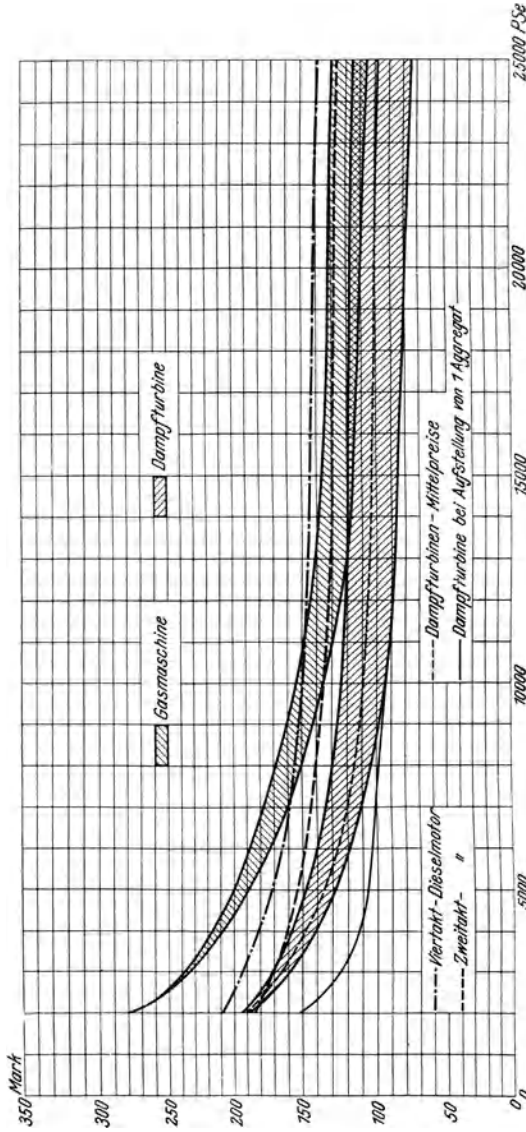


Fig. 36. Anlagekosten für 1 PS<sub>e</sub> von betriebfertigen Kraftzentralen bei Aufstellung von mindestens 2 Aggregaten ohne Grundstücks- und Wasserbeschaffungskosten.

Im Gegensatz zu Fig. 35 bezieht sich diese Figur auf vorhandene Anlagen; die einfachen Kurven der Anlagekosten verweisen sich hier zu breiten Diagrammstreifen, die sich teilweise überdecken. Außer den Marktverhältnissen der Bauzeit, den örtlichen Bauverhältnissen und der Ausstattung der Zentralen verursacht hauptsächlich die Zahl, Größe und Bauart der Kessel- und Maschineneinheiten die auffälligen Unterschiede der Baukosten für eine installierte PS<sub>e</sub>.

### 31. Anschaffungskosten von Gas- und Flüssigkeitsmotoren.

Die Anschaffungskosten moderner Gas- und Flüssigkeitsmaschinen samt Zubehör und Montage, jedoch ausschließlich Gebäude, sind in den Zahlentafeln 6 u. 7 zusammengestellt. In denselben ist auch der ungefähre Platzbedarf einschl. des zur Bedienung nötigen Raums angegeben.

Es wurde jeweils eine liegende Bauart von normaler Umdrehungszahl und eine stehende mit höherer Umdrehungszahl angenommen.

Die Preise für die Leuchtgasmotoren verstehen sich einschl. normalem Fundament und Montage, einschl. Rohrleitungen und An-drehvorrichtung. In den Preisen für die Benzin- und Benzolmotoren ist außerdem noch eine Flügelpumpe nebst zwei Brennstoff-Fässern einbegriffen.

Zahlentafel 6.  
Kosten von Leuchtgasmotoren.

Maximale Dauerleistung PS.	Bauart	Minutliche Umdrehungs- zahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
1	liegend	250	3,5	1000
3	"	250	5	1750
6	"	240	6	2400
10	"	230	7,5	3120
1	stehend	950	2	700
3	"	480	3	1000
6	"	450	3,5	1250
10	"	380	5	1850

Zahlentafel 7.  
Kosten von Benzin- und Benzolmotoren.

Maximale Dauerleistung PS.	Bauart	Minutliche Umdrehungs- zahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
1	liegend	250	3,5	1100
3	"	275	5	1830
6	"	260	6	2550
10	"	240	7,5	3000
1	stehend	750	2	800
3	"	480	3	1100
6	"	450	3,5	1350
10	"	380	5	1900

### 32. Anschaffungskosten von Naphthalin-Maschinen.

Nachstehend sind die Anschaffungskosten liegender Naphthalinmaschinen samt normalem Fundament und Montage einschl. Rohrleitungen und Andrehvorrichtung, jedoch ausschließlich Gebäude angegeben. In die Zusammenstellung wurde auch der ungefähre Platzbedarf einschl. des zur Bedienung erforderlichen Raumes aufgenommen.

Zahlentafel 8.

Kosten liegender Naphthalin-Maschinen.

Maximale Dauerleistung PS <sub>e</sub>	Minutliche Umdrehungszahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
4	360	5,5	2100
6	350	6	2500
8	330	7	2900
10	330	7,5	3300
12	300	8,5	4050
18	250	9,5	5200

### 33. Anschaffungskosten von Hochdruck-Ölmaschinen.

Zahlentafel 9 enthält die Anschaffungskosten moderner Dieselmotoren einschl. Zubehör, jedoch ausschl. Gebäude. Gleichzeitig ist der ungefähre Platzbedarf einschl. des zur Bedienung der Maschinen erforderlichen Raumes angegeben.

In den Preisen sind enthalten Anlaß- und Einblasegefäße, Rohrleitungen, Schutzgeländer, Abdeckungen, Brennstoffgefäße, die normalen Reserveteile, eine Laufkatze sowie ein normales Fundament und die Montage. Für die Motoren von 50 PS aufwärts ist Teerölbetrieb angenommen; in den Preisen dieser Motoren ist noch ein Brennstofftank, die nötigen Anwärmevorrichtungen sowie eine Schmierölfiltiereinrichtung einbegriffen. Für die großen Maschinen ist an Stelle einer Laufkatze ein Laufkran vorgesehen.

Zahlentafel 9.

Kosten von Dieselmotoren.

Maximale Dauerleistung PS <sub>e</sub>	Bauart	Anzahl der Zylinder	Minutliche Umdrehungszahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
12	liegend ein- fachwirkend	1	280	15	5 200
20		1	250	19	7 500
30		1	230	21	9 800

Zahlentafel 9 (Fortsetzung).

Maximale Dauer- leistung PS <sub>e</sub>	Bauart	Anzahl der Zylinder	Minutliche Umdrehungs- zahl	Platzbedarf	Anlagekosten
				qm	M.
50	stehend einfach- wirkend	1	200	20	20 000
100		2	195	25	30 000
150		3	190	37	43 000
200		2	185	56	54 000
300		3	175	65	73 000
500		4	175	80	97 000
800		4	150	90	141 000
1000		4	150	100	170 000
1200		6	150	110	235 000
1500		6	150	120	275 000
1000	liegend doppelt- wirkend	2	125	140	170 000
1500		2	94	170	245 000
2000		2	94	200	290 000
3000		4	94	300	440 000
4000		4	94	400	510 000

Über die Anlagekosten betriebsfertiger Kraftwerke mit großen Dieselmotoren geben Fig. 35 u. 36 Aufschluß.

### 34. Anschaffungskosten von Kraftgasanlagen.

In Zahlentafel 10 sind für verschiedene Maschinengrößen die Anschaffungskosten (ohne Gebäude) sowie der ungefähre Platzbedarf von Sauggasanlagen zusammengestellt. Der Platzbedarf gilt einschl. des zur Bedienung erforderlichen Raumes. Die Preise beziehen sich auf vollständige Generatoranlagen und liegende Motoren mit Präzisionsregulierung. In den Preisen sind einbegriffen die Rohrleitungen, die Druckluft-Anlaßvorrichtung, Schutzgeländer, Abdeckplatten, eine Bedienungsbühne für die Gasanlage, ein normales Fundament sowie die Montage. Für die kleineren Anlagen ist außer dem Naßreiniger ein Kondensator, für die größeren dagegen ein Trockenreiniger angenommen.

Zu den Koks- und Anthrazitanlagen sei bemerkt, daß sich die kleineren Leistungen auf Koksbetrieb, die größeren dagegen auf Anthrazitbetrieb beziehen.

### 35. Anschaffungskosten von Großgasmaschinen<sup>1)</sup>.

Die Anlagekosten moderner Großgasmaschinen einschl. Hilfsmaschinen (Wasserpumpen, Druckluftkompressor), Anlaßgefäße, direkt gekuppeltem Drehstromschwungradgenerator, Schalttafel, Zündein-

<sup>1)</sup> Infolge des neuerdings gegründeten Großgasmaschinen-Verbandes werden die Preise der Großgasmaschinen voraussichtlich anziehen.

richtung, normalem Fundament und Montage, jedoch ohne Gebäude, sind aus Zahlentafel 11 zu entnehmen. Von der Angabe der Kosten für die Gasreinigungsanlagen wurde hier abgesehen, da die Systeme und damit auch die Preise zu verschiedenartig sind.

Zahlentafel 10.  
Kosten von Sauggasanlagen (Generatoranlage und Motor).

Maximale Dauerleistung PS.	Brennstoff	Minutliche Umdrehungszahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
11— 12	Koks und Anthrazit	220	18	5 500
23— 25		210	25	7 500
37— 40		200	30	10 000
47— 50		190	45	15 000
60— 65		190	50	18 000
70— 75		190	55	19 500
78— 85		190	60	22 000
92—100		190	65	23 000
120—125		180	70	28 000
150—160		170	80	34 000
45	Braunkohlen- Briketts	190	45	15 000
50		190	50	16 500
75		190	65	23 500
100		180	70	27 000
130		180	75	31 000
160		170	85	37 000
200		170	100	44 000
300		160	170	64 500
400		160	200	84 000
500		150	250	100 000
1000		115	400	195 000
2000		100	560	340 000
3000		94	750	500 000

Zahlentafel 11.  
Kosten von Gasdynamos.

Maximale Dauerleistung an der Schalttafel PS.	Bauart	Zylinder-Anzahl	Minutliche Umdrehungen	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
1000	Tandem	2	150	140	145 000
2300	„	2	107	210	280 000
3000	„	2	107	270	340 000
3500	„	2	107	290	380 000
4600	Zwill.-Tand.	4	107	450	470 000
6000	„	4	107	510	600 000
7000	„	4	107	560	670 000

Die vorstehenden Kosten beziehen sich auf normale doppeltwirkende Viertaktmaschinen in Tandem- oder Zwillingstandem-anordnung. Durch Anwendung des Spül- und Aufladeverfahrens läßt sich die Leistung der Maschinen bei gleichen Zylinderabmessungen steigern, ihr Preis also verringern.

Über die Anlagekosten betriebsfertiger Großgasmaschinenzentralen geben die Abbildungen 35 und 36 Aufschluß.

### 36. Anlagekosten und Wert von Wasserkraftanlagen.

Die Kosten von Wasserkraftanlagen werden durch eine Reihe von Faktoren beeinflußt. Allgemeine Angaben, ähnlich wie bei Wärmekraftmaschinen, lassen sich hier nicht machen. Es müssen vielmehr die Anlagekosten von Fall zu Fall bestimmt werden. Allgemein läßt sich nur sagen, daß Werke, die höheren wirtschaftlichen und technischen Ansprüchen genügen, in der Regel die Festlegung weit höherer Vermögenswerte verlangen als dies bei Wärmekraftanlagen der Fall ist.

Während bei Wärmekraftanlagen unter sonst gleichen Verhältnissen die Größe bzw. Leistung der Anlage den Anschaffungspreis bestimmt, schwankt der Wert von Wasserkraftanlagen je nach deren Ausnützung und je nach deren Lage und den örtlichen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen.

Die Anlagekosten von Wasserkraftanlagen hängen in erster Linie von der Größe des Gefälls ab. Eine Wasserkraft mit großem Gefälle und kleiner bis mittlerer Wassermenge ist im allgemeinen günstiger als eine solche mit großer Wassermenge und kleinem Gefälle. Dies leuchtet ohne weiteres ein, da im letzteren Falle die Kanäle, Wehre, Schützen und Turbinen weit größere Abmessungen erfordern als im ersteren Falle und daher höhere Anschaffungskosten verursachen. Andererseits jedoch fallen für ein bestimmtes Gefälle die Anlagekosten um so niedriger aus, je größer die vorhandene Wassermenge ist. Denn ein Kanal mit 10 qm benetzter Fläche kostet nicht das Doppelte wie ein solcher von 5 qm.

Der weitaus größte Teil der Anlagekosten entfällt auf den wasserbaulichen Teil. Die Kosten der Turbinen betragen unter normalen Verhältnissen nur etwa 4—12 % der Gesamtkosten, je nach der Größe des Gefälls. Man sollte deshalb an den Turbinen, die das Herz der ganzen Anlage darstellen, nicht sparen, sondern sich stets für die technisch beste Ausführung entscheiden, zumal sich dies durch erhöhte Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit reichlich bezahlt machen kann.

Um ein Bild von der Abhängigkeit der Anlagekosten vom Gefälle zu geben, sei auf eine Zahlentafel hingewiesen, die O. v. Miller in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1903, S. 1006, veröffentlichte. Wie diese Zusammenstellung erkennen läßt, schwan-



ken die auf die Pferdekraft entfallenden Anlagekosten zwischen 180 und 1000 M.

Diese Ziffern stellen jedoch noch nicht die Grenzwerte dar, denn es gibt Anlagen, bei denen die Pferdekraft bis auf 1700 M. kommt, und andererseits solche, bei denen sie nur 70 M. kostet<sup>1)</sup>. Im übrigen ist hier zu bemerken, daß die in der Literatur angegebenen Einheitskosten von Wasserkraftanlagen oft gar nicht miteinander vergleichbar sind, da meist nicht ersichtlich ist, ob sie sich auf die mittlere oder die höchste Leistung beziehen, ob Reservemaschinen einbezogen sind oder nicht usw.

Bei dem Erwerb und dem Ausbau von Wasserkraften handelt es sich zunächst darum, deren Wert festzustellen. In dieser Hinsicht ist zu sagen, daß Wasserkräfte von wenig veränderlicher Größe im allgemeinen wertvoller sind als solche mit stark schwankenden Wasserverhältnissen. Ferner sind Wasserkräfte in Gegenden mit teureren Brennstoffpreisen höher zu bewerten als solche in Gegenden mit niederen Brennstoffpreisen. Und endlich ist für die Bewertung noch von Wichtigkeit, ob eine Wasserkraft gut ausgenützt werden kann oder nicht, sowie ob sie nicht zu weit abseits vom eigentlichen Konsumgebiet liegt.

Es wäre unrichtig, den Wert einer Wasserkraft nur danach zu berechnen, wieviel Kilowattstunden jährlich erzeugt werden können. Es ist vor allem auch die Absatzmöglichkeit genau zu prüfen.

Eine Wasserkraft wird für denjenigen Betrieb den höchsten Wert besitzen, der dieselbe voll auszunützen vermag. Dies trifft im allgemeinen nur für elektrochemische und elektrothermische Betriebe zu. Dagegen können Wasserkräfte für Saisongeschäfte oder überhaupt für Betriebe, die die Kraft schlecht ausnützen, unter Umständen sehr geringen Wert besitzen. Für solche Betriebe ist diejenige Anlage die wirtschaftlichste, die die geringsten Kapitalkosten (Verzinsung und Abschreibung) verursacht. Dies ist im allgemeinen die Wärmekraftanlage.

Ein absolutes Wertmaß, wie es bei den Wärmekraftmaschinen die Herstellungskosten bilden, gibt es demnach für Wasserkräfte nicht. Um sich ein Bild von dem Wert einer Wasserkraftanlage zu verschaffen, muß man deren Betriebskosten mit denjenigen einer gleich großen Wärmekraftanlage in Vergleich setzen.

Wenn die Wirtschaftlichkeit der Wärmekraftanlagen eine Verbesserung erfährt, so wird dies den Wert der Wasserkräfte herunterdrücken; wenn andererseits die Brennstoffpreise und damit auch die Betriebskosten der Wärmekraftanlagen steigen, so erhöht dies den Wert der Wasserkräfte.

Bei dem Vergleich mit der Wärmekraftanlage verfähre man

---

<sup>1)</sup> Vgl. die statistischen Zusammenstellungen in dem Werk „Die Wasserkräfte“ von A. Ludin, Verlag J. Springer, Berlin 1913, S. 1366 ff., sowie im Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1908, dritter Teil, 13. Band, S. 242 ff.

folgendermaßen: Bestimme die direkten jährlichen Betriebskosten der betreffenden Wasserkraftanlage, bestehend aus den Aufwendungen für Bedienung, Verwaltung, Schmierung und Wasserzins; die indirekten Kosten sind ja nicht bekannt, da der Wert der Wasserkraft noch nicht feststeht. Sodann berechne man die gesamten direkten und indirekten jährlichen Betriebskosten einer gleich starken Wärmekraftanlage. Der Unterschied zwischen diesen beiden Beträgen kann für die Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung der Wasserkraftanlage aufgewendet werden.

Veranschlagt man die Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung der Wasserkraftanlage mit insgesamt  $6-8\%$  und kapitalisiert den Unterschied der Betriebskosten entsprechend diesen Prozentsätzen, so hat man den Wert der Wasserkraft. Hierbei erhält man zwei Grenzwerte. Der niedrigere Prozentsatz ergibt den Höchstwert, der gegebenenfalls für die Wasserkraft noch bezahlt werden kann; der höhere Prozentsatz hingegen ergibt den Preis, den die Wasserkraft unter allen Umständen wert ist.

Im übrigen ist hier nicht außer acht zu lassen, daß die Gleichmäßigkeit und die Sicherheit der Kraftlieferung ein wichtiges Moment für die Bewertung von Wasserkraften darstellt. Je gleichmäßiger die Leistung einer Wasserkraftanlage ist und je höhere Betriebssicherheit den Kraftabnehmern gewährleistet werden kann, desto mehr erhöht sich der Verkaufswert der Energie. Es erscheint deshalb in vielen Fällen die Aufstellung einer Aushilfe in Form von Wärmekraftmaschinen oder die Schaffung künstlicher Speicheranlagen (Talsperren) als eine wirtschaftliche Forderung. Allerdings werden durch solche Maßnahmen die Baukosten unter Umständen bedeutend erhöht.

Wo infolge sehr unregelmäßigen Wasserstandes eine Wärmekraftanlage als Reserve benötigt wird, müssen naturgemäß in der obigen Rechnung zu den direkten Betriebskosten der Wasserkraftanlage noch die durch die Wärmekraftanlage bedingten direkten und indirekten Kosten hinzugefügt werden.

### 37. Anschaffungskosten von Windkraftanlagen.

Die folgende Zusammenstellung enthält die Anschaffungskosten von Windkraftanlagen, bestehend aus einem eisernen Windmotor mit selbsttätiger Reguliervorrichtung, einem 15 m hohen eisernen Turmgerüst zum Aufstellen des Windmotors sowie einer senkrechten Transmissionswelle für Maschinenbetrieb nebst den zugehörigen Lagern, Lagerschienen und Kupplung. In den angegebenen Preisen sind die Kosten für normale Fundamente sowie für die Montage eingeschlossen.

Es wurde angenommen, daß die Turmgerüste mit einem doppelten wetterbeständigen Ölfarbenanstrich versehen sind, sowie daß

sie mit bequemen Steigleitern, einem Podium mit Geländer und verschließbarer Luke, mit Sprossen auf allen vier Seiten des Turmes oberhalb des Podiums sowie mit Fußankern und großen eisernen Fußplatten ausgerüstet sind. Auch ist in den Preisen eine Handwinde zum bequemen In- und Außerbetriebsetzen einbegriffen.

Zahlentafel 12.

## Kosten von Windmotoren mit eisernem Turmgerüst.

Windgeschwindigkeit	Raddurchmesser m (engl. Fuß)	Ungefähre Leistung	Anschaffungskosten	
		PS.	M.	
4—5 m/sk	2,5 (8)	0,16	1000	
	3 (10)	0,25	1200	
	4 (13)	0,5	1600	
	5 (16)	1,0	2150	
	6 (20)	1,5	3000	
	7 (22)	2,0	4000	
	8 (25)	2,5	4800	
	9 (30)	3	6000	
	10 (32)	4	6800	
	11 (36)	5	8000	
	12 (40)	6	9500	
6—7 m/sk	2,5 (8)	0,66	1000	
	3 (10)	0,75	1200	
	4 (13)	1,5	1600	
	5 (16)	2,5	2150	
	6 (20)	4	3000	
	7 (22)	5	4000	
	8 (25)	6	4800	
	9 (30)	7	6000	
	10 (32)	8	6800	
	11 (36)	10	8000	
		12 (40)	14	9500

## 38. Anschaffungskosten von Elektromotoren.

Im nachfolgenden sind für einige Maschinengrößen die Anschaffungskosten sowie der ungefähre Platzbedarf von Elektromotoren zusammengestellt. Und zwar wurden Drehstrommotoren angenommen, da Drehstrom heute die beliebteste Stromart für größere Elektrizitätswerke ist. Die Preise verstehen sich einschl. Spannschienen, Anlasser, Schalter, Sicherung, Leitung sowie einschl. Fundament und Montage.

Zahrentafel 13.  
Kosten von Drehstrommotoren.

Maximale Dauerleistung PS <sub>0</sub>	Minutliche Umdrehungszahl	Platzbedarf qm	Anlagekosten M.
1	1400	0,5	250
3	1400	0,75	440
6	1400	1,25	700
10	1400	1,75	960
20	1400	1,9	1150
30	1400	2	1450
50	975	2,5	2100
100	975	3,1	3300
150	975	4,4	4800
200	735	5	6200

### Dritter Teil.

## Betriebskosten von Kraftanlagen.

### 39. Einleitung.

Die Betriebskosten von Kraftanlagen setzen sich aus direkten oder beweglichen Ausgaben und aus indirekten oder konstanten Ausgaben zusammen. Zu den ersteren sind zu rechnen die Ausgaben für Brennstoff, Strom, Wasser und die Betriebsführungskosten, d. s. die Ausgaben für Verwaltung und Bedienung, Schmier- und Putzmaterial, Instandhaltung und Ausbesserungen. Zu den indirekten Ausgaben gehören die Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals, auch Kapitalkosten genannt, sodann Steuern, öffentliche Abgaben, Versicherungen usw. Während z. B. bei Wasserkraftanlagen in der Regel die indirekten Kosten überwiegen, herrschen bei Wärmekraftmaschinen normalerweise die direkten Betriebskosten vor.

Eine Krafterzeugungsanlage arbeitet um so wirtschaftlicher, d. h. die auf die PS-st entfallenden Kosten sind um so niedriger, je höher die durchschnittliche Belastung und die Betriebsdauer ist. Näheres hierüber enthält der nächste Abschnitt.

Bemerkt sei, daß bei einem Vergleich der Betriebskosten verschiedener Maschinengattungen von der gleichen Dauerleistung auszugehen ist.

### 40. Betriebsdauer und Belastung von Kraftanlagen.

Zunächst sei erwähnt, daß der vielfach gebräuchliche Begriff „Benutzungsdauer“ in der Folge nicht verwendet wurde, weil er verschiedene Auslegungen zuläßt und deshalb leicht zu Mißverständnissen Anlaß geben kann. Aus demselben Grunde wurde im nachfolgenden auch der Begriff „Belastungsfaktor“ vermieden, wenigstens in den Wirtschaftlichkeitsrechnungen, und nur der Begriff „Betriebsdauer“ sowie „mittlere Belastung“ benützt. Diese Begriffe können weder von Fachleuten noch von Laien mißverstanden werden.

Die Betriebsdauer eines Motors ist verschieden, je nachdem es sich um einen landwirtschaftlichen, einen gewerblichen oder einen Fabrikbetrieb handelt. In gewerblichen Betrieben schwankt die Betriebsdauer innerhalb sehr weiter Grenzen, je nach Art und Umfang des betreffenden Betriebes. Während bei landwirtschaftlichen

Betrieben die jährliche Betriebsdauer kaum höher als 200 Stunden ist, kann man sie für gewerbliche Betriebe in kleineren Städten zu etwa 800—1000 Stunden annehmen. Da mit der Größe der Stadt auch die gewerbliche Beschäftigung zunimmt, so kommt man in den gewerblichen Betrieben größerer Städte bis auf 2500 Stunden Betriebsdauer und mehr, wobei auch die mittlere Belastung des Motors entsprechend höher ist. Bei kleinen Fabrikbetrieben in Großstädten läuft der Motor während der ganzen Arbeitszeit durch, entsprechend einer jährlichen Betriebsdauer von etwa 3000 Stunden. Bei größeren Fabrikbetrieben kommt auch eine noch größere Betriebsdauer vor.

Schon diese wenigen Angaben lassen erkennen, daß es nicht möglich ist, die Zahl der Betriebsstunden für bestimmte Gewerbe allgemein anzugeben, ebensowenig wie den Kraftbedarf. Es gibt in den meisten Gewerben Betriebe mit kleinem Kraftbedarf und kleiner Betriebsdauer und solche mit größerem Kraftbedarf und größerer Betriebsdauer. Man muß daher stets von Fall zu Fall auf Grund der besonderen Verhältnisse des betreffenden Betriebes ermitteln, wie hoch die Zahl der Betriebsstunden anzunehmen ist. Hierbei hat man zu beachten, daß für die Aufstellung von wirtschaftlichen Vergleichsrechnungen nicht nur die augenblicklich zu erwartende Betriebsdauer maßgebend ist, sondern vielmehr der sich voraussichtlich im Laufe der Jahre ergebende Mittelwert.

Die durchschnittliche Belastung von Kraftmaschinen ist verschieden, je nachdem es sich um einen gewerblichen Betrieb, um einen Fabrikbetrieb oder um ein Elektrizitätswerk handelt. Bei Fabriken mit Lichtbetrieb ist die durchschnittliche Belastung wesentlich schlechter als in Fabriken ohne Lichtbetrieb, d. h. mit Gasbeleuchtung.

Die mittlere Belastung hängt sehr davon ab, ob die Antriebsmaschinen reichlich oder knapp gewählt werden. Wärmekraftmaschinen wird man im allgemeinen nicht zu groß wählen. Denn je geringer deren mittlere Belastung ist, desto größer wird der Einfluß der Verzinsung und Abschreibung auf die Kosten der PS-st und desto höher stellt sich der spezifische Wärmeverbrauch. Bei Elektromotoren hingegen macht es infolge der geringeren Anschaffungskosten wenig aus, wenn der Motor reichlich gewählt und z. B. nur halb belastet wird. Aus diesem Grunde sowie mit Rücksicht auf die geringe Zunahme des Stromverbrauchs bei Teilbelastungen werden Elektromotoren im allgemeinen reichlicher gewählt als Wärmekraftmaschinen. Die mittlere Belastung von Elektromotoren ist daher eine dementsprechend geringere. Die ungünstigsten Belastungsverhältnisse weisen im allgemeinen Einzelantriebe auf (vgl. Abschn. 59).

Nicht zuletzt ist noch zu berücksichtigen, daß die Belastung von Kraftmaschinen in den ersten Jahren meist geringer ist als in den folgenden. Wenn es sich deshalb um Wirtschaftlichkeitsrechnungen handelt, so ist nicht die Belastung im ersten Betriebsjahr maßgebend, sondern der Durchschnitt der vieljährigen Betriebsdauer der Maschine.

Im allgemeinen kann man sagen, daß Kraftmaschinen in Fabrikbetrieben während der Arbeitszeit bedeutend besser und gleichmäßiger ausgenutzt werden, als solche in Elektrizitätswerken (natürlich ohne Bahnbetrieb, der besonders günstig ist<sup>1)</sup>). Zwar findet in Elektrizitätswerken, die vorwiegend industrieller und gewerblicher Versorgung dienen, ein guter Belastungsausgleich statt. Jedoch ist dies nur während der Tagesstunden der Fall, da in der Nachtzeit die meisten Fabrikbetriebe stillstehen. Während der Nachtstunden bleibt daher in der Hauptsache nur die Lichtbelastung.

Nimmt man z. B. an, daß die Kraftmaschinen eines Fabrikbetriebes durchschnittlich  $\frac{3}{4}$  belastet sind und daß die jährliche Betriebsdauer 3000 Stunden beträgt, so ergibt sich folgender Belastungsfaktor:

$$\frac{0,75 \cdot 3000}{1 \cdot 8760} = 0,26.$$

Hierbei ist unter Belastungsfaktor das Verhältnis der jährlich geleisteten PS-st zu den bei voller Ausnutzung der Kraftmaschinen möglichen PS-st verstanden.

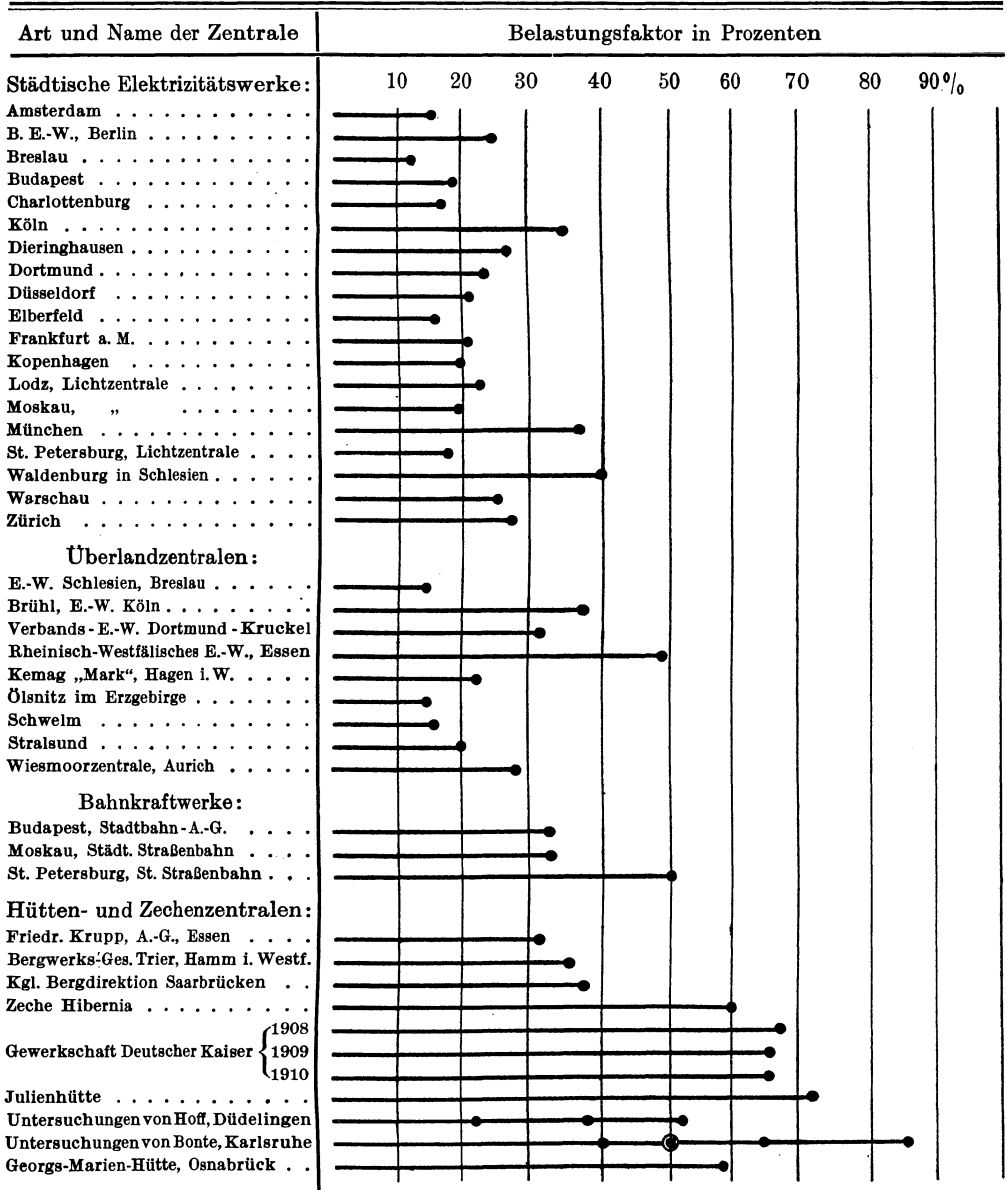
Wenn auch, wie die graphische Darstellung Fig. 37 erkennen läßt, gut ausgenutzte Elektrizitätswerke diesen Belastungsfaktor erreichen, unter Umständen sogar überschreiten, so ist trotzdem die mittlere Belastung von Kraftmaschinen in Fabrikbetrieben eine höhere. Dies ergibt sich schon daraus, daß eine Kraftmaschine bei nur 3000stündigem Betrieb jährlich 5760 Stunden stillsteht, wogegen Elektrizitätswerke auch während der Nachtstunden ausgenutzt werden. Kraftmaschinen in Fabrikbetrieben müssen daher bei gleichem Belastungsfaktor während der Arbeitszeit bedeutend besser und gleichmäßiger belastet werden, als solche in Elektrizitätswerken.

Damit hängt es auch zusammen, daß die Überlandzentralen und Elektrizitätswerke, um ihren eigenen Belastungsfaktor zu verbessern, vor allem die Fabrikbetriebe durch günstige Tarife zu gewinnen suchen.

Wenn allerdings Fabrikbetriebe, nachdem sie sich einmal an ein Elektrizitätswerk angeschlossen haben, die bereits vorhandenen Kraftmaschinen möglichst gleichmäßig belasten und nur den Überschuß und insbesondere den stark schwankenden Lichtbedarf von dem Elektrizitätswerk beziehen, so kann die mittlere Belastung der Fabrik im Elektrizitätswerk sehr ungünstig erscheinen. Auch wird die Möglichkeit, größere Strombezüge jederzeit erhalten zu können, ungünstig auf die mittlere Belastung wirken, während bei begrenzter Kraftabgabe einer Maschinenanlage jeder vorübergehenden Mehrbelastung von selbst ein Riegel vorgeschoben ist. Solche Verhältnisse

<sup>1)</sup> Vgl. auch Zeitschr. d. Bayer. Revisionsvereins 1913, S. 96, rechte Spalte unten. Es wird hier die Richtigkeit obiger Ausführungen durch in letzter Zeit unter normalen Betriebsverhältnissen vorgenommene Versuche des Bayer. Revisionsvereins bestätigt.

Fig. 37. Belastungsfaktoren von verschiedenen Kraftwerken.  
 Nach der Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke, 1912, und anderen  
 Quellen, besonders „Stahl und Eisen“ 1911 und 1912.





dürften es erklären, warum der mittlere Strombezug der an Elektrizitätswerke angeschlossenen Fabriken oft nur halb so groß ist als der größte.

Eine Zusammenstellung der Belastungsfaktoren verschiedener Kraftwerke enthält Fig. 37. Dieselbe entstammt einem Aufsatz von M. Gercke in „Stahl und Eisen“ 1913, S. 969ff.

#### 41. Die Brennstoffe, ihr Heizwert und Preis.

Wird eine Wärmekraftanlage gut ausgenutzt, so entfällt meistens der Hauptteil der Betriebskosten auf die Brennstoffausgaben, zumal bei hohen Brennstoffpreisen.

Man unterscheidet zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen. Die hauptsächlichsten festen Brennstoffe sind Steinkohlen, Braunkohlen und Torf. Unter den flüssigen Brennstoffen kommen vor allem die Destillationsprodukte des Rohpetroleums und des Teers in Betracht; letzterer ist ein Produkt der trockenen Destillation der Steinkohle oder Braunkohle. Zu den gasförmigen Brennstoffen gehören das Kraftgas (Generatorgas) und Leuchtgas sowie das in Hochofen- und Kokereibetrieben als Nebenprodukt anfallende Hochofengichtgas und Koksofengas. Auch das in der Regel mit unterirdischen Erdölablagerungen in Verbindung stehende Naturgas sei hier erwähnt. Dasselbe kommt in Pennsylvanien, Baku usw. vor und bildet am Orte seiner Gewinnung eine sehr geschätzte Kraftquelle.

Andere Gase, wie Azetylgas, Blaugas, Luftgas (Aerogengas) spielen für die Krafterzeugung keine Rolle.

Für Dampfkraftanlagen können alle Arten von Brennstoffen verwendet werden; bei Verbrennungskraftmaschinen hingegen ist man in bezug auf die zu verwendenden Brennstoffe beschränkt.

Die wichtigsten Brennstoffe sind die festen, und von diesen wieder die Steinkohlen. Man unterscheidet hier für gewöhnlich zwischen Magerkohlen und Fettkohlen. Unter den ersteren versteht man eine Kohlenart, die nur geringe Mengen flüchtiger, d. h. gasbildender Bestandteile (Kohlenwasserstoffe) enthält. Die magerste und zugleich die hochwertigste Kohle ist der Anthrazit. Im Gegensatz zur Magerkohle ist die Fettkohle reich an flüchtigen Bestandteilen. Fettkohlen verbrennen deshalb mit heller langer Flamme; sie backen in der Hitze leicht zusammen (Backkohlen). Man bezeichnet sie auch als langflammige Kohlen im Gegensatz zu den mit kurzer Flamme verbrennenden Magerkohlen. Am häufigsten kommen in Deutschland langflammige Kohlen sowie ein Gemisch von Mager- und Fettkohlen für den Dampfkesselbetrieb zur Verwendung.

Scharf bestimmte Normen zur Unterscheidung der verschiedenen Steinkohlen bestehen nicht. Im Ruhrgebiet gelten für Magerkohlen als obere Grenze der flüchtigen Bestandteile etwa 12<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, für Fett-

kohlen als untere Grenze der flüchtigen Bestandteile etwa 18<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Am gasreichsten sind die sogenannten Gas- und Gasflammkohlen. Letztere finden unter anderem auch für Dampfkessel, insbesondere als Grus, nicht selten Verwendung.

Die Bewertung der Brennstoffe erfolgt in erster Linie auf Grund ihres Heizwertes. Letzterer richtet sich im wesentlichen nach der Menge des Kohlenstoff- und Wasserstoffgehaltes des Brennstoffs.

Unter dem Heizwert eines Brennstoffs versteht man die Zahl der Wärmeeinheiten bzw. Kalorien, die bei vollständiger Verbrennung von 1 kg des betreffenden Brennstoffes entwickelt werden. Man spricht hierbei von einem oberen und einem unteren Heizwert; der erstere wird häufig auch als Verbrennungswärme bezeichnet. Für uns kommt nur der untere Heizwert in Betracht, da in technischen Feuerungen die Verbrennungsprodukte stets gas- bzw. dampfförmig entweichen müssen.

Zur Charakteristik eines Brennstoffes gehört hauptsächlich der Heizwert sowie der Gehalt an Wasser und Asche bzw. mineralischen Bestandteilen. Für die laufende Beurteilung einer Kohle genügt die Untersuchung auf Asche und Wasser, während Heizwertbestimmungen nur bei Probelieferungen oder bei größeren Abweichungen in Betracht kommen. Wenn es sich jedoch um die Durchführung genauer Versuche mit Wirkungsgrad-Ermittlungen handelt, so tut man gut, eine vollständige Untersuchung der Kohle vornehmen zu lassen, wobei noch die Elementarzusammensetzung des Brennstoffs, dessen Verkokung sowie die Zusammensetzung der wasser- und aschefreien Substanz zu ermitteln sind.

Von Wichtigkeit für die Beurteilung einer Kohle ist endlich noch deren Verhalten auf dem Rost. Bildet beispielsweise die Kohle viel dünnflüssige Schlacke, so tropft die letztere durch die Brennstoffschicht hindurch bis auf den Rost, wo sie, durch die Verbrennungsluft abgekühlt, eine Verstopfung der Rostspalten hervorruft. Die Folge ist, daß der Rost öfters geschlackt werden muß und die Verdampfung eine schlechtere wird, als auf Grund des Heizwertes zu erwarten wäre. In solchen Fällen gibt der kalorimetrische Heizwert allein ein zu günstiges Bild von dem Brennstoff.

Will man zwei Brennstoffsorten miteinander vergleichen, so berechnet man deren Wärmepreis, indem man feststellt, wie teuer 10000 WE zu stehen kommen. Ein solcher Vergleich gibt allerdings nicht immer ein einwandfreies Bild, insbesondere bei festen Brennstoffen. Denn es ist hier noch in Betracht zu ziehen, daß sich die Brennstoffe in der Kesselanlage nicht alle gleich gut ausnützen lassen. Auf die Ausnützung des Brennstoffs ist außer seinem Verhalten auf dem Rost noch sein Gehalt an festem Kohlenstoff und an flüchtigen Bestandteilen von Einfluß.

Je niedriger unter sonst gleichen Verhältnissen der Wärmepreis ist, desto geringer stellen sich, gleich günstige Ausnützung im praktischen Betriebe vorausgesetzt, die Brennstoffausgaben pro PS<sub>e</sub>-st. In

Zahlentafel 14 ist für einige der gebräuchlichsten Brennstoffe der derzeitige Marktpreis in Deutschland, der Heizwert und der Wärmepreis angegeben. Letzterer entspricht dem auf 10000 WE umgerechneten Brennstoffpreis.

Zahlentafel 14.

Gewichts- und Wärmepreis verschiedener Brennstoffe.

	Heizwert rd. WE	Preis für 100 kg (bzw. für 1 cbm) frei Verbrauchsstelle M.	Wärmepreis für 10000 WE frei Ver- brauchsstelle rd. Pf.
Steinkohle (hochwertig) . . . . .	7 500	1,60 bis 2,80	2,1 bis 3,7
Anthrazit . . . . .	8 000	2,30 " 3,90	2,9 " 4,9
Braunkohle (hochwertig) . . . . .	5 000	0,90 " 2,20	1,8 " 4,4
Braunkohle (minderwertig) . . . . .	2 500	0,55 " 1,10	2,2 " 4,4
Benzin (zollfrei) . . . . .	10 300	30 " 40	29,1 " 38,8
Benzol . . . . .	9 300	28 " 30	30,1 " 32,3
Gasöl . . . . .	10 000	10 " 15	10,0 " 15,0
Steinkohlenteeröl . . . . .	8 800	4 " 6	4,6 " 6,8
Brennspiritus 90 Vol.-% . . . . .	5 400	46 " 48	85,2 " 89,0
Motorspiritus mit 20% Benzol . . . . .	6 280	25 " 27	39,8 " 43,0
Naphthalin (Sorte I) . . . . .	9 300	10 " 12	10,8 " 12,9
desgl. (Sorte II) <sup>1)</sup> . . . . .	9 300	7 " 9	7,5 " 9,7
Leuchtgas . . . . .	5 000	0,10 bis 0,15 M/cbm	20 " 30
Hochofengas (Gichtgas) . . . . .	900	0,001 " 0,002 "	1,1 " 2,2
Koksofengas . . . . .	4 000	0,004 " 0,008 "	1,0 " 2,0

Die in Zahlentafel 14 angegebenen Heizwerte sind als Durchschnittswerte aufzufassen. Speziell bei den festen Brennstoffen schwankt der Heizwert innerhalb ziemlich weiter Grenzen, je nach deren Wasser- und Aschengehalt, deren Korngröße und deren Lagerzeit. Bei den flüssigen Brennstoffen hingegen treten nur geringe Schwankungen im Heizwert auf.

Da die Preise fester Brennstoffe unter sonst gleichen Verhältnissen von der Lage des Verbrauchsortes, der Korngröße und nicht zuletzt von der Höhe des Konsums abhängig sind, so ist in Zahlentafel 14 jeweils ein unterer und ein oberer Wert angegeben<sup>2)</sup>. Bei flüssigen Brennstoffen ist der Preis nicht so sehr von der Lage des Verbrauchsortes abhängig, da hier die Fracht im Verhältnis zum Gestehtungspreis weniger ins Gewicht fällt, desto mehr aber von den schwankenden Marktverhältnissen sowie außerdem von der Größe des Konsums.

<sup>1)</sup> Diese Sorte Naphthalin ist weniger rein als Sorte I, eignet sich jedoch wohl ebenso gut wie Sorte I zum Motorenbetrieb, da die Verunreinigungen in der Hauptsache im Verflüssigersieb zurückgehalten werden.

<sup>2)</sup> In Fällen, in denen der Brennstoff durch Lagerung oder durch Sieben an Gewicht verliert, ist zu dem Kaufpreis ein entsprechender Zuschlag zu machen, um den Brennstoffpreis im Verbrauchszustand zu bekommen.

Der billigste Wärmepreis ergibt sich, abgesehen von dem Gicht- und Koksogengas, für feste Brennstoffe, und zwar für Stein- und Braunkohlen. Bei flüssigen Brennstoffen stellt sich der Wärmepreis durchweg höher. Den niedersten Preis weist hier das beim Verkoken von Steinkohle anfallende Teeröl auf, den höchsten der Spiritus<sup>1)</sup>. Daraus geht hervor, daß unter Voraussetzung gleich guter Ausnützung die Krafterzeugung mit festen Brennstoffen erheblich billiger sein müßte, als diejenige mit flüssigen und gasförmigen.

Nun ist aber in Wirklichkeit zu berücksichtigen, daß die Wärmeausnützung in den verschiedenen Kraftmaschinen nicht dieselbe ist. Vgl. in dieser Hinsicht Abschn. 42.

Bezüglich des Einkaufs der Brennstoffe sei noch bemerkt, daß Brennstoffe, ebenso wie andere Waren, nach ihrem Nutzwert, d. h. nach ihrem Heizwert eingekauft werden sollten. Denn der Heizwert ist bestimmend für den Wärmepreis und bildet den wichtigsten Maßstab für die Bewertung eines Brennstoffs in wärmetechnischer Hinsicht. Alle Versuche, die Preisbemessung der Brennstoffe auf Grund ihres Heizwertes vorzunehmen, scheiterten jedoch an dem Widerstand der Zechen und des Kohlensyndikates, die sich noch heute prinzipiell dagegen verwahren, bindende Angaben über den Heizwert zu machen.

Der Einwand der Produzenten und Händler, daß auf Grund der Untersuchung einer kleinen Probe der Wert einer großen Lieferung nicht sicher zu bestimmen und eine zuverlässige Probenahme nicht möglich sei, ist nicht stichhaltig. Es muß eben bei der Probenahme mit der größten Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit verfahren werden, damit die zur Untersuchung gelangende Probe auch wirklich der Durchschnittsbeschaffenheit der gesamten Kohlenmenge entspricht. Je ungleichmäßiger nach Stückgröße, Steingehalt und Feuchtigkeit eine Kohle ist, desto größer nehme man die erste Rohprobe und desto sorgfältiger muß die Zerkleinerung und Mischung von Anfang an sein, um einen guten Durchschnitt zu erhalten. Im übrigen sei hier auf die vom Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern in Verbindung mit anderen Fachvereinen und dem Kgl. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde ausgearbeitete und seit langen Jahren mit Erfolg verwendete Vorschrift zur Probenahme von Kohlen hingewiesen.

Naturgemäß kommt, wie bereits erwähnt, für die Beurteilung von Kohlen nicht allein deren Heizwert in Betracht. Wenn aber im praktischen Betriebe die Eignung bestimmter Kohlensorten für eine gegebene Feuerungsanlage einmal festgestellt ist, so hängt der Wert der Kohle von ihrem Heizwert ab. Verbraucher sowie Erzeuger haben ein Interesse daran, diesen zu kennen.

Sehr eingehende Angaben über schwerflüchtige Brennstoffe und ihre Eignung für den Betrieb von Hochdruck-Ölmaschinen finden

---

<sup>1)</sup> Spiritus kommt deshalb heute für die Krafterzeugung so gut wie nicht mehr in Betracht.

sich in der Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1913, S. 1144 u. 1489 ff., worauf hier verwiesen sei.

Was die Ausnützung von Abfallprodukten als Feuerungsmaterial betrifft, so sei hier auf Abschnitt 48 verwiesen.

## 42. Ausnützung der Brennstoffe (Versuchswerte).

Um die in den Brennstoffen aufgespeicherte Energie freizumachen, müssen dieselben zur Entzündung und Verbrennung gebracht werden. Die sich hierbei entwickelnde Wärme kann alsdann direkt, wie bei Verbrennungskraftmaschinen, oder indirekt, wie bei Dampfkraftmaschinen, zur Erzeugung mechanischer Arbeit ausgenützt werden.

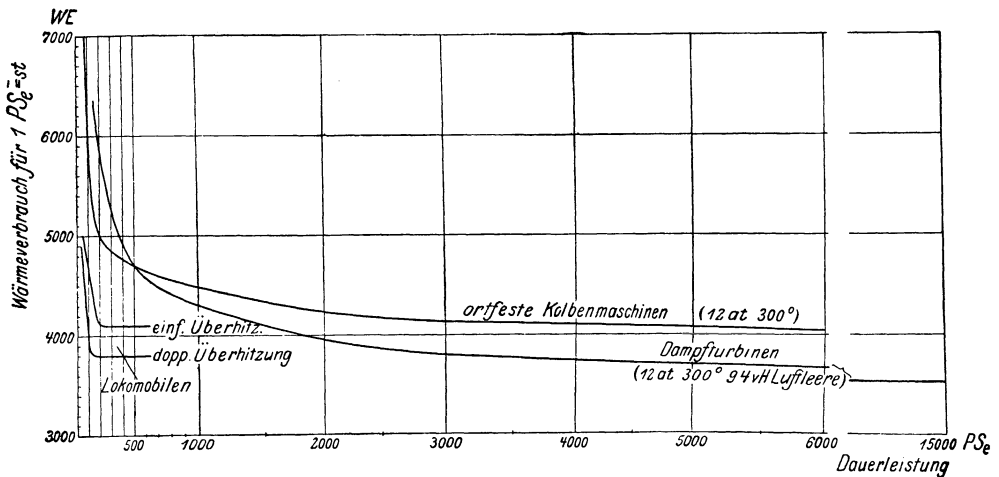


Fig. 38. Spezifischer Wärmeverbrauch von Dampfkraftanlagen mit Kondensation einschl. Kesselanlage im Beharrungszustand, bezogen auf die maximale Dauerleistung, in Abhängigkeit von der Maschinengröße (Versuchswerte).

Bekanntlich ist jede Energieumwandlung mit Verlusten verbunden. Diese Verluste sind teils eine Folge der unvermeidlichen Reibungswiderstände, die in jeder Maschine auftreten, teils eine Folge unvollkommener Arbeitsprozesse. Betrachten wir z. B. die Dampfmaschine: In der Feuerung des Dampfkessels wird durch Verbrennen von Kohle oder dergl. Wärme erzeugt, die das Wasser des Kessels erhitzt und in Dampf verwandelt. Dieser Dampf, dem gewissermaßen die Rolle eines Wärmeträgers zukommt, bewegt vermöge seiner Spannung den Kolben der Dampfmaschine und leistet so mechanische Arbeit. Hierbei entstehen sowohl im Kessel als auch in der Maschine Verluste. Die ersteren rühren in der Hauptsache von der durch den Schornstein abziehenden Wärme sowie von der Wärmeausstrahlung des Kessels her. Die Verluste in der Dampfmaschine sind bedingt

durch die Reibungswiderstände, den Wärmeaustausch, hauptsächlich aber dadurch, daß der Dampf als solcher die Maschine wieder verlassen muß und so den größten Teil der im Frischdampf enthaltenen Wärme nutzlos in die Atmosphäre oder den Kondensator abführt.

Bei Verbrennungsmaschinen, in deren Zylinder Verbrennung und Umsetzung der Wärme in Arbeit zeitlich und örtlich zusammenfallen, wird infolge der unmittelbaren Energieumwandlung eine bedeutend bessere Wärmeausnützung erzielt als bei Dampfmaschinen, wie die Zahlentafel 15 erkennen läßt. In derselben ist der Wärmeverbrauch pro PS<sub>e</sub>-st sowie die Gesamtwärmeausnützung für verschiedene Kraftmaschinen bei Normal- oder Vollbelastung zusammengestellt. Hierbei gelten die kleineren Verbrauchsziffern für vorzüglich ausgeführte und bediente Maschinenanlagen von mittlerer und großer Leistung, während sich die höheren Verbrauchsziffern auf kleine und solche Maschinen beziehen, deren Ausführung, Instandhaltung und Bedienung eine weniger gute ist.

Wo es sich um Kraftbetriebe mit Abwärmeverwertung handelt, ist bei voller Verwertung der Abwärme die Dampf- und die Verbrennungsmaschine in thermischer Hinsicht ziemlich gleichwertig; vgl. Abschn. 51.

Zahlentafel 15.

## Wärmeverbrauch und Wirkungsgrad verschiedener Kraftmaschinen.

Art der Kraftmaschine	Wärme- verbrauch	Gesamtwärme- ausnützung
	WE/PS <sub>e</sub> -st	%
Heißdampf-Auspuffmaschine einschl. Kesselanlage . . . . .	7000 bis 10000	6,3 bis 9
Heißdampfmaschine oder Dampfturbine mit Kondensation einschl. Kessel . . . . .	3500 " 7000	9 " 18,1
Dieselmachine . . . . .	1800 " 2000	31,6 " 35,1
Gasmaschine mit Gaserzeuger (Sauggasanlage)	2800 " 3600	17,6 " 22,6
Gasmaschine ohne Gaserzeuger . . . . .	2300 " 2600	24,3 " 27,5
Benzinmotor . . . . .	2800 " 4000	15,8 " 22,6
Benzolmotor, Leuchtgasmotor . . . . .	2200 " 3500	18,1 " 28,7
Spiritusmotor . . . . .	2000 " 2800	22,6 " 31,6

Die Fig. 38 bis 40 geben ein ungefähres Bild von dem Einfluß der Maschinengröße auf den Wärmeverbrauch pro PS<sub>e</sub>-st im Beharrungszustand, und zwar stellen dieselben jeweils denjenigen Wärmeverbrauch dar, der sich unter Voraussetzung dauernd maximaler Belastung bei Versuchen auf dem Probierstand oder bei Garantieversuchen erzielen läßt. Charakteristisch ist hierbei, daß sich bei Verbrennungsmaschinen und bei Heißdampflokomobilen der Wärmeverbrauch pro PS<sub>e</sub>-st bis herunter zu den kleinen Ausführungen nur wenig mit der Maschinengröße ändert, bei stationären Dampfanlagen

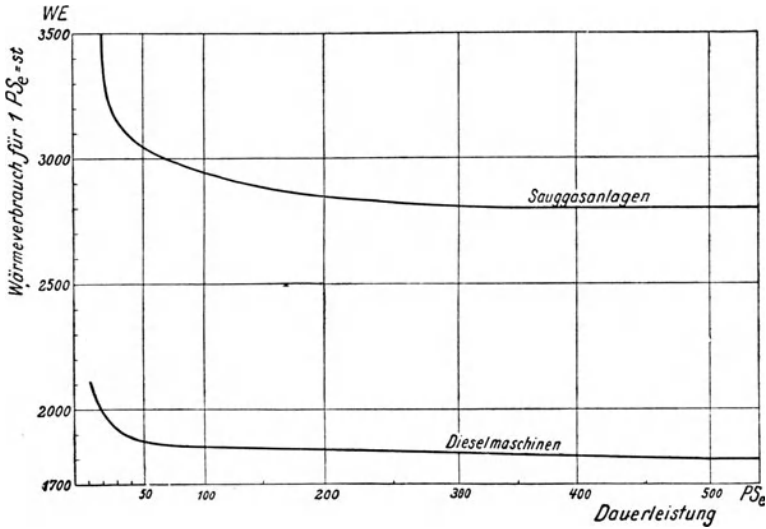


Fig. 39. Spezifischer Wärmeverbrauch von Diesel- und Sauggasanlagen im Beharrungszustand, bezogen auf die maximale Dauerleistung, in Abhängigkeit von der Maschinengröße (Versuchswerte).

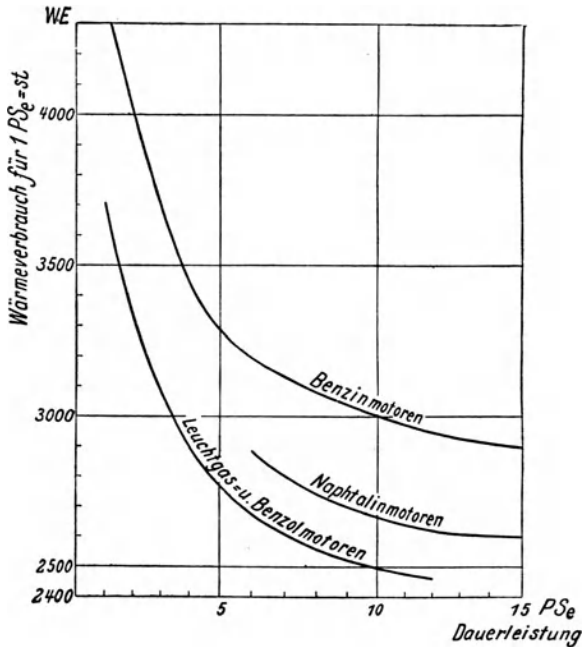


Fig. 40. Spezifischer Wärmeverbrauch von Leuchtgas-, Benzin-, Benzol- und Naphthalinmotoren, bezogen auf die maximale Dauerleistung, in Abhängigkeit von der Maschinengröße (Versuchswerte).

dagegen unter etwa 200 PS ziemlich erheblich. Daß speziell bei Dampfanlagen der Wärmeverbrauch außer von der Maschinengröße auch von der Spannung und Temperatur des Dampfes sowie vom Gegendruck bzw. Vakuum abhängig ist, sei hier nur nebenbei erwähnt.

Den geringsten Wärmeverbrauch und die beste Wärmeausnützung weisen Ölmaschinen nach System Diesel auf, die schlechteste Wärmeausnützung hingegen Dampfkraftanlagen. Während bei den letzteren bis zu rund ein Sechstel der Brennstoffwärme in Nutzarbeit umgewandelt werden kann, lassen sich bei Verbrennungsmaschinen bis zu rd. ein Drittel der Brennstoffwärme, also etwa das Doppelte, nutzbar machen. Damit hängt es zusammen, daß Ölmaschinen trotz des höheren Wärmepreises der verwendeten Treiböle doch meist geringere Brennstoffkosten verursachen als Dampfmaschinen.

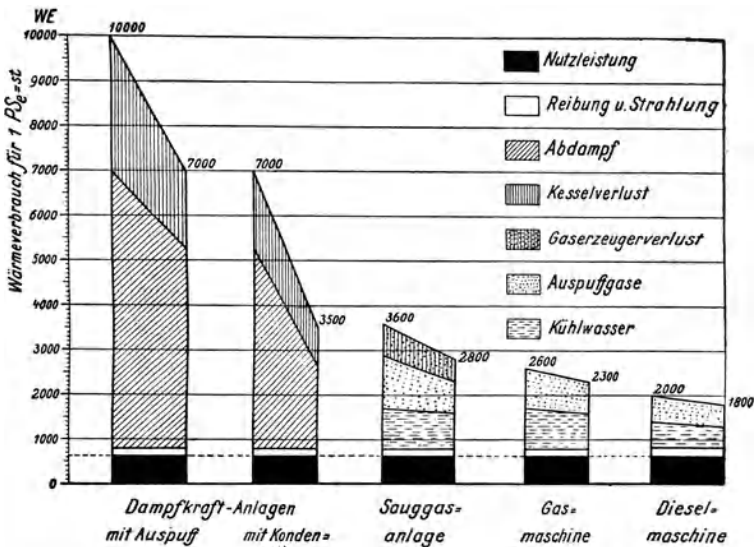


Fig. 41. Wärmebilanz verschiedener Wärmekraftmaschinen (Zahlentafel 15).

### 43. Brennstoffverbrauch im praktischen Betrieb. Betriebszuschläge.

Über den Brennstoffverbrauch normal oder voll belasteter Maschinen im Beharrungszustand gibt Zahlentafel 16 Aufschluß. Hierbei gelten die kleineren Verbrauchsziffern für vorzüglich ausgeführte und bediente Maschinenanlagen von mittlerer und großer Leistung, während sich die höheren Verbrauchsziffern auf kleine und solche Maschinen beziehen, deren Ausführung, Instandhaltung und Bedienung eine weniger gute ist. Die kleineren Verbrauchsziffern dürften auch bei sog. Paradeversuchen nicht mehr zu unterschreiten sein, wogegen die höheren Ziffern bei kleinen Leistungseinheiten überschritten werden.



## Zahlentafel 16.

Brennstoffverbrauch verschiedener Kraftmaschinen  
im Beharrungszustand.<sup>1)</sup>

Art der Kraftmaschine	Brennstoffverbrauch für 1 PS <sub>e</sub> -st	
Heißdampf - Auspuffmaschine einschl. Kesselanlage . . .	0,93—1,33 kg Steinkohlen	von 7500 WE
Heißdampfmaschine oder Dampfturbine mit Kondensation einschl. Kessel . . .	0,47—0,93 " "	" 7500 "
Dieselmachine . . . . .	0,18—0,20 " Gasöl	" 10000 "
Gasmachine mit Gaserzeuger (Sauggasanlage) . . . . .	{ 0,35—0,45 " Anthrazit 0,58—0,75 kg Braunkohlenbriketts	" 8000 " " 4800 "
Gasmachine ohne Gaserzeuger	{ 2,60—2,90 cbm Gichtgas 0,58—0,65 " Koksofengas	" 900 " " 4000 "
Benzinmotor . . . . .	0,27—0,39 kg Benzin	" 10300 "
Benzolmotor . . . . .	0,24—0,37 " Benzol	" 9300 "
Leuchtgasmotor . . . . .	0,44—0,70 cbm Leuchtgas	" 5000 "

In den meisten Betrieben ist der Kraftbedarf und damit auch die Belastung der Antriebsmaschinen erheblichen Schwankungen unterworfen, je nach der Betriebseinteilung und der jeweiligen Geschäftslage. Es kommt deshalb außer dem Verbrauch bei Vollast noch derjenige bei den verschiedenen Teilbelastungen in Betracht.

Mit abnehmender Belastung einer Kraftmaschine wird ihr gesamter Brennstoffverbrauch kleiner, jedoch nicht im selben Verhältnis wie die Belastung, mit Rücksicht auf den zur Überwindung der Eigenwiderstände erforderlichen Verbrauch.

Je kleiner demnach die Belastung einer Maschine wird, desto größer ergibt sich ihr spezifischer Wärmeverbrauch. Ein Bild von dem Mehrverbrauch geben Fig. 42—47<sup>2)</sup>. Dieselben haben zur Voraussetzung, daß die Zahl der Maschinen- und Kesselaggregate sowie die Größe der Rostfläche keine Änderung erfährt.

Die geringste Zunahme im Wärmeverbrauch infolge von Unterbelastung weisen nach Fig. 42—47 Dieselmachines, Heißdampflokomo-bilen und Dampfturbinenanlagen auf, die größte Zunahme dagegen Gasmotoren und Sauggasanlagen.

Wie die Fig. 45—47 erkennen lassen, verläuft die Linie des Gesamtverbrauchs, wenigstens innerhalb der in Betracht kommenden Belastungsgrenzen, ziemlich geradlinig. Wenn man in die Kurven der Dampfkraftmaschinen (Fig. 42—44) den gesamten Dampfverbrauch einträgt, so ergibt sich ebenfalls eine nahezu gerade Linie. Es läßt sich deshalb für die meisten Kraftmaschinen die Abhängig-

<sup>1)</sup> Die hier angegebenen Verbrauchsziffern entsprechen den Werten der Zahlentafel 15.

<sup>2)</sup> Die Aufzeichnung der Fig. 38—47 erfolgte zum Teil auf Grund von Proberstands- und Garantierversuchen sowie von Betriebsversuchen, die im Laufe der letzten Jahre unter Leitung des Verfassers zur Durchführung kamen.

keit des Wärme- bzw. Brennstoffverbrauches von der jeweiligen Belastung annähernd durch eine Gerade darstellen; vgl. Fig. 48. Diese Gerade schneidet auf der Ordinatenachse ungefähr denjenigen Verbrauch an Brennstoff ab, der für die leerlaufende Maschine aufzuwenden ist; dieser Verbrauch entspricht annähernd demjenigen, der auf die Überwindung der Eigenwiderstände der Maschine entfällt.

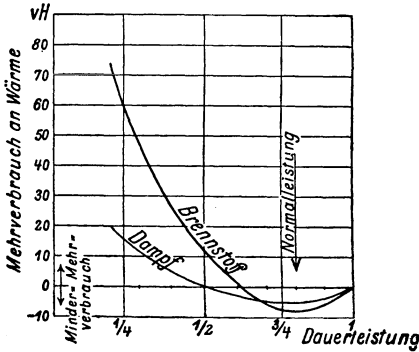


Fig. 42. Mittlerer prozentualer Mehrverbrauch von Kondensations-Dampfmaschinenanlagen an Dampf und Brennstoff bei Teilbelastungen, bezogen auf 1 PS<sub>e</sub>-st.

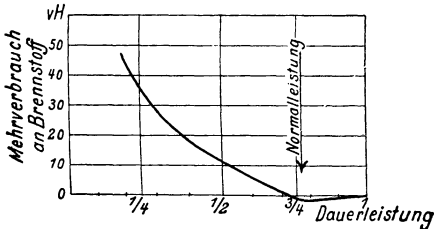


Fig. 43. Mittlerer prozentualer Mehrverbrauch von Heißdampf-Kondensations-Lokomobilen an Brennstoff bei Teilbelastungen, bezogen auf 1 PS<sub>e</sub>-st.

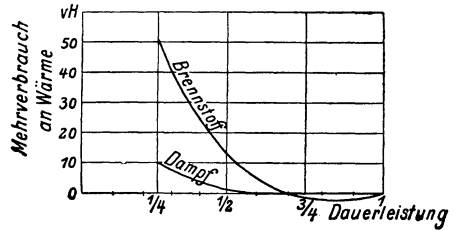


Fig. 44. Mittlerer prozentualer Mehrverbrauch von Dampfturbinen-Anlagen an Dampf und Brennstoff bei Teilbelastungen, bezogen auf 1 PS<sub>e</sub>-st.

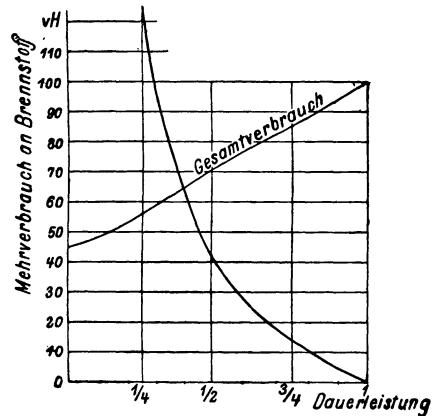


Fig. 45. Mittlerer prozentualer Mehrverbrauch von Sauggasanlagen an Brennstoff bei Teilbelastungen, bezogen auf 1 PS<sub>e</sub>-st.

Der einer beliebigen Belastung  $ON$  der Kraftmaschine entsprechende Verbrauch  $NV$  setzt sich demnach aus einem konstanten Teil, dem Leerlaufverbrauch  $V_l$ , und aus einem variablen Teil  $V_x$  zusammen, der sich proportional mit der Belastung ändert.

Um den wirklichen Betriebsverbrauch zu bekommen, hat man bei Dampfkraft- und Sauggasanlagen zu dem Wärmeverbrauch im Beharrungszustand, wie er sich bei Garantievorsuchen erzielen läßt, noch einen gewissen Wärmebetrag für Anheizen von Kessel- und

Generatoranlage, für Anwärmen von Dampfleitung und Maschine, für Durchbrand sowie für Strahlungs- und Leitungsverluste in den Betriebspausen zuzuschlagen. Hierzu kommt bei Dampfanlagen noch

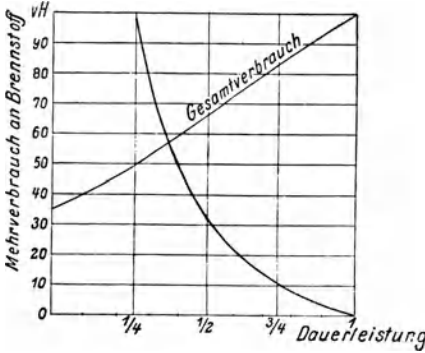


Fig. 46. Mittlerer prozentualer Mehrverbrauch von Gas- und Flüssigkeitsmotoren an Brennstoff bei Teilbelastungen, bezogen auf 1 PS<sub>e</sub>-st.

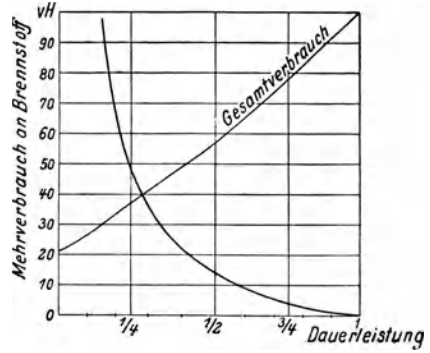


Fig. 47. Mittlerer prozentualer Mehrverbrauch von Dieselmotoren an Brennstoff bei Teilbelastungen, bezogen auf 1 PS<sub>e</sub>-st.

der Mehrverbrauch durch unsachgemäße Feuerbedienung und durch Nichteinhalten der normalen Spannung und Temperatur des Dampfes, bei Sauggasanlagen derjenige durch Nachbrennen infolge falscher Einstellung der Steuerung oder Zündung. Diese Betriebszuschläge betragen je nach Maschinensystem, Belastung, Güte der Wartung und

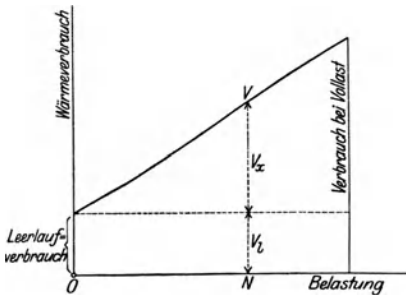


Fig. 48. Linie des gesamten Dampf- und Brennstoffverbrauchs von Dampf- und Verbrennungs-Kraftmaschinen zwischen Leerlauf und Vollast.

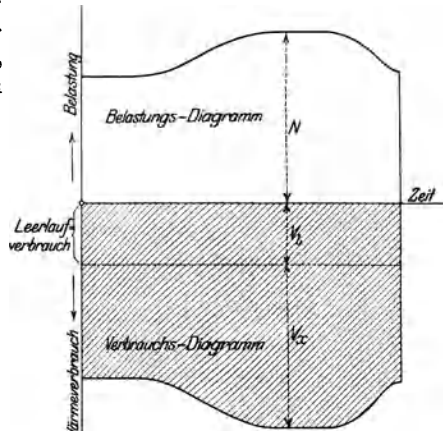


Fig. 49. Gesamter Wärmeverbrauch einer Kraftmaschine innerhalb eines bestimmten Zeitraums.

je nach der Betriebsdauer bei Dampfanlagen 20—50 0/0, bei Sauggasanlagen 20—35 0/0 von dem Wärmeverbrauch im Beharrungszustand. Bei kurzer Betriebsdauer und bei schlechter Instandhaltung der Anlagen können die Zuschläge unter Umständen noch größer ausfallen.

Zahlentafel 17.

Dampf- und Kohlenverbrauch  
 von Kondensations-Dampfmaschinen mit Flammrohrkesseln  
 bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung im praktischen Betrieb.

Dampfzustand vor der Maschine 12 at Üb, 325° C.

Kesselspannung 13 at Üb; Temperatur am Überhitzer 355° C.

Speisewasser-Temperatur 35° C; weitere Vorwärmung durch Ekonomiser.

Maximale Dauerleistung . . . . . PS <sub>e</sub>	100	200	500	1000
Dampfverbrauch bei $\frac{3}{4}$ -Belastung im Beharrungs- zustand . . . . . kg/PS <sub>e</sub> -st	5,80	5,35	5,00	4,85
Zuschlag für Speisepumpen (Satttdampf) . . . . . "	0,25	0,22	0,20	0,18
Gesamter Verbrauch an Steinkohlen von 7500 WE im Beharrungszustand bei 70—75% Wirkungsgrad von Kesselanlage und Ekonomiser . . . kg/PS <sub>e</sub> -st	0,827	0,762	0,682	0,643
Zuschläge für Anheiz- und Stillstandsverluste:				
8% Zuschlag bei tägl. 10stünd. Betrieb . . . . . kg/PS <sub>e</sub> -st	0,066	0,061	0,055	0,051
11% " " " 8 " " " " " " " " " "	0,091	0,084	0,075	0,071
20% " " " 5 " " " " " " " " " "	0,165	0,152	0,136	0,129
26% " " " 4 " " " " " " " " " "	0,215	0,198	0,177	0,167
Gesamter Steinkohlenverbrauch				
bei täglich 10stünd. Betrieb . . . . . kg/PS <sub>e</sub> -st	0,893	0,823	0,737	0,694
" " 8 " " " " " " " " " "	0,918	0,846	0,757	0,714
" " 5 " " " " " " " " " "	0,992	0,914	0,818	0,772
" " 4 " " " " " " " " " "	1,042	0,960	0,859	0,810

Bei Dieselmotoren deckt sich erfahrungsgemäß der Brennstoffverbrauch im Betrieb fast vollständig mit den Garantiewerten oder mit den bei Versuchen festgestellten Verbrauchsziffern. Dagegen sind bei Leuchtgas-, Benzin- und Benzolmotoren 5—10% zuzuschlagen, weil die Motoren im praktischen Betriebe nicht immer auf ihren günstigsten Verbrauch eingestellt sind.

Der gesamte Wärmeverbrauch einer Maschine innerhalb eines gewissen Zeitraums ergibt sich, wenn man ein dem Belastungsdiagramm entsprechendes Verbrauchsdiagramm aufzeichnet und dessen Fläche planimetriert; letztere ist in Fig. 49 durch Schraffur gekennzeichnet. Verläuft die Linie des Wärmeverbrauchs gemäß Fig. 48 geradlinig, so genügt die Bestimmung der mittleren Belastung durch Planimetrieren des Belastungsdiagramms. Der Wärmeverbrauch, der der mittleren Belastung entspricht, stellt alsdann ohne weiteres den mittleren Verbrauch während des ganzen Zeitabschnittes dar.

Da bei Dampfkraftanlagen der Brennstoffverbrauch in erheblichem Maße von dem Zustand und der Bedienung der Kesselanlage abhängig ist, so kommt für die Beurteilung des maschinellen Teils in erster Linie der Dampfverbrauch in Betracht. Die Kesselanlage

## Zahlentafel 18.

Dampf- und Kohlenverbrauch von Kondensations-Verbund-Lokomobilen<sup>1)</sup> bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung im praktischen Betrieb.

Dampfzustand vor der Maschine 12 at Üb, 325° C.

Speisewasser-Temperatur hinter Abdampfvorwärmer 40° C.

	Hand- feuerung		Mech. Rost- beschieker	
	60	87	140	295
Maximale Dauerleistung . . . . . PS <sub>e</sub>				
Dampfverbrauch bei $\frac{3}{4}$ -Belastung im Beharrungs- zustand . . . . . kg/PS <sub>e</sub> -st	5,9	5,6	5,35	5,0
Verbrauch an Steinkohlen von 7500 WE im Be- harrungszustand bei 60–67% Kesselwirkungs- grad . . . . . kg/PS <sub>e</sub> -st	0,922	0,847	0,771	0,700
Zuschläge für Anheiz- und Stillstandsverluste:				
7,5% Zuschlag bei tägl. 10 stünd. Betrieb kg/PS <sub>e</sub> -st	0,069	0,064	0,058	0,052
10,0% " " " 8 " " "	0,092	0,085	0,077	0,070
18,0% " " " 5 " " "	0,166	0,152	0,139	0,126
23,0% " " " 4 " " "	0,212	0,195	0,177	0,161
<b>Gesamter Steinkohlenverbrauch</b>				
bei täglich 10 stünd. Betrieb . . . . . kg/PS <sub>e</sub> -st	0,991	0,911	0,829	0,752
" " 8 " " . . . . . "	1,014	0,932	0,848	0,770
" " 5 " " . . . . . "	1,088	0,999	0,910	0,826
" " 4 " " . . . . . "	1,134	1,042	0,948	0,861

hingegen ist, gleiche Brennstoffverhältnisse vorausgesetzt, nach dem erzielten Dampfpreis zu beurteilen.

Der Dampfpreis, d. h. die Brennstoffkosten für 1000 kg Dampf, hängt außer von dem Wärmepreis des verfeuerten Brennstoffs von dem Wirkungsgrad der Kesselanlage ab. Kostet z. B. eine Ruhrkohle von 7500 WE Heizwert frei Kesselhaus 280 M. pro Doppelwaggon (10 000 kg), so ergibt sich die Verdampfungsziffer unter Zugrundelegung eines Wirkungsgrades der Kesselanlage von 75% zu

$$\frac{7500}{639,7} \cdot 0,75 = \text{rd. } 8,8 \text{ und der Dampfpreis zu}$$

$$\frac{1000}{8,8} \cdot 0,0280 = 3,18 \text{ M.}$$

Hierbei bedeutet 639,7 die Erzeugungswärme von Dampf von 100° C, erzeugt aus Wasser von 0° (Normaldampf).

<sup>1)</sup> Die Verbrauchsziffern beziehen sich auf normale Verbundlokomobilen mit einfacher Überhitzung. Bei erstklassiger Ausführung, vorzüglicher Bedienung und Instandhaltung der Lokomobilen ist deren Verbrauch nicht unerheblich niedriger, als hier angegeben. Werden die Lokomobilen (bei größerer Leistung) mit Abgasvorwärmer geliefert, so verbessert sich die Wärmeausnutzung im Kessel um etwa 6%, entsprechend einer Brennstoffersparnis von etwa 8%.

Zahlentafel 19.

**Dampf- und Kohlenverbrauch von Turbodynamo-Anlagen mit Wasserrohrkesseln bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung im praktischen Betrieb.**

Dampfzustand vor der Maschine 12 at Üb, 325° C.  
 Kesselspannung 13 at Üb; Temperatur am Überhitzer 350° C.  
 Mittleres Vakuum 95 % (im Jahresdurchschnitt bei Flußwasserkühlung).  
 Speisewasser-Temperatur 35° C; weitere Vorwärmung durch Ekonomiser.

Maximale Dauerleistung . . . . . KW	500	1000	5000	10000
Dampfverbrauch bei $\frac{3}{4}$ -Belastung im Beharrungs- zustand einschl. Kondensation . . . kg/KW-st	7,20	6,55	5,89	5,81
Zuschlag für Speisepumpen (Sattdampf) "	0,29	0,22	0,17	0,13
Gesamter Verbrauch an Steinkohlen von 7500 WE im Dauerbetrieb bei 76 % Wirkungsgrad von Kesselanlage und Ekonomiser . . . kg/KW-st	0,940	0,850	0,761	0,746
Zuschläge für Anheiz- und Stillstandsverluste:				
8 % Zuschlag bei tägl. 10stünd. Betrieb kg/KW-st	0,075	0,068	0,061	0,060
11 % " " " 8 " " "	0,103	0,094	0,084	0,082
20 % " " " 5 " " "	0,188	0,170	0,152	0,149
26 % " " " 4 " " "	0,244	0,221	0,198	0,194
Gesamter Steinkohlenverbrauch				
bei täglich 10 stünd. Betrieb . . . . . kg/KW-st	1,015	0,918	0,822	0,806
" " 8 " " . . . . . "	1,043	0,944	0,845	0,828
" " 5 " " . . . . . "	1,128	1,020	0,913	0,895
" " 4 " " . . . . . "	1,184	1,071	0,959	0,940

Der wirkliche Dampfpreis, wie er sich im Betrieb ergibt, weicht je nach der Spannung und Temperatur des Dampfes und je nach der Speisewassertemperatur von dem vorstehend für Normaldampf berechneten nach oben oder unten hin ab. Die Normal-Verdampfungsziffer und der Normal-Dampfpreis haben nur die Bedeutung von Vergleichswerten.

Der bei Dampfkraftanlagen auf die Speisepumpen entfallende Dampfverbrauch schwankt je nach Art, Größe und Zustand der Speisepumpen zwischen 2 und 5 % des für die Maschine benötigten Dampfes<sup>1)</sup>. Bei längere Zeit gebrauchten Duplexpumpen hat man sogar schon Werte von 10—15 % gemessen. In solchen Fällen ist es natürlich rationeller, die Duplexpumpe durch eine Transmissionspumpe zu ersetzen.

Über die Berechnung des gesamten Brennstoffverbrauches von Dampfkraftanlagen, die im Durchschnitt mit drei Viertel ihrer dauernden Maximalleistung belastet sind, geben die Zahlentafeln 17—19 Aufschluß. Hierbei wurde der Dampfverbrauch der Maschinen im Beharrungszustand etwa 5 % über den Garantie- oder Versuchswerten

<sup>1)</sup> Vgl. auch Abschnitt 66.

angenommen, um dem Umstand Rechnung zu tragen, daß im praktischen Betrieb Dampfdruck, Dampftemperatur und Vakuum nicht immer auf der vorgeschriebenen Höhe gehalten werden und die Kolben und Ventile meist mehr oder weniger undicht sind. Außerdem wurde der Wirkungsgrad der Kesselanlage wesentlich niedriger angenommen, als er sich bei Versuchen erzielen läßt.

#### 44. Betriebsführungskosten.

Hierunter fallen die Ausgaben für Verwaltung und Bedienung, Schmier- und Putzmaterial, Instandhaltung und Ausbesserungen.

Die Ausgaben für die allgemeine Verwaltung schließen die Kosten für Geschäftsleitung, Bureauumiete, Bureaupersonal usw. in sich. Diese Ausgaben können allenfalls ganz außer Betracht bleiben, wenn der Betrieb der Kraftanlage an ein bestehendes Unternehmen angegliedert wird. Handelt es sich hingegen um ein selbständiges Unternehmen, so fallen die allgemeinen Verwaltungskosten unter Umständen erheblich ins Gewicht, insbesondere bei Unternehmungen in Form einer Aktiengesellschaft, bei denen noch die Aufwendungen für den Aufsichtsrat, die Generalversammlungen usw. hinzukommen.

Bezüglich der Bedienung läßt sich allgemein nur sagen, daß die hierauf entfallenden Kosten außer von der Maschinengattung von der Leistung der Maschine abhängen. Eine große Anlage verursacht verhältnismäßig geringere Ausgaben als eine kleine. Bei starker Unterteilung der Gesamtkraft muß also für Bedienung ein entsprechend höherer Betrag eingesetzt werden.

Bei kleinen Anlagen wird vielfach kein besonderer Maschinist vorgesehen. Die Bedienung erfolgt nebenbei durch den Besitzer oder einen Angestellten. Hier entfällt also nur ein Bruchteil des zu zahlenden Arbeitslohnes auf die Bedienung der Kraftmaschine. Für größere Anlagen werden in der Regel tüchtige und gut bezahlte Kräfte anzustellen sein, die sich ausschließlich mit der Überwachung und Bedienung der Anlage befassen.

Bemerkt sei, daß der Lohn für das Bedienungspersonal niemals nach der körperlichen Leistung, sondern ausschließlich nach dessen Verantwortlichkeit bemessen werden sollte. Es wäre verfehlt, in dieser Beziehung sparen zu wollen. Trotzdem kann man z. B. bei Dampfanlagen häufig die Erfahrung machen, daß der Heizer durchaus nicht der Wichtigkeit seiner Stellung entsprechend bezahlt wird (vgl. Abschn. 94).

Die meiste Bedienung erfordern Dampfanlagen, insbesondere solche mit Kolbendampfmaschinen. Verbrennungskraftmaschinen verlangen durchweg weniger Bedienung als Dampfkraftanlagen. Nur bei ganz großen Dampfturbinenkraftwerken mit mechanischer Beköhlung und Aschenabfuhr ist der Aufwand für Bedienung verhältnismäßig geringer als bei Verbrennungsmaschinenanlagen. Am wenigsten Bedienung erfordern Elektromotoren.

Was die Kosten für Schmier- und Putzmaterial betrifft, so sind diese in hohem Maße von der Genauigkeit der Werkstattausführung und der Sorgfalt der Montage abhängig. Sind Verspannungen einzelner Teile vorhanden, so kann dadurch der Ölverbrauch infolge starker Reibung und Neigung zum Heißlaufen außerordentlich zunehmen. Auch die Wartung der Maschine und die Beschaffenheit des Öls sind naturgemäß von großem Einfluß. Die durchschnittlichen Schmierölkosten lassen sich deshalb nur auf Grund von Betriebsergebnissen veranschlagen. In der Regel schmirt der Wärter seine Maschine stärker als notwendig, um sie nicht der Gefahr des Heißlaufens auszusetzen. Durch Filtrieren des Öls und Wiederverwendung desselben lassen sich daher in den meisten Betrieben erhebliche Ersparnisse erzielen.

Man kann annehmen, daß der Schmierölverbrauch von Dampfmaschinen geringer ist als derjenige von Verbrennungsmaschinen, gleich gute Ausführung vorausgesetzt<sup>1)</sup>. Es ist dies in der Hauptsache darauf zurückzuführen, daß bei Verbrennungsmaschinen ein Teil des Zylinderöls verbrennt.

Bei kleinen Kolbenmaschinen beträgt der Schmierölverbrauch bis zu 10 g/PS<sub>e</sub>-st und mehr; bei ganz großen Maschinen geht er herunter bis auf 1 g und weniger, immer vorausgesetzt, daß das Öl zurückgewonnen, gereinigt und wiederverwendet wird. Bei Dampfturbinen kann man unter derselben Voraussetzung 0,2—0,03 g/PS<sub>e</sub>-st annehmen, wobei sich erstere Zahl auf kleinere, letztere dagegen auf größere Turbinen bezieht.

Den Preis des Schmieröls kann man durchschnittlich mit 60 M./100 kg veranschlagen. Gutes Zylinderöl für hochüberhitzten Dampf kostet unter Umständen bis zu 100 M., während Maschinenöl um etwa 50 M. zu haben ist.

Die Ausgaben für die zur Reinigung der Maschinen und Maschinenräume dienenden Mittel sind verhältnismäßig unbedeutend, weshalb sie meist mit den Schmierölkosten zusammengefaßt werden. Allgemeine Angaben sind hier nicht möglich.

Die Kosten für Instandhaltung und Ausbesserungen sind ziemlich unsicher zu schätzen. Sie hängen von der Größe der Maschine, von der Güte ihrer Ausführung, sowie von der Bedienung ab. Sie werden in der Regel in Prozenten des Anlagekapitals ausgedrückt. Man kann für den baulichen Teil etwa  $\frac{1}{2}\%$ , für den maschinellen Teil dagegen 1— $2\frac{1}{2}\%$  je nach Maschinensystem und Betriebsdauer einsetzen. Maschinenbrüche infolge von schlechtem Material, unrichtiger Konstruktion, nachlässiger Bedienung oder gewaltsamer äußerer Einwirkungen gehören natürlich nicht hierher. Vielmehr kann es sich hier nur um solche Teile handeln, die infolge natürlichen Verschleißes repariert oder ersetzt werden müssen.

---

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1910, S. 144.



#### 45. Wasserverbrauch. Wasserkosten.

Wasser wird bei Dampfkraftanlagen zur Dampferzeugung sowie zum Niederschlagen des Abdampfes gebraucht. Bei Verbrennungsmaschinen braucht man Wasser zum Kühlen der Arbeitszylinder und Zylinderköpfe sowie gegebenenfalls zum Kühlen von Kolben, Kolbenstangen und Stopfbüchsen. Bei größeren Maschinen braucht man auch Wasser zur Lagerkühlung und allenfalls zur Kühlung des Schmieröls.

Am größten ist der Wasserverbrauch bei Kondensations-Dampfmaschinen. Man hat hier einmal den Dampfverbrauch der Hauptmaschine und der Hilfsmaschinen zu decken; dieser Verbrauch ist verschieden, je nach Größe und System der Kraftmaschine und je nach der Temperatur und Spannung des Dampfes. Außerdem braucht man bei Einspritzkondensation für jedes Kilogramm niederzuschlagenden Dampfes etwa 20—45 kg Wasser, je nach der Temperatur des Einspritzwassers und je nach der Höhe des Vakuums. Bei Oberflächenkondensation kann man 30—60 kg Kühlwasser für jedes Kilogramm Abdampf rechnen. Am höchsten ist der Kühlwasserverbrauch bei Strahlkondensation, etwa 60—80 kg/kg Dampf.

Weit geringer ist der Wasserverbrauch bei Verbrennungsmaschinen. Bei Durchfuß- oder Frischwasserkühlung verbrauchen Gas-, Benzin- und Benzolmaschinen etwa 20—30 ltr, Sauggasanlagen etwa 30—45 ltr und Hochdruck-Ölmaschinen etwa 9—20 ltr/PS<sub>e</sub>-st, je nach Maschinengröße und je nach der Temperatur des zu- und abfließenden Kühlwassers.

Am geringsten ist demnach der Wasserverbrauch bei Hochdruck-Ölmaschinen. Einen noch geringeren Verbrauch weisen höchstens Auspuffdampfmaschinen auf.

Wird der Bedarf an Wasser aus der städtischen Wasserleitung gedeckt, so entstehen naturgemäß die höchsten Kosten. Bei größeren Dampfkraftanlagen kommt für die Kondensation nur Flußwasser und für die Kesselspeisung Flußwasser oder Grundwasser in Betracht. Bei Wassermangel sind Rückkühlanlagen (Kühltürme, Gradierwerke) aufzustellen. Der Wasserverbrauch beschränkt sich alsdann, Speisung der Kessel mit Kondensat vorausgesetzt, auf den Verlust durch Verdunsten und Verspritzen von Wasser.

Frischwasserkühlung kommt bei Verbrennungsmaschinen in der Regel nur für kleinere Motoren in Betracht. Größere Fabrikbetriebe werden schon mit Rücksicht auf ihren sonstigen Wasserbedarf ihr Wasser in der Regel aus einer eigenen Brunnenanlage entnehmen. Wo dies nicht der Fall sein sollte, können bei größeren Motoren die Wasserkosten durch eine Rückkühlanlage bedeutend verringert werden. Dabei hat die Rückkühlung und Wiederverwendung des Kühlwassers noch den Vorteil, daß die Ablagerung von Schlamm und Kesselstein in den Kühlräumen erheblich verringert wird. Bei Kleinmotoren können durch Anwendung der Gefäßkühlung oder der

Verdampfungskühlung die Wasserkosten auf einen verschwindend geringen Betrag herabgesetzt werden.

Wird das erwärmte Kühlwasser der Motoren zu Fabrikations- oder Reinigungszwecken ausgenützt, so sind für die Kühlung des Motors überhaupt keine Wasserkosten in Anrechnung zu bringen.

#### 46. Kapitalkosten.

Hierunter fallen die Verzinsung des Anlagekapitals sowie die Abschreibung der Anlage. Wurde das Anlagekapital aus Darlehensmitteln aufgebracht, so wird häufig noch ein gewisser Prozentsatz für Tilgung, d. h. für Rückzahlung des aufgewendeten Baukapitals zugeschlagen, um das Werk nach einer gewissen Reihe von Jahren schuldenfrei zu machen. Im Grunde genommen ist jedoch die Tilgung (Amortisation, Annuität) eine reine Finanzsache, die bei vergleichenden Wirtschaftlichkeitsrechnungen ganz außer Betracht bleiben sollte.

Bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen wird in der Regel mit einer Verzinsung des Anlagekapitals von 4—5<sup>0</sup>/<sub>100</sub> gerechnet, je nach Lage des Geldmarktes. Auch die finanziellen Verhältnisse des Unternehmens sind hier von Einfluß; denn es ist ein Unterschied, ob ein Werk aus eigenen oder fremden Mitteln hergestellt wird.

Der Zinsfuß von 4—5<sup>0</sup>/<sub>100</sub> erscheint im Durchschnitt mehrerer Jahre, sachgemäße Geldbeschaffung vorausgesetzt, als durchaus ausreichend. Man könnte sogar den Standpunkt vertreten, daß derselbe zu hoch ist. Da nämlich der Zins vom Anschaffungskapital, d. h. ständig in gleicher Höhe gerechnet wird, während doch in Wirklichkeit das zu verzinsende Kapital von Jahr zu Jahr um den Betrag der Abschreibung abnimmt, so würde eigentlich im Durchschnitt der ganzen Betriebszeit die halbe Verzinsung genügen. Es dürfen eben auch hier, wie bei jeder Wirtschaftlichkeitsrechnung, nicht allein die Verhältnisse eines einzigen Betriebsjahres, mindestens nicht eines solchen mit abnormalem Geldstand ins Auge gefaßt werden.

Über die Höhe der Abschreibung gibt es keine bestimmten gesetzlichen Normen. Dieselbe wird verschieden angenommen, je nach den Betriebsverhältnissen und dem persönlichen fachmännischen Urteil des Betriebsleiters, oft auch je nach den Erträgen des betreffenden Unternehmens. Mindestens ist jedoch die Abschreibung so hoch zu bemessen, daß dadurch die Wertminderung infolge Abnutzung der Anlage gedeckt wird. Zweckmäßig wird aber auch auf das Verbesserungs- sowie auf das Vergrößerungsbedürfnis Rücksicht genommen. Denn gewöhnlich macht nicht der Gebrauch, sondern das Vergrößerungs- oder Verbesserungsbedürfnis eine Anlage erneuerungsbedürftig. Der für die Abschreibung bzw. Entwertung angenommene Prozentsatz sollte deshalb um so höher gewählt werden, je mehr mit einer Vervollkommnung der Maschinen zu rechnen ist,

d. h. je rascher die Technik auf dem betreffenden Gebiete fortschreitet<sup>1)</sup>.

Im allgemeinen genügt für den maschinellen Teil bei täglich 10stündigem Betrieb eine Abschreibung von 7—8<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, bei Dauerbetrieb eine solche von 10—11<sup>0</sup>/<sub>10</sub>.

Für den baulichen Teil ist eine Abschreibung von 2—3<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, im Mittel 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>10</sub>, ausreichend. Bei gemieteten Räumen tritt an die Stelle der Abschreibung der für die Miete zu zahlende Preis.

Bei Wasserbauten begnügt man sich gewöhnlich mit nur 1 bis 2<sup>0</sup>/<sub>10</sub>. Bisweilen schreibt man die eigentlichen Wasserbauten überhaupt nicht ab, in der Erwägung, daß eine Erneuerung derselben bei sachgemäßer und guter Ausführung nicht zu gewärtigen ist, sofern für eine ordnungsmäßige Unterhaltung gesorgt wird.

Bei schnelllaufenden Maschinen ist die Lebensdauer naturgemäß eine kürzere als bei langsamlaufenden. Es ist deshalb für erstere ein entsprechend höherer Prozentsatz für Abschreibung einzusetzen. Auch solche Maschinen, die in schmutzigen, staubigen Räumen arbeiten müssen, die mangelhaft gewartet oder sehr stark beansprucht werden, bedürfen einer höheren Abschreibung, desgleichen solche, die von Haus aus mangelhaft ausgeführt sind.

Bisweilen bemisst man die Abschreibung verschieden hoch, je nach der Maschinenart. So z. B. werden für Verbrennungskraftmaschinen mit Rücksicht auf die hohen Pressungen und Temperaturen im Arbeitszylinder höhere Abschreibungssätze angenommen, als für Dampfmaschinen<sup>2)</sup>. Dies erscheint jedoch heute nicht mehr gerechtfertigt, da die Verbrennungskraftmaschinen, wenigstens in ihren marktgängigen Größen, derzeit eine sehr hohe Stufe der Entwicklung erreicht haben und konstruktiv ebenso vollkommen durchgebildet sind wie die Dampfmaschinen. Moderne Dampfmaschinen mit ihren hohen Dampfspannungen und Überhitzungen und ihren gegenüber früher weit höheren Umdrehungszahlen erreichen wohl kaum ein höheres Alter als neuzeitliche Verbrennungskraftmaschinen. Auch für Wasserturbinen kann keine höhere Lebensdauer beansprucht werden, da dieselben heute ebenfalls bedeutend stärker ausgenützt werden als in früheren Jahren.

Selbst für Elektromotoren läßt sich nach den Ausführungen im Abschnitt 24 heute keine höhere Lebensdauer mehr annehmen, als für Wärmekraftmaschinen, es sei denn, daß man die Motoren schwächer belastet, indem man entsprechend größere Modelle aufstellt. Durch dieses Mittel kann die Lebensdauer jeder Art von Kraftmaschinen verlängert werden, wenn auch auf Kosten der Wirtschaftlichkeit. In letzterer Hinsicht hat allerdings gerade der Elektromotor den Vor-

<sup>1)</sup> Die Abschreibungen, von denen hier die Rede ist, sind nach ganz anderen Gesichtspunkten zu bemessen als diejenigen zum Zwecke der Versicherung gegen Feuergefahr oder Maschinenbruch; vgl. Abschnitt 117.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. „Technik und Wirtschaft“ 1910, S. 237.

zug, daß sich sein Wirkungsgrad und Stromverbrauch bei Teilbelastung nur unwesentlich verschlechtert.

Es erscheint deshalb durchaus gerechtfertigt, für sämtliche Arten von Kraftmaschinen ein und dieselbe Abschreibung zugrunde zu legen, da ja in der Regel alle sich stärker abnützenden Teile auswechselbar sind. Den Verschiedenheiten der einzelnen Maschinengattungen hinsichtlich Abnutzung und Erneuerungsbedürftigkeit einzelner Teile ist lediglich durch Annahme verschieden hoher Prozentsätze für Instandhaltung und Reparaturen Rechnung zu tragen. Der Prozentsatz für Instandhaltung und Reparaturen kann auf Grund von Erfahrungen von Fall zu Fall festgestellt werden. Er bewegt sich je nach den verschiedenen Umständen (Fabrikat, System, Bedienung, Betriebsdauer usw.) zwischen etwa  $\frac{1}{2}$  und  $2\frac{0}{10}$  des Anschaffungswertes.

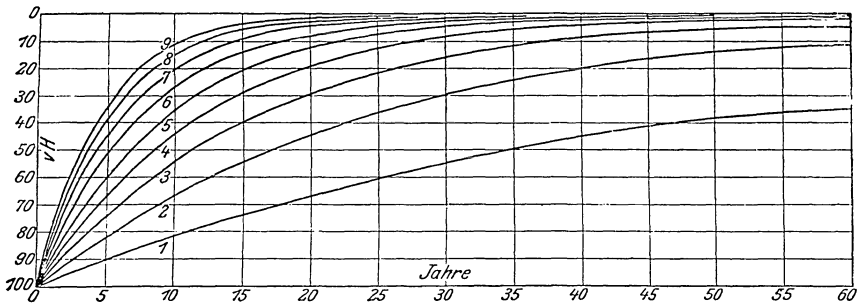


Fig. 50. Saldokurven für Abschreibungen von 2—20% vom Buchwert.

1.	Kurve mit 2%	führt in 110 Jahren	auf den Altmaterialwert von 10%
2.	" " 4%	" " 65 "	" " 10%
3.	" " 6%	" " 37 "	" " 10%
4.	" " 8%	" " 28 "	" " 10%
5.	" " 10%	" " 22 "	" " 10%
6.	" " 12,5%	" " 18 "	" " 10%
7.	" " 15%	" " 14 "	" " 10%
8.	" " 17,5%	" " 12 "	" " 10%
9.	" " 20%	" " 10,5 "	" " 10%

Werden Verbrennungsmaschinen mit verunreinigten oder stark schwefelhaltigen Brennstoffen betrieben, so ist das Instandhaltungs- und Reparaturenkonto entsprechend höher anzunehmen.

Wenn in den Betriebskostentabellen im Anhang die Gebäude mit  $2\frac{1}{2}\%$  abgeschrieben worden sind, so entspricht dies in Wirklichkeit einer wesentlich höheren Abschreibung, da in dem Preis von 80 M/qm Grundfläche der Grund und Boden einbezogen ist. Nimmt man die Kosten des Grund und Bodens zu ein Drittel, diejenigen des Maschinenhauses dagegen zu zwei Drittel an, so würde die tatsächliche Abschreibung des Maschinenhauses  $3,75\%$  betragen. Der Grund und Boden braucht um deswillen nicht abgeschrieben zu werden, weil im allgemeinen angenommen werden darf, daß er im Laufe der Zeit an Wert zunimmt.

Es sei sodann noch darauf hingewiesen, daß die Abschreibung von Maschinenanlagen in der Praxis nach drei verschiedenen Methoden erfolgt:

1. Abschreibung vom Buchwert, auch Saldoabschreibung genannt,
2. Abschreibung vom Neuwert oder Anschaffungswert,
3. Abschreibung nach Maßgabe der erzeugten Waren.

Bei der ersten Methode erfolgt die Abschreibung in Prozenten des jeweiligen Wertes, wie er sich beim letzten Buchabschluß (Inventory oder Bilanz) ergeben hat. In der Folge sei stets angenommen, daß die Abschreibung nach der zweiten Methode stattfindet; die Beträge für Abschreibung sind also in jedem Jahr gleich groß. Nach der ersten Methode müßte man weit höhere Prozentsätze für die Abschreibung annehmen, als vorstehend angegeben, weil hier die Rücklagen in jedem Jahr kleiner werden, ohne daß sie jedoch den Wert Null erreichen. Es fallen infolgedessen bei Methode I gerade in den ersten, oft an sich ungünstigen Betriebsjahren die Rücklagen sehr hoch aus, wodurch die Rentabilität der Neuanlage ungünstig beeinflußt wird.

Fig. 50 läßt erkennen, welche Prozentsätze bei Abschreibung vom Buchwert anzunehmen sind, um nach Ablauf einer gewissen Zahl von Jahren den Altmaterialwert von  $10\%$  zu erreichen<sup>1)</sup>.

#### 47. Sonstige Betriebsausgaben.

Hierunter fallen Steuern, allgemeine oder öffentliche Abgaben, sowie Versicherungen gegen Feuerschaden, Maschinenbruch und Betriebsverlust. Die Steuern und Abgaben richten sich nach den gesetzlichen Bestimmungen des betreffenden Landes und sind zudem von dem Gewinn abhängig, den das Unternehmen abwirft. Der für Steuern und Abgaben einzusetzende Betrag ist daher von Fall zu Fall verschieden; es wurde aus diesem Grunde darauf verzichtet, diese Ausgaben in den Betriebskostentabellen im Anhang zu berücksichtigen. Das gleiche gilt bezüglich der Versicherungen. Auch der hierfür einzusetzende Betrag ist verschieden, je nach dem Gefahrenmoment des betreffenden Betriebes. So z. B. ist die Feuerversicherungsprämie bei Verbrennungsmotoren etwas höher als bei Elektromotoren, da bei den ersteren zur Feuersgefahr an sich noch die Explosionsgefahr des Brennstoffes (Benzin, Gasöl usw.) hinzukommt.

Bezüglich der Versicherung gegen Feuerschaden, Maschinenbruch und Betriebsverlust sei auf Abschn. 117 verwiesen.

#### 48. Krafterzeugung aus Abfallprodukten, insbesondere Müll.

Besonders günstig stellen sich die Kosten der Krafterzeugung dort, wo billige Abfallprodukte, wie Stroh, Schilf, Sägespäne, Holz-

<sup>1)</sup> „Technik und Wirtschaft“ 1910, S. 235.

abfälle, Borke, Lohe, Müll usw. zur Verfügung stehen. Auch das Hochofen- und Koksofengas sowie das Teeröl sind hierher zu rechnen.

Die letztgenannten Nebenprodukte werden am wirtschaftlichsten unmittelbar in Verbrennungskraftmaschinen ausgenützt, während die zuerst erwähnten in besonderen Feuerungskonstruktionen (Vorfeuerungen), allenfalls mit Kohlen gemischt, verbrannt und zum Heizen von Dampfkesseln nutzbar gemacht werden.

Was speziell das Müll betrifft, so besteht dieses aus Hauskehricht, d. h. Speiseabfällen, Herdrückständen, Papier, Lumpen, Knochen usw. Der Müllanfall für den Kopf der Bevölkerung ist verschieden, je nach der Größe der betreffenden Stadt. Bei den meisten Städten beträgt er etwa  $1\frac{1}{2}$  kg in 24 Stunden, wobei jedoch vorausgesetzt ist, daß sämtliches Müll abgeliefert wird.

In der Regel wird das Müll nach außerhalb liegenden Feldern gefahren und dort abgelagert. Da dieses Verfahren jedoch bei Städten mit rascher Bevölkerungszunahme mancherlei Schwierigkeiten verursacht und zudem in hygienischer Beziehung nicht einwandfrei ist, so hat man schon vielfach zu dem Mittel der Müllverbrennung gegriffen. Die Müllverbrennung ging von England aus und ist in diesem Lande noch heute am meisten verbreitet.

Die erste Müllverbrennungsanlage in Deutschland wurde in Hamburg, und zwar nach englischem System erbaut. Da das englische Müll wesentlich besser ist als das deutsche, so machte man mit der Hamburger Anlage keine guten Erfahrungen. Damit mag es zusammenhängen, daß man bei uns der Müllverbrennung anfangs, zum Teil sogar noch heute, mit einem gewissen Mißtrauen gegenüberstand.

Während in England das Hauptgewicht auf die Beseitigung des Mülls gelegt wird, verlangt man in Deutschland gleichzeitig auch wirtschaftliche Vorteile von der Müllverbrennung. Nachdem man eingesehen hatte, daß die Müllverbrennung vorwiegend vom Standpunkt der Feuerungstechnik aus zu lösen ist und nachdem man die Ofenkonstruktionen der Beschaffenheit des deutschen Mülls angepaßt hatte, machte man in Deutschland bessere Erfahrungen mit den Müllverbrennungsanlagen. Insbesondere war es das Verdienst der Müllverbrennungsgesellschaft m. b. H., System Hertz, in Köln (jetzt Müllverbrennungsgesellschaft m. b. H. Vesuvio in München), durch Herstellung verbesserter Ofenkonstruktionen die Einführung der Müllverbrennung in Deutschland wesentlich gefördert zu haben (Fig. 51).

Die bei der Müllverbrennung gewonnene Wärme kann zur Dampferzeugung und zum Betrieb von Dampfmaschinen nutzbar gemacht werden. Man kommt durchschnittlich auf eine einfache Verdampfung, d. h. aus 1 kg Müll vermag man 1 kg Dampf zu erzeugen.

Je besser die Beschaffenheit des Mülls ist, desto größer ist naturgemäß die Wärmeausbeute. Wo viele Fabrikbetriebe sind, ist

im allgemeinen ein gutes Müll vorhanden; sodann ist das Müll von Städten, in denen Steinkohle gebrannt wird, wesentlich besser als dasjenige von Städten, die Braunkohlen verfeuern. Die Asche der Braunkohle versetzt nämlich die Zwischenräume des Mülls derart, daß dadurch der Verbrennungsprozeß ungünstig beeinflusst wird. Für Städte mit sogenanntem Braunkohlenmüll ist deshalb eine Sortierung

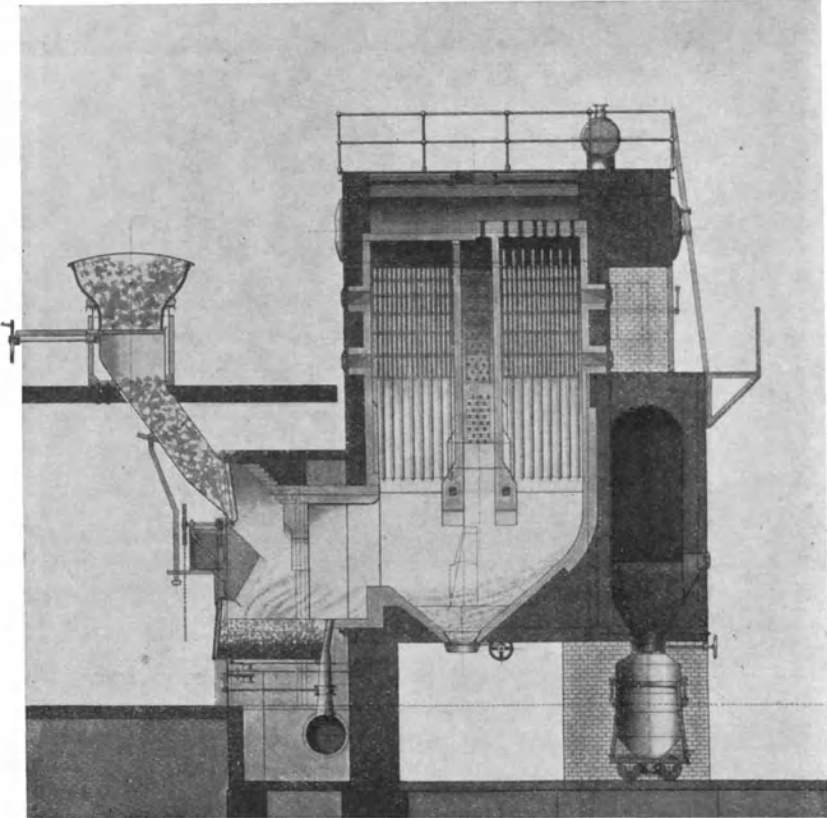


Fig. 51. Müllofenanlage „System Herbertz“ mit Burkhardt-Kessel, für direkte Beschickung aus Müllwagenkästen, mechanische Entschlackung und staubfreien Flugaschentransport eingerichtet.

des Mülls, bei der die Braunkohlenasche entfernt wird, vorteilhaft. Allerdings rentiert sich eine derartige Sortierung nur für große Städte.

Da bei der Müllverbrennung etwa 50% des Müllgewichtes als Schlacken anfallen, so muß man auf eine nutzbringende Verwertung der Schlacken Rücksicht nehmen. Die Frage der Schlackenverwertung ist für die Müllverbrennung von höchster Bedeutung; wo eine

Schlackenverwertung nicht möglich oder nicht wirtschaftlich erscheint, ist im allgemeinen auch die Müllverbrennung nicht am Platze.

Anfänglich glaubte man, die Schlacken zum Straßenoberbau sowie für Gehsteige verwenden zu können. Jedoch hat sich die Schlacke infolge der starken Staubbildung hierfür nicht bewährt. Auch zur Herstellung von Beton ist die Schlacke nicht ohne weiteres vorteilhaft anzuwenden, da es hierbei notwendig ist, daß sie zerkleinert und sortiert wird. Dies verursacht Kosten und zudem nützen sich die Zerkleinerungsmaschinen infolge der großen Härte der Schlacke sehr stark ab. Auch das Schmelzen und nachträgliche Granulieren der Schlacke hat sich nicht bewährt, da die unschmelzbaren Bestandteile allmählich den Ausfluß verstopften.

Man zieht heute vielfach nach D. R. P. 249 575 die Schlackenkuchen ganz oder in möglichst großen Stücken heraus und läßt sie in Wasser fallen; hierdurch zerfallen sie; eine weitere Zerkleinerung der Schlacke findet mittels mechanischer Rührvorrichtung oder mit Hilfe von Brechwerken statt. Die gebrochene Schlacke wird alsdann zur Herstellung von Beton verwendet. Die Herstellung von Mauersteinen aus Müllschlacke ist nach Wissen des Verfassers der Herbertz-Gesellschaft technisch gut gelungen; ein wirtschaftlicher Erfolg ist allerdings nur da zu erwarten, wo der Preis von gewöhnlichen Mauerziegeln nicht unter etwa 19 M. für das Tausend frei Baustelle liegt.

Zur Verbrennung des Mülls bedarf es einer mit künstlichem Zug betriebenen Vorfeuerung, die aus Bedienungsrücksichten in einzelne Verbrennungskammern geteilt ist. Der Rost ist von besonderer Konstruktion und wird häufig durch eine hohle eiserne Platte mit Düsen ersetzt.

Am besten hat sich in Verbindung mit der Müllverbrennung der Wasserrohrkessel bewährt, Fig. 51, wobei sich zur besseren Ausnützung der Rauchgase der Einbau eines Überhitzers und Ekonomisers empfiehlt<sup>1)</sup>. Wichtig ist, daß der Weg der Rauchgase vom Rost bis zum Kessel möglichst klein gehalten wird, damit die Rauchgase keine zu starke Abkühlung erfahren. Außerdem muß zwischen Rost und Kessel ein Aschenfänger zur Abscheidung der in großer Menge entstehenden Flugasche vorgesehen sein.

Das Müll sollte nicht zu lange lagern, da hierbei eine teilweise Verwesung bzw. Verfaulung, d. i. eine langsame Selbstverbrennung stattfindet, wodurch seine Heizkraft verringert wird.

Haupterfordernisse für eine rationelle Müllverbrennung sind außerdem:

1. bequeme Anfuhr und Lagerung des Mülls;
2. bequeme Beschickung der Öfen, am besten mittels mechanischen Greifern oder dergl.;

<sup>1)</sup> Man hat jedoch auch schon Heizrohrkessel verwendet; vgl. z. B. die Beschreibung einer Müllverbrennungsanlage, System Humboldt, Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ing. 1913, S. 1346 ff.



3. möglichst einfache und rasche Entfernung der Schlacken-  
kuchen, etwa auf Rollwagen, damit das Bedienungspersonal möglichst  
wenig durch Gase und durch Rauch belästigt wird.

Die Erfüllung dieser Bedingungen ist sehr wichtig, damit man  
ein Minimum an Bedienung nötig hat. Bei den großen Müll- und  
Schlackenmengen, um die es sich hier handelt, fallen die Ausgaben  
für Bedienung erheblich ins Gewicht.

#### 49. Beispiele von Betriebskostenberechnungen.

Vorausgeschickt sei, daß in Wirtschaftlichkeitsrechnungen manche  
Posten mehr oder weniger unsicher sind und sich größtenteils weder  
durch mathematische, noch durch sonstige Gesetze von allgemeiner  
Gültigkeit zum Ausdruck bringen lassen. Die Endergebnisse von Wirt-  
schaftlichkeitsrechnungen werden deshalb ganz verschieden ausfallen, je  
nach den im einzelnen Fall angenommenen und verallgemeinerten Ver-  
hältnissen und je nachdem, bewußt oder unbewußt, mehr auf die  
Interessen der einen oder anderen Partei Rücksicht genommen wird.

In den Betriebskostentabellen im Anhang sind die Betriebs-  
kosten für Leuchtgas-, Benzin-, Naphthalin-, Diesel-, Elektromotoren.  
Dampfkraftmaschinen und Windkraftanlagen ohne Reserve berechnet.  
Bei den Verbrennungsmaschinen und Elektromotoren ist die mittlere  
Belastung für die Motorgrößen von 1—20 PS zu  $\frac{2}{3}$ , für die Maschinen-  
größen von 30 PS aufwärts zu  $\frac{3}{4}$  der Dauerleistung angenommen  
worden. Die jährliche Betriebsdauer wurde zu 200, 500, 1000, 2000  
und 3000 Stunden angenommen. Die Motoren haben zum Teil nor-  
male, zum Teil mittelschnelle und hohe Umdrehungszahlen.

Nähere Angaben über die bei Aufstellung der Betriebskostentabellen  
gemachten Voraussetzungen finden sich außer in den früheren Ab-  
schnitten vor allem im Abschnitt 51 unter der Überschrift „Wärme-  
kraftmaschine oder Elektromotor“. In diesem Abschnitt findet sich  
auch ein graphisch durchgeführtes Beispiel, in dem für einen größten  
Kraftbedarf von 150 PS bei 3000 stündigem Betrieb ein Vergleich zwi-  
schen Dieselmachine und Elektromotor angestellt wird. Hierbei wurden  
für den Elektromotor besonders günstige Stromtarife angenommen. Die  
graphischen Darstellungen umfassen das ganze Gebiet zwischen Leer-  
lauf und Vollbelastung und lassen erkennen, von welcher Belastung  
an die Dieselmachine dem Elektromotor wirtschaftlich überlegen ist.

Die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind für durc h-  
schnittliche Verhältnisse bestimmt. Daß sie nicht für jeden einzel-  
nen Fall richtig sein können, ist selbstverständlich.

Was die mittlere Belastung betrifft, so bedarf es wohl keines  
besonderen Hinweises, daß der Annahme von  $\frac{2}{3}$ -Belastung bei Klein-  
maschinen und  $\frac{3}{4}$ -Belastung bei größeren Maschinen keine allgemeine  
Gültigkeit zukommt. Es werden in der Praxis Fälle vorkommen, in  
denen die mittlere Belastung niedriger ist, andererseits aber auch  
solche, in denen sie höher ist.

Wenn auch die mittlere Belastung im ersten Jahr vielleicht nicht  $\frac{2}{3}$  oder  $\frac{3}{4}$  der Dauerleistung erreicht, so tritt im allgemeinen schon nach wenigen Jahren der Fall ein, daß die Maschine voll ausgenutzt, unter Umständen sogar überlastet ist. Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind aber nicht nur für das erste Jahr, sondern für den Durchschnitt der vieljährigen Betriebsdauer der Maschine bestimmt.

Bei Leuchtgas-, Benzin-, Naphthalin- und Dieselmotoren wurde nicht weiter darauf Rücksicht genommen, auf wieviele Tage sich die gesamte jährliche Betriebsstundenzahl verteilt. Bei Sauggas- und bei Dampfkraftanlagen hingegen ist dies in Anbetracht der Verluste in den Stillstandspausen von wesentlicher Bedeutung. Um hier den durchschnittlichen Brennstoffverbrauch richtig einschätzen zu können, ist es notwendig, von vornherein eine bestimmte Voraussetzung hinsichtlich der Zahl der Betriebstage zu machen. Es wurde deshalb angenommen, daß die jährliche Betriebsdauer von 200 Stunden dadurch zustande kommt, daß die Kraftmaschine während 50 Tagen durchschnittlich 4 Stunden im Tag arbeitet. Die jährliche Betriebsdauer von 500 Stunden möge sich auf 100 Tage zu je 5 Stunden verteilen. Während der übrigen Tage des Jahres seien die Anlagen ganz außer Betrieb.

Bezüglich dieser Annahmen sei bemerkt, daß in der Tat bei Elektrizitätswerken Fälle vorkommen, bei denen zur Deckung des Spitzenbedarfs in den Wintermonaten oder zur Unterstützung des Kraftbedarfs im Herbst (Dreschzeit) die Kraftmaschine jährlich nur 200—500 Stunden im Betrieb ist, wobei die tägliche Betriebszeit etwa 3—6 Stunden beträgt.

Die Betriebsdauer von 1000 Stunden möge in 125 Tage zu je 8 Stunden zerlegt werden, ein Fall, der außer bei Elektrizitätswerken auch bei gewissen Saisongeschäften, oder bei Aushilfsmotoren von Wasserkraftanlagen vorkommt. Bei 2000 und 3000 Stunden jährlicher Betriebsdauer wurden endlich 200 bzw. 300 Tage mit je 10stündigem Betrieb angenommen.

Wie bereits im Abschn. 47 erwähnt, sind Steuern, allgemeine oder öffentliche Abgaben sowie Versicherungen in den Betriebskostentabellen unberücksichtigt geblieben, desgleichen die Kosten für Verwaltung.

Die für die verschiedenen Maschinengrößen angenommenen Brennstoffverbrauchsziffern sind in den Zahlentafeln 17—19 und 25—26 zusammengestellt.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß in den Betriebskostentabellen die Zahlen für die Wärmekraftmaschinen keinesfalls zu günstig, sondern eher etwas zu ungünstig gewählt wurden, während andererseits für die Elektromotoren eher zu günstige Verhältnisse angenommen worden sind. Dies geht unter anderem auch daraus hervor, daß der für kleine Elektromotoren mit geringer Betriebsdauer angenommene Strompreis ziemlich niedrig ist, da für solche seitens der Überlandwerke meistens ein Preis von 25 Pf./KW-st und mehr verlangt wird.

## Vierter Teil.

# Wahl der Betriebskraft.

### 50. Einleitung.

Ehe zur Wahl einer Kraftmaschine geschritten wird, muß festgestellt werden, ob im gegebenen Fall der Kraftmaschinenbetrieb auch wirtschaftliche Vorteile bietet, und wie groß der mittlere und der höchste Kraftbedarf sowie die jährliche Betriebsdauer sind. Für Betriebe mit verhältnismäßig großem Kraftbedarf ergibt sich die Notwendigkeit und die wirtschaftliche Überlegenheit des maschinellen Antriebes von selbst. Für Kleinbetriebe hingegen kann die Frage, ob der Antrieb durch eine Kraftmaschine von Vorteil ist, nicht immer kurzerhand beantwortet werden, da hier außer der Größe, dem Umfang des Betriebes und der allgemeinen Geschäftslage auch die örtlichen Verhältnisse, wie Löhne, Arbeiterverhältnisse usw. in Betracht zu ziehen sind. Es kann hier unter Umständen der Handbetrieb an sich zweckmäßiger sein. Trotzdem entscheiden auch hier die sonstigen Vorzüge des Maschinenantriebs meist zu dessen Gunsten.

Ist die Bedürfnisfrage gelöst, so handelt es sich um die Frage der anzuwendenden Maschinenart. Diese ist in der Regel weit schwieriger zu beantworten als die erstere, da die Verhältnisse selten so einfach liegen, daß nur eine einzige Lösung, wie z. B. bei Vorhandensein einer günstigen Wasserkraft, in Betracht zu ziehen wäre. Meist ist man vor die Notwendigkeit gestellt, diejenige Kraftmaschine auszuwählen, die unter Berücksichtigung der örtlichen und der besonderen betrieblichen Verhältnisse die geringsten Betriebskosten ergibt. Bei den vielen Arten von Kraftmaschinen, die uns heute zur Verfügung stehen, bei der großen Zahl gleichzeitig auftretender, sich gegenseitig beeinflussender Gesichtspunkte und bei der Unsicherheit gewisser Posten in wirtschaftlichen Vergleichsrechnungen ist die Wahl der zweckmäßigsten Betriebskraft selbst für den Fachmann nicht immer eine leichte Aufgabe.

Die Wahl einer Betriebskraft geschieht hauptsächlich auf Grund wirtschaftlicher Erwägungen (Abschnitt 51). Nicht selten sind aber auch andere Verhältnisse ausschlaggebend, wie die Einfachheit und Betriebssicherheit, der Raumbedarf, die Überlastungs- und Regulierfähigkeit, die mehr oder weniger rasche Betriebsbereitschaft, die

Geräuschlosigkeit bzw. die Ruhe des Ganges, die Frage der Rauchbelastigung usw. Auch die Kapitalbeschaffung spielt vielfach eine wichtige Rolle. Bezüglich dieser Verhältnisse sei auf die folgenden Abschnitte, insbesondere Abschnitt 52, 53, 60 und 61 verwiesen.

Der Einfluß, den die Art der Kraftübertragung auf die Wahl der Betriebskraft hat, wird in Abschnitt 51 unter „Wärmekraftmaschine oder Elektromotor“ sowie in Abschnitt 59 besprochen.

## 51. Wahl der Betriebskraft auf Grund wirtschaftlicher Gesichtspunkte<sup>1)</sup>.

### Allgemeines.

Die Punkte, die auf die Wahl einer Betriebskraft von maßgebendem Einfluß sind, lassen sich, wie bereits erwähnt, größtenteils weder durch mathematische, noch durch sonstige Gesetze von allgemeiner Gültigkeit zum Ausdruck bringen. Schon hier sei darauf hingewiesen, daß bei Wahl einer Betriebskraft vielfach der Fehler gemacht wird, daß den Versuchs- und Garantiezahlen eine übertriebene Bedeutung beigelegt wird; vgl. auch Abschn. 114. Für den Besteller handelt es sich weniger um einseitige Wertzahlen und Paradeziffern, als vor allem um ein wirtschaftliches Gesamtergebnis im wirklichen Betrieb.

Besonders wirtschaftlich gestaltet sich der Betrieb von Kraftanlagen, die mit einer Wärmeversorgung verbunden werden können. Von ausschlaggebendem Einfluß auf die Wahl der Betriebskraft ist deshalb der Umstand, ob es sich um reinen Kraftbetrieb, oder um einen Betrieb mit gemischtem Energiebedarf handelt. Der letztere Fall liegt vor bei Brauereien, Zuckerfabriken, chemischen Fabriken, Brikettfabriken, Papierfabriken, Webereien, Färbereien, Wäschereien, Badeanstalten usw. In allen diesen Betrieben wird außer Kraft auch Wärme zum Heizen, Kochen, Trocknen sowie zum Erwärmen von Luft und Wasser benötigt. Daneben kommen noch die sog. Heizungskraftwerke in Betracht. Hierher gehört vor allem die Vereinigung von Licht-Elektrizitätswerken und Fernheizwerken oder Fernwärmwasserversorgungen.

Für reinen Kraftbetrieb ist diejenige Kraftmaschine die wirtschaftlichste, die unter Berücksichtigung sämtlicher Aufwendungen die PS<sub>e</sub>-st am billigsten liefert. Für Betriebe mit gemischtem Energiebedarf hingegen ist diejenige Anlage die zweckmäßigste, welche die Gesamtenergie, Kraft und Wärme, am wohlfeilsten erzeugt.

Durch die Anwendung hochgespannten Heißdampfes sowie durch die Einführung der Sauggas- und Dieselmotoren ist der früher so

---

<sup>1)</sup> Die nachfolgenden Ausführungen entstammen im wesentlichen einem Aufsatz des Verfassers über „Die Wahl einer Betriebskraft“, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1912, S. 1610 u. folg.

bedeutende wirtschaftliche Vorsprung des zentralisierten Großbetriebes erheblich geringer geworden. Schon Kraftanlagen mittleren, ja selbst kleineren Umfanges ermöglichen heute einen einfachen und billigen Betrieb.

### Reine Kraftbetriebe.

Wird eine Wärmekraftanlage gut ausgenutzt, so entfällt gemäß früher meistens der Hauptteil der Betriebskosten auf die Brennstoffausgaben, zumal bei hohen Brennstoffpreisen. Den geringsten Wärme-

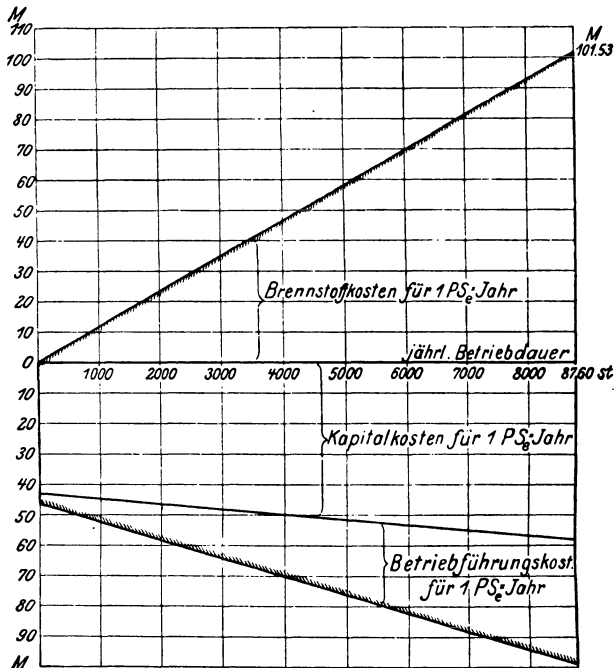


Fig. 52. Kosten des PS<sub>e</sub>-Jahres für einen durchschnittlich  $\frac{3}{4}$  belasteten 200-pferdigen Teeröl-Dieselmotor, ausschließlich Wasserkosten, in Abhängigkeit von der jährlichen Betriebsdauer, bei einem Preis des Teeröles von 4,50 M. für 100 kg (Zahlentafel 52).

verbrauch und die beste Wärmeausnutzung weisen Hochdruckölmaschinen. insbesondere Dieselmaschinen auf, die schlechteste Wärmeausnutzung hingegen Dampfkraftanlagen. Etwa ebenso billig wie Dieselmaschinen arbeiten Sauggasanlagen. Ihre Bedeutung und Anwendung ist jedoch seit der allgemeineren Einführung der Dieselmaschinen wesentlich zurückgegangen. Sauggasanlagen empfehlen sich heute nur noch dort, wo billige Brennstoffe zur Verfügung stehen, wie z. B. Koks-, Anthrazit- und Holzkohlenabfälle. Auch dort, wo billige Braunkohlenbriketts, billiger Torf oder Koks vorhanden ist, kann die Sauggasanlage hinsichtlich der Brennstoffkosten mit dem Teeröl-Dieselmotor erfolgreich

in Wettbewerb treten. Dabei hat die Sauggasanlage noch den Vorzug, daß sie bei entsprechender Bemessung der Generatoranlage gleichzeitig Heizgas, z. B. zum Betrieb einer Lötanlage, zum Betrieb von Härteöfen, Trockenöfen, zum Erwärmen von Radbandagen und dergl., sowie allenfalls zum Betrieb einer Fernheizung liefern kann; denn Generatorgas läßt sich auf größere Entfernungen bequemer und billiger fortleiten als Dampf.

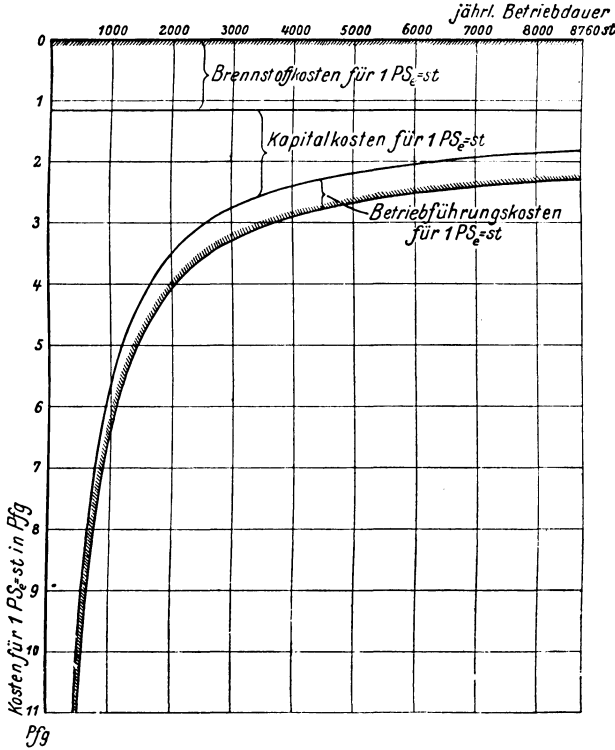


Fig. 53. Kosten der PS<sub>e</sub>-Stunde für einen durchschnittlich  $\frac{3}{4}$  belasteten 200-pferdigen Teeröl-Dieselmotor, ausschließlich Wasserkosten, in Abhängigkeit von der jährlichen Betriebsdauer, bei einem Preis des Teeröles von 4,50 M. für 100 kg (Zahlentafel 52).

Man kann heute sagen, daß in den meisten Gegenden Deutschlands in Fällen, in denen es sich um reine Krafterzeugung handelt, die Dieselmotoren in bezug auf die Brennstoffkosten unsere wirtschaftlichsten Kraftmaschinen sind, sofern für größere Einheiten Steinkohlenteeröl oder allenfalls der im Preise noch billigere Steinkohlenteer oder Gasölteer verwendet wird<sup>1)</sup>. Dieselmotoren unter etwa

<sup>1)</sup> Mit Steinkohlenteer und Gasölteer liegen bereits im praktischen Dauerbetrieb ausgeführte Versuche vor, die nach Wissen des Verfassers ganz günstige Ergebnisse geliefert haben.

50—100 PS (je nach dem Belastungsfaktor) werden für gewöhnlich besser mit Gasöl betrieben. Der Teerölbetrieb ist hierfür zurzeit deswegen weniger zu empfehlen, weil hierbei die Motoranlage doch etwas komplizierter und empfindlicher wird, und weil bei kleineren Motoren der Anteil der Brennstoffausgaben an den gesamten Betriebskosten an sich ein geringerer ist, so daß hier schon aus diesem Grunde die Annehmlichkeiten des reinen Gasölbetriebes zu dessen Gunsten sprechen. Das Teeröl fängt vielfach schon bei Temperaturen von etwa  $+ 5^{\circ} \text{C}$  an, zu stocken, d. h. dickflüssig zu werden, und verlangt deshalb bei niedrigen Temperaturen besondere Anwärmvorrichtungen. Es hat sodann noch die unangenehme Eigenschaft, daß es infolge seines

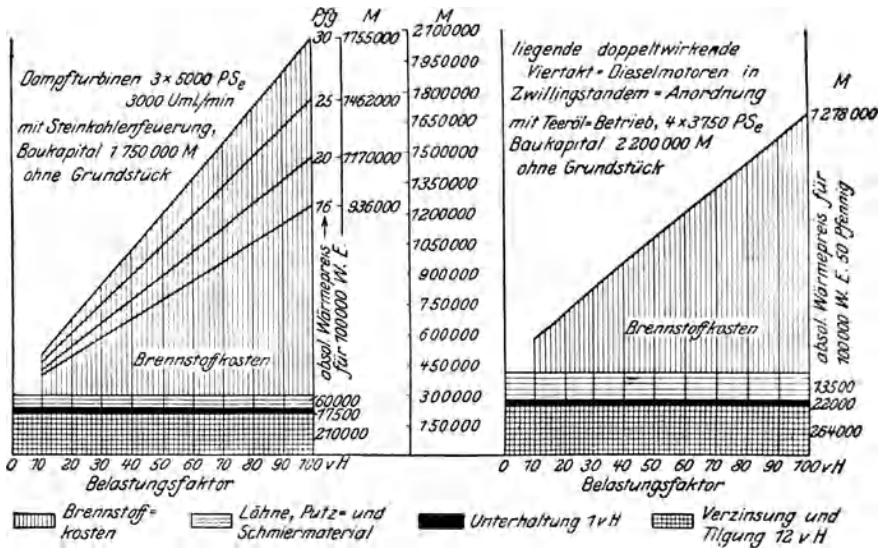


Fig. 54 und 55. Gesamte jährliche Betriebskosten eines Elektrizitätswerkes von 15000 PS<sub>e</sub> = 10000 KW Gesamtleistung bei Betrieb mit Dampfturbinen und Dieselmotoren.

Schwefelgehaltes die meisten Metalle angreift, und endlich verschmutzt der Motor bei Betrieb mit Teeröl immerhin leichter als mit Gasöl. Aus allen diesen Gründen empfiehlt sich die Verwendung von Teeröl nur für größere Motoren. Für diese aber bedeutet das Teeröl ein Betriebsmittel, das für die Zukunft der deutschen Kraftwirtschaft von größter Bedeutung ist.

Aus vorstehenden Darlegungen darf nicht etwa gefolgert werden, daß diejenige Maschine, die die geringsten Brennstoffkosten verursacht, auch immer die wirtschaftlichste ist, da die übrigen Kosten, nämlich die Kapitalkosten und die Betriebsführungskosten das ganze Bild wieder verschieben können. Dies tritt gemäß Fig. 52 und 53 besonders dann ein, wenn der Ausnützungsfaktor der betreffenden

Anlage gering ist, sei es daß die Maschine nur schwach belastet ist, oder daß es sich um kurze Betriebszeiten oder um Reserveanlagen handelt. In diesem Fall spielen die Brennstoffkosten gewöhnlich nicht die entscheidende Rolle wie die Kapitalkosten.

Wenn beispielsweise ein großes Elektrizitätswerk die Wahl hat zwischen einer Dieselmachine und der in der Anschaffung meist wesentlich billigeren Dampfturbinenanlage, so werden bei niedrigem

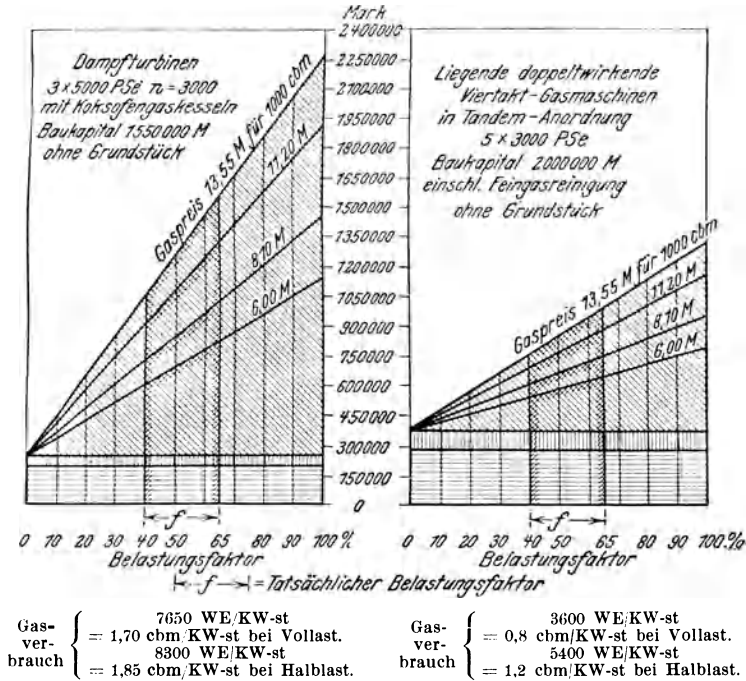


Fig. 56 und 57. Gesamte jährliche Betriebskosten einer Hüttenwerkszentrale bei Betrieb mit Koksfeingas von 4500 WE Heizwert.  
 Bedeutung der schraffierten Flächen wie in Fig. 58 u. 59.

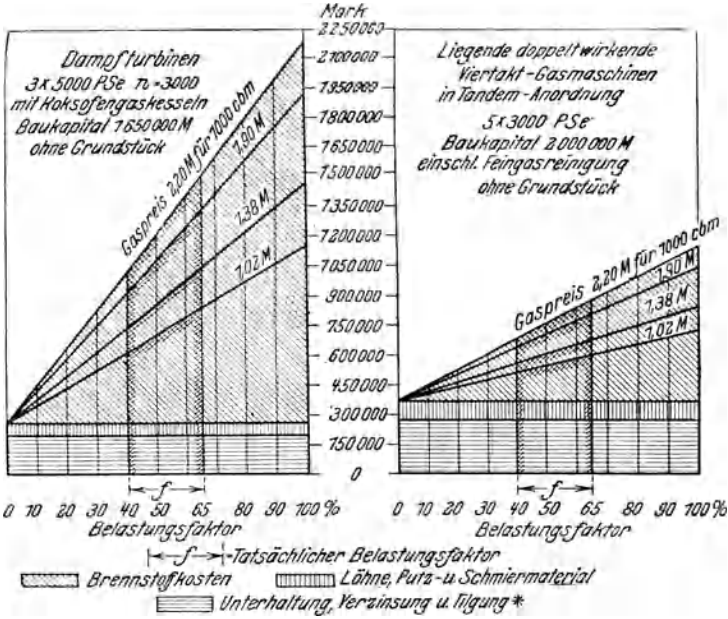
Ausnutzungsfaktor die geringeren Kapitalkosten der Dampfturbine die Entscheidung zu deren Gunsten herbeiführen, insbesondere wenn die örtlichen Brennstoffpreise niedrig sind. Dagegen werden bei hohem Ausnutzungsfaktor und hohem örtlichen Wärmepreis die geringeren Brennstoffkosten des Dieselmotorenbetriebes die Entscheidung zugunsten des letzteren beeinflussen; vgl. Fig. 54 und 55. Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn es sich um die Wahl zwischen Dampfturbinen und Großgasmaschinen handelt; vgl. die Fig. 56—59<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Fig. 54 und 55 entstammen einem Aufsatz von M. Gercke in der Zeitschrift „Technik und Wirtschaft“ 1912, S. 533. Die Fig. 56—59 entstammen einem Aufsatz desselben Verfassers in „Stahl und Eisen“ 1913, S. 969 ff.



Daß eine Dampfanlage dort zu bevorzugen ist, wo Betriebsabfälle, wie Hobel- und Sägespäne, Stroh, Lohe usw., gegebenenfalls mit Kohlen vermischt, verfeuert werden können, sowie dort, wo die Einrichtung einer Müllverbrennung geplant ist, sei nur nebenbei erwähnt.

Zugunsten der Dampfanlage spricht nicht selten auch deren große Überlastbarkeit. Während Verbrennungsmaschinen, wenigstens



Gasverbrauch	{	8900 WE/KW-st	Gasverbrauch	{	3600 WE/KW-st
		= 10 cbm/KW-st bei Vollast.			= 4 cbm/KW-st bei Vollast.
		9900 WE/KW-st			5400 WE/KW-st
		= 11 cbm/KW-st bei Halblast.			= 6 cbm/KW-st bei Halblast.

Fig. 58 und 59. Gesamte jährliche Betriebskosten einer Hüttenwerkszentrale bei Betrieb mit Hochofengas von 900 WE Heizwert.

(\* 12% für die Dampfturbinenanlage, 14% für die Gasmaschinenanlage. Kosten für Verwaltung, Grundstücke, Grobgasreinigung und Wasserversorgung sind nicht berücksichtigt.)

bei der heutigen Geschäftslage, in der Regel nur mit einer vorübergehenden Überlastung von 10—20% über ihre Normalleistung (hier Dauerleistung) verkauft werden, haben Dampfanlagen eine dauernde Überlastungsfähigkeit von 20—30% und vorübergehend noch erheblich mehr. Dies ist besonders für solche Betriebe wertvoll, die oft nur für kurze Zeit eine größere Kraft erfordern.

Verbrennungsmaschinen haben im übrigen den Vorzug rauch- und rußfreien Betriebes, geringen Platzbedarfes, geringen Wasserverbrauches und nicht zuletzt den Vorteil, daß sie stets betriebsbereit und in jedem Raum aufstellbar sind. Nach Wissen des Verfassers bestehen nur bei Sauggasanlagen an manchen Orten Vorschriften,

die bei der Aufstellung zu berücksichtigen sind. Auch ist hier der Motor mit Rücksicht auf den Gaserzeuger nicht jederzeit betriebsbereit.

Der Umstand, daß Verbrennungsmaschinen von der Revisionspflicht frei sind, bedeutet ohne Zweifel einen Vorzug, wenngleich nicht zu verkennen ist, daß die Revision für manchen Betrieb segensreich wirkt, insofern als sie die Wirtschaftlichkeit indirekt verbessert.

An dieser Stelle sei auch erwähnt, daß man bei Dampfanlagen nicht von einem bestimmten Brennstoff abhängig ist, was im Falle von Streiks oder sonstigen Störungen in der Kohlenzufuhr sehr wertvoll sein kann. Andererseits hat auch der Dieselmotor den Vorzug, unabhängig von dem Brennstoff der Dampfzentralen zu sein; dabei erfordert das Abfüllen und die Zufuhr des Treiböls nur wenig Bedienungspersonal.

Im Falle der Wahl einer Dampfanlage sind im allgemeinen für kleine Leistungen die Lokomobile, für mittlere Leistungen diese oder die ortsfeste Kolbendampfmaschine und für große Leistungen, schon aus rein betriebstechnischen Gründen, in erster Linie die Dampfturbine zu empfehlen, und zwar letztere vor allem dort, wo es sich um den direkten Antrieb raschlaufender Maschinen handelt. Speziell die Heißdampflokomobile hat es heute zu einem so hohen Grad technischer und thermischer Vollkommenheit gebracht, daß sie in bezug auf Wirtschaftlichkeit sogar an Großbetriebe heranreicht.

Für vorübergehende und Aushilfsbetriebe ist die Lokomobile die geeignetste Wärmekraftmaschine, da sie keine größeren Fundamente erfordert, in kürzester Zeit aufgestellt und nach Gebrauch leicht wieder verkauft werden kann.

Bei Verbrennungsmaschinen wird man sich für kleinere Anlagen in der Regel zwischen Leuchtgas-, Benzol- oder Naphthalinmotoren zu entscheiden haben. Für mittlere und größere Anlagen hingegen sind Dieselmotoren, unter Umständen Gasmaschinenanlagen zu bevorzugen. Insbesondere die Dieselmotoren entwickeln sich heute in raschem Tempo auch zu Großkraftmaschinen. Ob allerdings bei den immerhin beschränkten Vorräten an Teeröl, die uns heute zur Verfügung stehen, die Groß-Dieselmotoren gute Aussichten für die Zukunft haben, erscheint fraglich. Es ist jedenfalls zweckmäßiger, die Vorteile des Teerölbetriebs den kleineren und mittleren Maschinen zugute kommen zu lassen. Für größere Leistungen ist in der Dampfkraftmaschine, vor allem der Dampfturbine, bereits eine sehr wirtschaftlich arbeitende Kraftmaschine vorhanden, wie die Betriebskostenberechnungen im Anhang deutlich erkennen lassen.

Für Betriebe mit stark und plötzlich wechselnder Belastung sind Sauggasanlagen im allgemeinen nicht zu empfehlen, da sie über eine nennenswerte Gasreserve nicht verfügen und der Generator seinen Wärmezustand nicht plötzlich zu ändern vermag.

Um die Vorteile des Dampf- und Verbrennungsmaschinenbetriebes miteinander zu vereinigen, kann sich unter Umständen für größere

Werke eine kombinierte Kraftanlage als zweckmäßig erweisen, wobei der konstante Teil der Belastung auf Verbrennungsmaschinen, der variable dagegen auf Dampfmaschinen, insbesondere Turbinen, übertragen wird. Da die während weniger Stunden des Tages auftretenden Spitzen der Belastung einem kleinen Ausnutzungskoeffizienten entsprechen, so ist hierfür die in der Anschaffung billige Dampf-anlage wirtschaftlicher als die Verbrennungsmaschinenanlage. Verbrennungsmaschinen, z. B. Dieselmotoren, kommen höchstens dann für eine nur zeitweise Benützung in Betracht, wenn auf sofortige Betriebsbereitschaft besonderer Wert gelegt wird. Im übrigen jedoch ist die Dampfkraftmaschine die zweckmäßigste Spitzen- und Reserve-maschine. In den meisten Fällen allerdings dürfte auf die durch eine Kombination von Dampf- und Verbrennungsmaschinen erreichbaren wirtschaftlichen Vorteile zugunsten der Einheitlichkeit und Einfachheit des Betriebes zu verzichten sein.

Auf die infolge des heftigen Wettbewerbes lebhaft umstrittene Frage „Wärme-kraftmaschine oder Elektromotor“ soll im nachfolgenden besonders eingegangen werden.

### **Kraftbetriebe mit Abwärmeverwertung.**

Während bei ausschließlicher Krafterzeugung die Verbrennungsmaschine, wenigstens auf dem Gebiet der kleineren Leistungen, im allgemeinen wirtschaftlicher arbeitet als die Dampfmaschine, stellt sich für Betriebe, die außer Kraft auch Wärme zu Heiz- und Fabrikationszwecken benötigen, die Dampfkraftmaschine als die einfachste und wirtschaftlichste Betriebskraft dar. Denn bei gleichzeitigem Bedarf von Kraft und Wärme kommen nicht mehr die Kosten der PSe-st in Betracht, sondern die insgesamt für Kraft- und Wärmeerzeugung aufzuwendenden Kosten. Hierbei ist die Dampfanlage, ganz abgesehen von ihren geringeren Anschaffungskosten, grundsätzlich im Vorteil, insofern als für sie jeder Brennstoff verwendbar ist. Man kann hier jeweils den im Wärmepreis ortsbilligsten Brennstoff auswählen, was bei Verbrennungsmaschinen bekanntlich nicht möglich ist. Dabei hat die Dampfanlage noch den Vorzug, daß sich die Anforderungen hinsichtlich des Wärmebedarfs ganz unabhängig vom Betrieb der Kraftmaschine befriedigen lassen. Beispielsweise kann man der Dampfkraftmaschine, im Gegensatz zur Verbrennungsmaschine, durch Zwischendampfentnahme in weiten Grenzen unabhängig von der Belastung Wärme entziehen. Ist eine Dampfkraftmaschine außer Betrieb, so kann eine direkte Wärmeentnahme aus dem Kessel stattfinden. Bei Verbrennungsmaschinen hingegen läßt sich eine direkte Wärmeentnahme (in Form von Heizgas) nur dort vorsehen, wo eine eigene Gas-erzeugungsanlage vorhanden ist.

Wenn es sich einrichten läßt, wird man allerdings auch in Fällen, in denen Kraft- und Wärmebedarf zeitlich nicht zusammen-

fallen, die direkte Wärmeentnahme aus dem Dampfkessel oder dem Generator zu vermeiden suchen, sei es, indem man die Abhitze zunächst in Wärmespeicher überführt, oder indem man elektrische oder hydraulische Akkumulatoren anwendet. Denn bekanntlich wird nur ein geringer Teil der aufgewandten Wärme zur Arbeitsleistung verbraucht, während der weitaus größere Teil die Maschine wieder verläßt. Letztere spielt hierbei, gleichgültig, ob es sich um eine Dampf- oder eine Verbrennungsmaschine handelt, gewissermaßen nur die Rolle eines arbeitverrichtenden Drosselorgans.

Der Umstand, daß bei Dampfmaschinen die Brennstoffwärme zur Krafterzeugung schlechter ausgenutzt wird als bei Verbrennungsmaschinen, hat zur Folge, daß bei Dampfmaschinen weit mehr Abwärme zur Verfügung steht, als bei Verbrennungsmaschinen; vgl. Fig. 41. Ein ungefähres Bild von der Menge der verfügbaren Abwärme bekommt man, wenn man von den Wärmeverbrauchsahlen der einzelnen Kraftmaschinen den Wärmewert, der 1 PS-st entspricht, 632,3 WE, abzieht. Man erkennt alsdann, daß die verfügbare Abwärme bei der Dampfmaschine weitaus am größten, bei der Dieselmachine hingegen am kleinsten ist. Dazu kommt noch, daß sich bei Dampfmaschinen die Abwärme bequemer und billiger ausnützen läßt, als bei Verbrennungsmaschinen; bei Dampfmaschinen steht nämlich die Abwärme in der äußerst bequemen Form von Dampf zur Verfügung, bei Verbrennungsmaschinen hingegen teils in Form von erwärmtem Kühlwasser, teils in Form von heißen, verunreinigten Auspuffgasen. Letztere haben ein großes Volumen bei verhältnismäßig sehr geringem Wärmeinhalt. Da das Wärmeübertragungsvermögen von Gasen im Gegensatz zu kondensierendem Wasserdampf ein sehr geringes ist, so sind zur Ausnützung der Abgaswärme verhältnismäßig große Heizflächen nötig.

Das Kühlwasser verläßt bei größeren Verbrennungsmaschinen den Zylinder mit Temperaturen von etwa 40° C, bei kleineren mit etwa 50° C. Wasser von so niedriger Temperatur ist nur selten verwendbar. Insbesondere bei Dieselmotoren, bei denen Vorzündungen nicht zu befürchten sind, kann man mit der Ablauftemperatur wesentlich höher gehen. Man läßt das Kühlwasser kleinerer Dieselmotoren, schon mit Rücksicht auf möglichst geringen Wasserverbrauch, mit Temperaturen von 70—80° C ablaufen, vorausgesetzt, daß das Wasser nicht reich an Kesselsteinbildnern ist. Wasser von dieser hohen Temperatur läßt sich bereits für verschiedene gewerbliche Zwecke ausnutzen. Bei ganz großen Dieselmotoren geht man allerdings mit der Ablauftemperatur auch nicht über 40—50° C, um Wärmeverzerrungen der Zylinder zu vermeiden. Wo das Kühlwasser in die städtische Kanalisation abfließt, darf man unter Umständen nicht über 35° C gehen.

Die Auspuffgase verlassen den Motor gemäß Abschn. 14 bei voller Belastung mit Temperaturen von 400—600° C. Damit kann man ohne Schwierigkeit Dampf, selbst hoch überhitzten, erzeugen.

Je vollkommener sich der Verbrennungsvorgang im Arbeitszylinder abspielt, desto niedriger ist die Expansions-Endspannung und desto niedriger mithin auch die Temperatur der Auspuffgase. Damit hängt es zusammen, daß die Auspuffgase von Dieselmotoren eine wesentlich niedrigere Temperatur besitzen als diejenigen von Gasmaschinen.

Die Auspuffgase werden am besten zur Heißwasser- oder Dampferzeugung ausgenützt. Der hierzu nötige Abwärmeverwerter erfordert verhältnismäßig wenig Platz und hat als angenehme Eigenschaft eine stark schalldämpfende Wirkung, was in erster Linie mit der durch die Abkühlung verursachten Volumenverminderung der Abgase zusammenhängt.

Den auf solche Weise erzeugten Dampf oder das Warmwasser kann man zu Heizzwecken ausnützen, insbesondere den Dampf auch zur Herstellung destillierten Wassers für chemische Zwecke oder zum Füllen von Akkumulatorenbatterien verwenden. Hierbei wird zweckmäßig das den Motor verlassende Kühlwasser weiter erwärmt. Verläßt das Kühlwasser den Motor mit  $50^{\circ}\text{C}$ , so ist man in der Lage, dasselbe bis auf  $70\text{--}75^{\circ}\text{C}$  zu erhitzen. Soll nur ein Teil des Ablaufwassers verwendet werden, so lassen sich auch höhere Temperaturen erreichen. Wo der Abwärmeverwerter als Ekonomiser ausgebildet wird, in dem das Wasser unter Kesseldruck steht, kann man Wassertemperaturen über  $100^{\circ}\text{C}$  erzielen. Je höhere Wassertemperaturen allerdings zu erzeugen sind, desto weniger tief lassen sich bei einer bestimmten Heizfläche des Verwerters die Auspuffgase herunterkühlen, mit Rücksicht auf das abnehmende Temperaturgefälle zwischen den Gasen und dem Wasser.

Die Zahlentafeln 20 und 21 enthalten Wärmebilanzen für zwei Dampf- und zwei Verbrennungsmotoren, wobei jeweils eine mittlere Maschinengröße von 200 PS<sub>e</sub> zugrunde gelegt wurde. Die einzelnen Zahlen sind unter der Voraussetzung angenommen, daß sich die Maschinenanlagen in tadellosem Zustand befinden und daß sie sachgemäß und aufmerksam bedient werden. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, werden vielmehr die Maschinen freiwillig oder unfreiwillig mit schlechtem Wirkungsgrad betrieben, so wächst deren Wärmeverbrauch und es ergibt sich eine entsprechend größere Abwärmemenge. Kann diese nutzbringend verwandt werden, so spielt der erhöhte Brennstoffverbrauch keine Rolle. Nur bei Dampfkraftanlagen ist ein durch schlechte Feuerbedienung entstehender größerer Kesselverlust nicht mehr zurückzugewinnen.

Bei Verbrennungsmotoren ist gemäß Abschn. 42 der Wärmeverbrauch für die PS<sub>e</sub>-st nur wenig von der Maschinengröße abhängig. Bei Dampfmaschinen hingegen, wenigstens bei ortsfesten, wächst der Wärmeverbrauch von etwa 200 PS abwärts meist verhältnismäßig stark, weshalb hier kleinere Leistungseinheiten entsprechend größere Abwärmemengen für die PS<sub>e</sub>-st ergeben; vergl. Fig. 38 und 41.

Zahlentafel 20.

Wärmebilanz einer Dampfkraftanlage von rd. 200 PS<sub>e</sub>.

Von der zugeführten Wärme entfallen auf:	Heißdampf-Auspuffmaschine		Heißdampf-Kondensationsmaschine	
	WE	%	WE	%
Verluste in Kesselanlage und Leitung . . . . .	1750	25	1250	25
In Nutzarbeit umgesetzte Wärme .	632	9	632	12,6
Maschinenverluste durch Reibung, Strahlung und Leitung . . . .	168	2,4	168	3,4
Wärmeinhalt des Abdampfes . . .	4450	63,6	2950	59
Wärmeverbrauch für 1 PS <sub>e</sub> -st . . .	7000	100	5000	100

Zahlentafel 21.

Wärmebilanz einer Verbrennungsmaschinenanlage von rd. 200 PS<sub>e</sub>.

Von der zugeführten Wärme entfallen auf:	Gasmaschine		Dieselmaschine	
	WE	%	WE	%
In Nutzarbeit umgesetzte Wärme .	632	27,5	632	34,2
Verluste durch Reibung und Strahlung (einschl. Luftpumpenarbeit)	160	7	200	10,8
Ins Kühlwasser übergeführte Wärme	800	34,8	500	27
Aus den Abgasen verwertbare Wärme <sup>1)</sup> . . . . .	500	21,7	320	17,3
Verlorene Abgaswärme (in und hinter Verwerter) . . . . .	208	9	198	10,7
Wärmeverbrauch für 1 PS <sub>e</sub> -st . . .	2300	100	1850	100

Aus den Zahlentafeln 20 und 21 ergibt sich, daß bei Kondensations-Dampfmaschinen der angenommenen Größe etwa 3000 WE, bei Auspuffmaschinen etwa 4500 WE/PS<sub>e</sub>-st aus dem Abdampf gewonnen werden können. Demgegenüber lassen sich bei Verbrennungsmaschinen nur etwa 300—500 WE/PS<sub>e</sub>-st, d. i. etwa der zehnte Teil aus den Abgasen nutzbar machen. Berücksichtigt man jedoch bei Verbrennungsmaschinen noch die Kühlwasserwärme, so bleibt die maximal erreichbare Brennstoffausnutzung für Kraft- und Wärmeerzeugung zusammengenommen nicht hinter derjenigen bei Dampfmaschinen zurück. Bei voller Verwertung der an das Kühlwasser abgegebenen Wärme beträgt die Gesamtwärmeausnutzung bei der Gasmaschine

<sup>1)</sup> Hierbei ist angenommen, daß die Temperatur der Abgase hinter dem Verwerter unter Berücksichtigung der in demselben stattfindenden Wärmeverluste noch rd. 150° C beträgt.

84<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und bei der Dieselmachine 78,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, gegenüber 72,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> bei der Auspuffdampfmaschine und 71,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> bei der Kondensationsmaschine.

Nun läßt sich allerdings in der Praxis meist nur ein Teil der vom Kühlwasser aufgenommenen Wärme ausnutzen. Nimmt man gemäß Zahlentafel 21 an, daß bei Gasmaschinen rd. 800 WE/PS<sub>e</sub>-st ins Kühlwasser übergehen, so ergibt sich der Verbrauch an Kühlwasser bei 10<sup>0</sup> C Zufuß- und 50<sup>0</sup> C Abfußtemperatur zu 20 ltr/PS<sub>e</sub>-st. Beträgt die aus den Abgasen verwertbare Wärme rd. 500 WE, so ergeben sich bei Weitererwärmung des Kühlwassers die aus Zahlentafel 22 ersichtlichen Verhältnisse.

Zahlentafel 22.  
Wärmeausnutzung bei Gasmaschinen.

	Weitererwärmung des Kühlwassers von 50 <sup>0</sup> C auf					
	Wasser von				Dampf von 12 at gesätt.	
	75 <sup>0</sup>	100 <sup>0</sup>	125 <sup>0</sup>	150 <sup>0</sup>	300 <sup>0</sup>	
Von dem abfließenden Kühlwasser lassen sich verwenden . . . . . ltr	20	10	6,7	5	0,81	0,74
Desgl. in Proz. . . . . %	100	50	33	25	4	3,7
Gesamtwärmeausnutzung <sup>1)</sup> %	84	67	61	58	51	50

Bei Dieselmotoren, bei denen gemäß oben eine höhere Kühlwasser-Ablauftemperatur als 50<sup>0</sup> C zugelassen werden kann, läßt sich ein entsprechend größerer Teil der Kühlwasserwärme ausnutzen. Nimmt man auf Grund von Zahlentafel 21 an, daß bei Dieselmotoren 500 WE ins Kühlwasser übergehen und daß 320 WE aus den Abgasen gewonnen werden können, so würde sich bei 10<sup>0</sup> Zufuß- und 70<sup>0</sup> Abfußtemperatur ein Kühlwasserbedarf von 8,3 ltr/PS<sub>e</sub>-st ergeben. Diese Wassermenge läßt sich durch die Abgase bis auf 108<sup>0</sup> C erwärmen, entsprechend einer Gesamtwärmeausnutzung von 78,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Läuft hingegen das Kühlwasser, wie z. B. bei größeren Gasmaschinen oder bei Ableitung in die städtische Kanalisation, mit weniger als 50<sup>0</sup> ab, und ist noch dazu die Zulauftemperatur höher als 10<sup>0</sup>, so braucht man entsprechend mehr Kühlwasser und kann infolgedessen einen geringeren Teil von dessen Wärme zur Heißwasser- oder Dampferzeugung nutzbar machen. Die erreichbare Wärmeausnutzung ist alsdann geringer als in Zahlentafel 22 angegeben.

Wird bei großer Härte des Kühlwassers eine Rückkühlanlage aufgestellt, um dasselbe Wasser wieder verwenden zu können, so

<sup>1)</sup> Hierbei wurde nicht weiter berücksichtigt, daß sich die Auspuffgase gewöhnlich um so weniger weit herunterkühlen lassen, je höher die gewünschte Wassertemperatur ist.

muß auf die Ausnützung der Kühlwasserwärme unter Umständen überhaupt verzichtet werden. Die Gesamtwärmeausnützung würde in diesem Fall auf rd. 49<sup>0</sup>/<sub>0</sub> heruntergehen.

Gemäß Zahlentafel 22 kann man bei Verbrennungsmaschinen durch gleichzeitige Ausnützung der Abgas- und Kühlwasserwärme zum Zwecke der Heißwassererzeugung Gesamtwirkungsgrade von etwa 58—84<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, zum Zweck der Dampferzeugung hingegen nur solche von etwa 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> erzielen. Diese Ausnützungsziffern sind jedoch praktisch nur dort möglich, wo das Wasser zu Gebrauchs- oder Fabrikationszwecken oder zum Speisen von Hochdruckdampfkesseln verwandt werden kann, nicht aber dort, wo es ausschließlich zu Heizzwecken dienen soll. Denn bei dieser Verwendungsart ist man gewöhnlich nicht in der Lage, das Wasser bis auf die Zulauftemperatur zum Motor abzukühlen. Dieser Fall wäre nur dann möglich, wenn das aus der Heizung abfließende Wasser immer wieder dem Motor zugeführt werden würde. Tritt z. B. das Wasser mit 40<sup>0</sup> aus dem letzten Heizkörper aus — eine weitergehende Abkühlung würde zu große Heizflächen erfordern — und erwärmt es sich beim Durchfließen der Kühlräume des Motors auf 70<sup>0</sup>, so kann es durch die Auspuffgase weiter bis auf etwa 89<sup>0</sup> erwärmt werden. Bei einer derartigen Arbeitsweise ließe sich jedoch nur dann ein dauernder Gleichgewichtszustand aufrecht erhalten, wenn das Kraft- und Heizbedürfnis unverändert dasselbe bliebe, was in Wirklichkeit nie zutrifft. Speziell bei Niederdruckdampfheizungen, wo das Kondensat unmittelbar wieder in den Kessel zurückfließt, muß an sich auf die Ausnützung der Kühlwasserwärme verzichtet werden. Sodann ist es bei größeren Dieselmotoren nicht möglich, mit dem Rücklaufwasser aus einer Warmwasserheizung zu kühlen, da hierbei die Eintrittstemperatur des Wassers mit Rücksicht auf eine wirksame Kühlung des Kompressors zu hoch würde. Man muß hier notgedrungen mit Frischwasser kühlen.

Man kommt infolgedessen bei Verbrennungsmaschinen mit der Gesamtwärmeausnützung gewöhnlich nicht über 50—60<sup>0</sup>/<sub>0</sub> hinaus. Demgegenüber kann man bei Dampfanlagen unter Umständen bis zu 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Brennstoffwärme nutzbar machen.

In den Zahlentafeln 20—22 ist volle Belastung der Maschinen vorausgesetzt. Bei nur teilweiser Belastung ist der Brennstoffverbrauch für 1 PS<sub>e</sub>-st größer, weshalb in diesem Fall verhältnismäßig mehr Abwärme gewonnen werden kann. Im ganzen genommen ist jedoch die Abwärmemenge kleiner; sie sinkt etwa proportional der indizierten Leistung. Nur bei Gasmaschinen mit Qualitätsregulierung tritt es, schlechte Einstellung vorausgesetzt, leicht ein, daß bei geringer Belastung und im Leerlauf die Temperatur der Abgase infolge schleichender Verbrennung größer ist, als bei vollbelasteter Maschine, so daß hier die in den Auspuffgasen enthaltene Wärmemenge bei Teilbelastung und im Leerlauf im ganzen genommen annähernd ebenso groß sein kann, wie bei vollbelasteter Maschine.



Bei Verbrennungsmaschinen mit Gaserzeugungsanlage ist der Wärmeverbrauch um den Betrag der Generatorverluste größer, ohne daß jedoch mehr Abwärme zur Verfügung steht. Die Gesamtwärmeausnutzung ist deshalb hier entsprechend schlechter. Sie würde in dem Beispiel der Zahlentafel 21, volle Verwertung der Kühlwasserwärme vorausgesetzt, auf etwa 64<sup>0</sup>/<sub>0</sub> heruntergehen, ohne Verwertung der Kühlwasserwärme auf etwa 38<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Wenn es sich allerdings darum handeln würde, die Generatorverluste zu verringern, so wäre dies, rein technisch betrachtet, ohne weiteres möglich. Die Verluste bestehen nämlich vorwiegend in der Wärmeausstrahlung des Generators und in der nutzlosen Abkühlung des erzeugten Gases im Naßreiniger. Der Strahlungsverlust läßt sich fast gänzlich vermeiden, wenn man den Generator mit einem Wassermantel umgibt und das in diesem erwärmte Wasser anderweitig ausnützt. Auch die im Gas enthaltene Wärme läßt sich zur Erzeugung warmen Wassers nutzbar machen. Man könnte so den Wirkungsgrad der Generatoranlage im äußersten Fall bis auf etwa 95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> hinaufbringen. Der Rest entfiel alsdann auf den Rostverlust und die beim Beschicken und Stochern entstehenden Wärmeverluste.

Für gewöhnlich kann man annehmen, daß sich bei normal belasteten Gasmaschinen etwa 500 WE aus den Abgasen gewinnen lassen. Um keine zu große Heizfläche für den Abgasverwerter zu bekommen, wird man sich unter Umständen mit 300—400 WE/PS<sub>e</sub>-st begnügen. Bei Dieselmotoren kommt man bei normaler Belastung gewöhnlich nicht über etwa 300 WE hinaus, es sei denn, daß man die Auspuffgase durch Anordnung entsprechend großer Heizflächen tiefer als 150°C abkühlt. Letzteres ist aber aus zwei Gründen nicht zu empfehlen, erstens wegen der höheren Anschaffungskosten des Verwerters und zweitens mit Rücksicht darauf, daß bei zu weitgehender Abkühlung der Gase durch ihren Schwefelgehalt bedingte chemische Angriffe eintreten, die eine entsprechend raschere Zerstörung des Abgasverwerters zur Folge haben, insbesondere wenn dieser aus Schmiedeeisen besteht.

Die Zahlentafeln 23 und 24 geben eine Vorstellung von den jährlichen Brennstoffersparnissen, die sich bei einer 200- und einer 2000pferdigen Gasmaschine durch Aufstellung eines Abwärmeverwerters erzielen lassen. Die Zahlentafeln sind unter Zugrundelegung von zwei verschiedenen Brennstoffpreisen und Betriebsstundenziffern unter der Voraussetzung durchgerechnet, daß nur die in den Auspuffgasen enthaltene Wärme ausgenützt wird. Und zwar wurde für 1 PS<sub>e</sub>-st eine ausnützbare Wärmemenge von 400 WE angenommen. Die Anschaffungskosten der Verwerter samt Zubehör wurden zu rd. 2000 bzw. 7000 M. angenommen und die Belastung der Maschinen zu jeweils <sup>3</sup>/<sub>4</sub> ihrer Normalleistung. Bemerkt sei, daß diese Preise niedrig gegriffen sind; in Wirklichkeit werden die Anschaffungskosten der Verwerter meist höher sein.

Wenn als ausnützbares Abwärme nur der Betrag von 400 WE

eingesetzt wurde, so ist dies verhältnismäßig wenig, in Anbetracht dessen, daß die Maschinen nicht voll belastet sind. In Wirklichkeit lassen sich deshalb noch größere Ersparnisse erzielen, als in Zahlentafeln 23 und 24 angegeben, zumal für gewöhnlich, selbst bei Großgasmaschinen, der Wärmeverbrauch bei Vollbelastung rd. 2500 WE/PS<sub>e</sub>-st beträgt, so daß sich entsprechend mehr Abwärme als in Zahlentafel 21 ergibt.

Die Betriebskosten der Abgasverwerter bestehen nur in deren Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung, da so gut wie keine Bedienung erforderlich ist. Auch Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung brauchen unter Umständen nicht gerechnet zu werden, nämlich dann, wenn durch Aufstellung eines Abgasverwerter die Kosten für eine besondere Wärmeerzeugungsanlage gespart werden können.

Zahlentafel 23.

Abgasverwertung bei einer Gasmaschine von 200 PS<sub>e</sub>,  
<sup>3</sup>/<sub>4</sub>-Belastung.

Wert von 10000 WE in Form von Heißwasser oder Dampf	2,5 Pf.		5 Pf.	
	Jährliche Betriebsdauer . . . . st	3000	8760	3000
Wert der Abwärme . . . . . M.	450	1314	900	2628
20% Abschreibung, Verzinsung und Reparaturen . . . . . M.	400	400	400	400
Jährliche Ersparnis durch Ab- wärmeverwertung . . . . . M.	50	914	500	2228

Zahlentafel 24.

Abgasverwertung bei einer Gasmaschine von 2000 PS<sub>e</sub>,  
<sup>3</sup>/<sub>4</sub>-Belastung.

Wert von 10000 WE in Form von Heißwasser oder Dampf	2,5 Pf.		5 Pf.	
	jährliche Betriebsdauer . . . . st	3000	8760	3000
Wert der Abwärme . . . . . M.	4500	13140	9000	26280
20% Abschreibung, Verzinsung und Reparaturen . . . . . M.	1400	1400	1400	1400
jährliche Ersparnis durch Ab- wärmeverwertung . . . . . M.	3100	11740	7600	24880

Von der Kühlwasserwärme ist in den Zahlentafeln 23 und 24 abgesehen, da dieselbe an sich immer zur Verfügung steht. Die direkte Ausnützung des heißen, mit 40—80°C abfließenden, etwa 500 bis 800 WE/PS<sub>e</sub>-st enthaltenden Kühlwassers von Verbrennungsmaschinen ist immer kostenlos und deshalb überall zu empfehlen, wo dieses

heiße Wasser zu Fabrikations-, Reinigungs-, Badeszwecken und dergl. verwendet werden kann. Zur indirekten Ausnützung sowie zur Rückkühlung dieses Kühlwassers können in altbekannter Weise Heizkörper, wenigstens im Winter, und Gradierwerke (im Sommer) benützt werden. Den auf diese Weise erreichbaren Wärme- und Wasserersparnissen stehen als Ausgaben die auf den Betrieb der Heiz- und Rückkühleinrichtung entfallenden indirekten und direkten Kosten gegenüber. In den Zahlentafeln 23 und 24 wird von diesen beiden Verwendungsmöglichkeiten des Kühlwassers abgesehen.

Aus den Zahlentafeln 23 und 24 ergibt sich, daß die durch Aufstellung eines Abhitzeverwerters erreichbaren Ersparnisse je nach Maschinengröße, Betriebsdauer und je nach den Brennstoffpreisen unter Umständen schon weit vor Ablauf eines Jahres die Anschaffungskosten des Verwerters wieder einbringen. Bezieht man die Ersparnisse auf die gesamten jährlichen Betriebskosten der Kraftanlage, so würde die durch Verwertung der Abhitze erreichbare Ersparnis bei der 200pferdigen Maschine etwa  $\frac{1}{3}$ — $5\frac{1}{2}\%$ , bei der 2000pferdigen Maschine etwa  $3$ — $8\frac{1}{2}\%$  von den gesamten Kraftkosten ausmachen. Hierbei beziehen sich die kleineren Zahlen auf Tagesbetrieb und niederen Brennstoffpreis, die größeren auf Dauerbetrieb und hohen Brennstoffpreis.

Daraus folgt, daß es bei kleinen Leistungseinheiten im allgemeinen nicht zweckmäßig erscheint, die Abgaswärme von Verbrennungsmaschinen auszunützen, weil im Vergleich zu Dampfmaschinen immerhin nur wenig Abwärme zur Verfügung steht, weil fernerhin die Heizkörper zur Ausnützung der Auspuffgase für kleine Leistungen verhältnismäßig teuer ausfallen und mit Rücksicht auf den chemischen Angriff der Auspuffgase hoch abzuschreiben sind und weil insbesondere bei Fabrik- und Bureauheizungen die Abwärme nicht während des ganzen Jahres, sondern nur rd. 5 Monate ausgenützt werden kann. Da zudem der Motorenbetrieb erst morgens um 7 oder 8 Uhr beginnt, steht erst von dieser Zeit an Abwärme zur Verfügung. Man müßte deshalb zur Aufheizung der Bureau- und Fabrikräume eine besondere Heizanlage aufstellen, die vor Beginn des Motorenbetriebes, oder überhaupt in Betriebspausen, die Wärme zu liefern hat. Diese Heizanlage erfordert zu ihrem Betrieb Kohlen, und zwar ist gerade morgens zum Aufheizen kalter Räume der Hauptwärmeaufwand erforderlich. Außerdem wird bei einer solchen, nur in den Morgenstunden betriebenen Heizanlage ein erheblicher Brennstoff-Abbrand eintreten. Aus alledem geht hervor, daß die Abgasverwertung bei kleinen Motoren, insbesondere bei Dieselmotoren, wenig oder gar keine wirtschaftlichen Vorteile bietet, es sei denn, daß es sich um Betriebe handelt, die ohne Nachtpause 24 Stunden durcharbeiten und die Abwärme ständig auszunützen in der Lage sind<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Bei dieser Sachlage ist es klar, daß die Abwärmeverwertung für andere Motoren, wie Leuchtgas-, Benzinmotoren usw. überhaupt nicht in Frage kommt, obgleich diese Motoren gemäß Zahlentafel 15 mehr Abwärme für 1 PS<sub>e</sub> liefern.

Günstiger liegen die Verhältnisse für mittlere und große Leistungen. Insbesondere in den Großgasmaschinen-Zentralen, die auf Hüttenwerken und Zechen anzutreffen sind, wendet man die Abgasverwertung mit Vorteil an. Hier liegen die Verhältnisse insofern günstiger, als es sich um ganz bedeutende Abwärmemengen handelt, die schon des öfteren mit bestem Erfolg zur Dampferzeugung ausgenützt worden sind. Zudem herrscht hier in der Regel Dauerbetrieb und endlich ist in Hüttenwerken und Zechen immer, und nicht nur im Winter, wie bei Heizanlagen, Bedarf an heißem Wasser oder Dampf. Für Großgasmaschinen-Zentralen wird sich deshalb die Abwärmeverwertung voraussichtlich ein weites Feld erobern, und es ist anzunehmen, daß der Abwärmeverwerter in Zukunft ein normales Zubehör der Großgasmaschine bilden wird, ähnlich wie der Ekonomiser für Dampfanlagen.

Wird die Abwärme für Kraftzwecke ausgenützt, so kann man für 1 PS<sub>e</sub>-st etwa  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{8}$  PS<sub>e</sub> oder rd. 15% der Gasmaschinenleistung gewinnen. Hierbei ist angenommen, daß für 1 PS<sub>e</sub>-st aus der Gasmaschinenabwärme 500 WE in Form von hochgespanntem Heißdampf nutzbar gemacht werden und daß der Wärmeverbrauch der Dampfkraftmaschine 3000—4000 WE/PS<sub>e</sub>-st beträgt.

Bemerkt sei, daß sich die Abwärmeverwertung auch für kleinere Verbrennungsmaschinen als wirtschaftlich erweist, wenn Bedarf nach destilliertem Wasser vorliegt. Destilliertes Wasser ist nämlich ein verhältnismäßig wertvolles Produkt. Auch dort erweist sich die Abwärmeverwertung als wirtschaftlich, wo es sich nur darum handelt, einen Teil der Abwärme auszunützen; in diesem Fall fällt der Verwerter verhältnismäßig billig aus. Wenn man aber die Abgaswärme für Heizzwecke ausnützen und bis auf etwa 150°C alle Wärme aus den Abgasen herausholen will, so ergeben sich teure Verwerter. Alsdann rentiert sich die Abwärmeverwertung gemäß oben nur für größere Verbrennungsmaschinen.

Aus vorstehenden Darlegungen ergibt sich, daß für Betriebe mit großem Wärmebedarf in der Regel die Dampfanlage vorzuziehen ist. Wo hingegen der Wärmebedarf im Verhältnis zum Kraftbedarf nur gering ist, verdient gegebenenfalls die Verbrennungsmaschinenanlage den Vorzug. Unter Umständen kann sich auch eine kombinierte Anlage empfehlen, bei der die Verbrennungsmaschine in der Hauptsache Kraft, die Dampfmaschine hingegen Kraft und Wärme zu liefern hat, wobei letztere gerade nur so stark belastet ist, daß ihr gesamter Abdampf ausgenützt werden kann.

Da insbesondere Kolbendampfmaschinen im Hochdruckgebiet günstiger arbeiten als Dampfturbinen, so sind Kolbenmaschinen für solche Anlagen vorzuziehen, bei denen es sich darum handelt, mit einer gewissen Dampfmenge die größtmögliche Leistung zu erzielen. Wo jedoch der Abdampfbedarf groß ist, oder wo die gesamte Abwärme verwendet werden kann, ist die Turbine der Kolbenmaschine schon deswegen überlegen, weil ihr Abdampf vollkommen ölfrei ist.

### Wärme kraftmaschine oder Elektromotor?

Elektromotoren kommen, ebenso wie Verbrennungsmaschinen, hauptsächlich für solche Betriebe in Betracht, in denen es sich um ausschließliche Krafterzeugung handelt. Der Elektromotor tritt deshalb am häufigsten mit Verbrennungsmaschinen in Wettbewerb, insbesondere in kleineren gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben. Es sei daher im nachfolgenden zunächst nur von Verbrennungsmaschinen die Rede.

Infolge der großen Anstrengungen, die seitens der Vertreter von Verbrennungsmaschinen und von Elektromotoren gemacht werden, um die gewerblichen und kleinindustriellen Betriebe für sich zu gewinnen, wird die Frage „Wärme- oder Elektromotor“ heute lebhafter denn je besprochen. Die schon seit einigen Jahren zwischen den beiden Interessentengruppen herrschende Kampf Stimmung hat sich in dem Erscheinen einer Reihe von Werbeschriften geäußert, die diese Frage mehr oder weniger einseitig zugunsten der einen oder anderen Motorart zu entscheiden suchen. Bei näherem Zusehen zeigt sich jedoch, daß der Grund für das Auseinandergehen der Anschauungen im wesentlichen darin zu suchen ist, daß von beiden Seiten verschiedene Betriebsstundenzahlen angenommen werden, von den Elektrikern vorwiegend kleine, von den andern hingegen vornehmlich große. Von Einfluß auf die Wahl des Motors ist aber in der Hauptsache die jährliche Betriebsdauer.

Schon vorweg sei bemerkt, daß die Frage „Wärme kraftmaschine oder Elektromotor“ häufig mit einer anderen Streitfrage „Transmissions- oder elektrischer Antrieb“ verquickt wird. Es wird darauf hingewiesen, daß bei mechanischer Übertragung der Kraft erhebliche Verluste durch Riemen- und Lagerreibung eintreten, die bei elektromotorischem Antrieb durch entsprechende Unterteilung der Antriebskraft größtenteils vermieden werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß den Verlusten durch Riemen- und Lagerreibung die Spannungsverluste in den Zuleitungen zu den einzelnen Motoren gegenüberstehen. Bekanntlich läßt man bei gewerblichen Anlagen einen höheren Spannungsverlust in der Leitung zu als bei Lichtanlagen. Man kann annehmen, daß der Leitungsverlust bei Vollbelastung etwa 5% beträgt. Weiteres über die Verluste bei mechanischer und elektrischer Kraftübertragung findet sich im Abschn. 59.

Der vielfach beliebte Vergleich zwischen einer Wärme kraftmaschine mit reiner Transmissionsübertragung und dem Anschluß an ein Elektrizitätswerk unter Zugrundelegung von Einzel- oder Gruppenantrieb ist in der Regel nicht gerechtfertigt<sup>1)</sup>. Wenn in einem besonders gelagerten Fall hohe Transmissionsverluste auftreten, so hat dies mit der Art der Kraftmaschine an sich nichts zu tun. Es wäre verfehlt, daraus Folgerungen zugunsten des Anschlusses an ein

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 1041.

Elektrizitätswerk abzuleiten. Denn elektrischer Antrieb kann auch bei Erzeugung der Elektrizität im eigenen Werk angewendet werden und bietet dann naturgemäß die gleichen Vorteile wie beim Anschluß an ein Elektrizitätswerk.

In den Betriebskostentabellen im Anhang sind unter anderem die Betriebskosten von Leuchtgas-, Benzin-, Naphthalin-, Diesel- und Elektromotoren für verschiedene Leistungen berechnet. Hierbei ist die mittlere Belastung für die Motorgrößen von 1—20 PS zu zwei Drittel, für die Motorgrößen von 30—200 PS zu drei Viertel der Dauerleistung und die jährliche Betriebsdauer zu 200, 500, 1000, 2000 und 3000 Stunden angenommen. Für Leuchtgasmotoren ist ein Preis von 10 und 15 Pf. für 1 cbm Motorengas und für Benzinmotoren ein solcher von 30 und 40 M. für 100 kg unverzolltes Benzin frei Verbrauchsort zugrunde gelegt. Der Preis des Benzins ist gegenüber den Vorjahren stark in die Höhe gegangen; er schwankt heute je nach dem spezifischen Gewicht, der Lage des Verbrauchsortes und der verbrauchten Menge zwischen den angegebenen Grenzen.

Hinsichtlich der Zollfreiheit des motorischen Benzins sei bemerkt, daß die inländischen Raffinerien berechtigt — wohlgerne, nicht verpflichtet — sind, Motorenbenzin unter 0,75 spezifischem Gewicht, soweit es nicht zur Erzeugung elektrischen Lichtes dient, bis zu einem gewissen Höchstverbrauch unverzollt abzugeben. Motorenbenzin von mehr als 0,75 spezifischem Gewicht, sogenanntes Schwerbenzin, kann unmittelbar vom Auslande gegen einen ermäßigten Steuersatz von 2,50 M. für 100 kg bezogen werden.

Was den Betrieb mit Benzol betrifft, so hat er gegenüber dem bisher fast ausschließlich gebräuchlichen Benzinbetrieb den Vorzug, daß der Motor wesentlich höhere Kompression verträgt, ohne Gefahr von Selbstentzündungen. Der Wärmeverbrauch von Benzolmotoren ist deshalb, wie auch aus Fig. 40 hervorgeht, kleiner als derjenige von Benzinmotoren. Dieser Umstand im Verein mit den derzeitigen hohen Benzinpreisen hat zur Folge, daß Benzolmotoren heute wesentlich geringere Brennstoffausgaben verursachen als Benzinmotoren.

Für Elektromotoren von 1—20 PS ist ein Preis von 10, 15 und 20 Pf./KW-st angenommen worden. Hierzu sei bemerkt, daß an einzelnen Orten unter Umständen noch niedrigere Preise für die elektrische Energie gezahlt werden. Der Verkaufspreis der elektrischen Energie ist nämlich im Laufe der letzten Jahre infolge des Wettbewerbes der Einzelanlagen zurückgegangen. Dies ist dadurch ermöglicht worden, daß viele bestehende Zentralen durch Einführung von Sondertarifen, die während der Lichtperiode gewisse Sperrzeiten vorsehen, ihren Ausnutzungsfaktor vergrößert und ihre Betriebskosten verringert haben, daß ferner durch die Einführung der Großgasmaschinen, Dieselmotoren und Dampfturbinen die Erzeugungskosten der elektrischen Energie trotz des Steigens der Brennstoffpreise herabgesetzt und daß schließlich kleinere Werke zu Großkraft- und Überlandwerken vereinigt wurden. Die wirtschaftliche Überlegenheit der

Großkraftwerke über kleine Zentralen ist darin begründet, daß das gesamte Anlagekapital im Vergleich zu den Kosten zahlreicher kleiner Werke verringert, die Betriebskosten herabgesetzt und der Ausnutzungsfaktor erhöht wird. Auch fällt der Prozentsatz der Reserve, also des praktisch toten Kapitals, wesentlich niedriger aus als bei kleinen Anlagen, bei denen er nicht selten 100<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der eigentlichen Betriebsanlage ausmacht.

Der von den Elektrizitätswerken gewährte Rabatt auf die Strompreise ist in den Betriebskosten-Aufstellungen nicht besonders berücksichtigt. Die für die KW-st eingesetzten Preise verstehen sich daher unter Einschluß der Rabatte. Die letzteren sind in der Praxis verschieden groß, je nach dem Verbrauch und der jährlichen Benützungsdauer. Bei kleinen Motoren und geringer Benützungsdauer fällt der Rabatt kleiner aus als bei großen Motoren und großer Benützungsdauer.

Für die Elektromotoren von 1—30 PS ist, normalen Verhältnissen entsprechend, eine minutliche Umdrehungszahl von etwa 1400 angenommen worden, während für die Verbrennungsmotoren teils normale, teils höhere Umdrehungszahlen zugrunde gelegt wurden. Je höher die Umdrehungszahl eines Motors ist, desto niedriger fallen zwar dessen Anschaffungskosten aus und umgekehrt; andererseits ist bei rascherem Gang auch eine entsprechend stärkere Abnutzung einer Maschine zu erwarten. Diesem Umstande wurde bei Annahme der Abschreibungssätze Rechnung getragen.

Da Naphthalinmotoren nur dort am Platze sind, wo es sich um mehrstündigen ununterbrochenen Betrieb handelt, so wurde hierfür eine jährliche Betriebsdauer von 1000, 2000 und 3000 Stunden angenommen, entsprechend 667, 1333 und 2000 Stunden bei Vollbelastung. Als Preis für das Naphthalin sind 7 und 10 M./100 kg eingesetzt. Die Kosten des zum Anlassen erforderlichen Benzols wurden getrennt aufgeführt, wobei vorausgesetzt worden ist, daß täglich insgesamt 1 Stunde lang mit Benzol gearbeitet werden muß, und daß der Benzolverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,38 und 0,37 kg/PS-st beträgt. Der Benzolpreis wurde zu 29 M./100 kg angenommen.

Die Betriebskosten liegender Hochdruck-Ölmaschinen sind für die Leistungen von 12, 20 und 30 PS bestimmt worden, wobei als Preis des Gasöls 10 und 15 M./100 kg angenommen worden ist.

Die den Berechnungen zugrunde gelegten Verbrauchsziffern sind für die Motorgrößen von 1—20 PS in Zahlentafel 25 zusammengestellt. Diese Ziffern sind reichlich gewählt und berücksichtigen auch den Umstand, daß die Motoren durchschnittlich nur mit zwei Drittel ihrer Normalleistung belastet sind.

Wenn die Elektromotoren früher fast ausschließlich für Betriebe mit kleinem und kleinstem Kraftbedarf in Betracht kamen, so ist heute deren Anwendungsgebiet infolge der Stromverbilligung durch die Überlandwerke wesentlich erweitert worden. Es kommt heute nicht selten vor, daß Elektromotoren selbst für Leistungen von 100 PS

Zahlentafel 25.

Energieverbrauch für 1 PS<sub>e</sub>-st bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung.

Art der Kraftmaschine	Motorgröße in PS <sub>e</sub>					
	1	3	6	10	12	20
Leuchtgasmotor . . . . . cbm Gas ab Uhr	1,05	0,96	0,75	0,70	—	—
„ „ stehend <sup>1)</sup> „ „ „ „	1,10	1,08	1,05	1,02	—	—
Benzinmotor . . . . . kg Benzin	0,52	0,48	0,44	0,42	—	—
„ „ stehend . . . . . „ „ „	0,54	0,50	0,46	0,45	—	—
Naphthalinmotor . . . . . kg Naphthalin	—	—	0,41	0,39	0,38	—
Rohöl- bzw. Dieselmotor . . . . . kg Gasöl	—	—	—	—	0,26	0,24
Elektromotor . . . . . KW	0,94	0,90	0,89	0,88	—	0,86

und darüber mit Wärmekraftmaschinen in Wettbewerb treten. Es wurden deshalb auch die Betriebskosten von 30-, 50-, 100-, 150- und 200 pferdigen Drehstrommotoren ermittelt und denjenigen gleichstarker Viertakt-Dieselmotoren gegenübergestellt, wobei gemäß oben mit  $\frac{3}{4}$ -Belastung gerechnet wurde. Die für die Elektromotoren angenommenen Anschaffungspreise gelten für normallaufende Typen und für eine Betriebsspannung von etwa 210 Volt bei 50 Per./sk. Als Preis für die KW-st wurden 5, 8 und 10 Pf. angenommen.

Auch bei den Dieselmotoren wurden Normalläufer zugrunde gelegt, und zwar wurde von 50 PS aufwärts Teerölbetrieb vorausgesetzt, wobei ein Preis von 4 und 5 M./100 kg Teeröl und ein solcher von 13 M./100 kg Gasöl (Zündöl) angenommen wurde<sup>2)</sup>. Die den Berechnungen zugrunde gelegten Verbrauchsziffern sind in Zahlentafel 26 zusammengestellt.

Zahlentafel 26.

Energieverbrauch für 1 PS<sub>e</sub>-st bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung.

Art der Kraftmaschine	Motorgröße in PS <sub>e</sub>				
	30	50	100	150	200
Elektromotor . . . . . KW	0,830	0,815	0,810	0,805	0,800
Dieselmotor . . . . . {	—	0,220	0,220	0,220	0,220
	0,220	0,018	0,013	0,013	0,013

<sup>1)</sup> Die verhältnismäßig hohen Verbrauchsziffern der stehenden Leuchtgasmotoren sind darauf zurückzuführen, daß eine Motortype gewählt wurde, die sowohl für den Betrieb mit gasförmigen als auch flüssigen Brennstoffen geeignet ist, deren Kompression also nur 3—4 at (entsprechend Benzinbetrieb) beträgt.

<sup>2)</sup> Der Preis des Steinkohlenteeröls ist in der letzten Zeit gestiegen. Für Neuabschlüsse kommt bei Kesselwagen-Bezug ein Preis von etwa 5 M./100 kg frei Verbrauchsort in Betracht.



Die Betriebskostentabellen 27—52 sind unter der Annahme durchgerechnet, daß die Bedienung nur einen Teil der gesamten Betriebszeit in Anspruch nimmt, und daß der für größere Motoren angestellte Maschinist in der übrigen Zeit anderweitig beschäftigt werden kann, was sich bei gewerblichen und industriellen Betrieben auch in der Regel durchführen läßt. Bei den für Schmier- und Putzmaterial eingesetzten Beträgen ist die Reinigung und Wiederverwendung des gebrauchten Schmieröls vorausgesetzt. Hinsichtlich des zu Kühlzwecken erforderlichen Wassers ist angenommen, daß es der städtischen Wasserleitung entnommen wird; und daß es nicht weiter zu Fabrikations- oder Reinigungszwecken ausgenützt werden kann. In Wirklichkeit werden deshalb die Wasserkosten meist kleiner ausfallen, da größere Fabrikbetriebe, schon mit Rücksicht auf ihren sonstigen Wasserbedarf, ihr Wasser in der Regel aus einer eigenen Brunnenanlage entnehmen. Aber selbst wo dies nicht der Fall sein sollte, können bei den größeren Motoren durch Aufstellung einer Rückkühlanlage die Wasserkosten bedeutend verringert werden. Dabei hat die Rückkühlung und Wiederverwendung des Kühlwassers noch den Vorteil, daß die Ablagerung von Schlamm und Kesselstein in den Kühlräumen erheblich verringert wird. Bei Kleinmotoren können durch Anwendung der Gefäßkühlung oder der Verdampfungskühlung die Wasserkosten auf einen verschwindend geringen Betrag herabgesetzt werden. Wo das heiße Kühlwasser nutzbringend verwendet werden kann, sind die Kühlwasserkosten unter Umständen sogar als Gewinn zu verbuchen.

Wie die Zahlentafeln 27—62 erkennen lassen, ist für kleine Betriebsstundenzahlen der Elektromotor, für große hingegen der Verbrennungsmotor wirtschaftlicher. Die Grenze ist hierbei verschieden, je nach den Kosten der elektrischen und der Wärmeenergie, je nach der Motorart, der Motorgröße und der Belastung sowie je nachdem ein Langsam- oder Schnellläufer angenommen wird. Wo die Abwärme nutzbar gemacht werden kann, stellt sich das Verhältnis für die Verbrennungsmotoren noch günstiger, als dies in den Betriebskostenberechnungen zum Ausdruck kommt.

Für ganz kleine Leistungen kommen in der Regel nur Elektromotoren in Betracht, wenngleich auch kleine Gasmotoren, sog. Zwergmotoren, gebaut werden.

Aus dem Umstand, daß im vorstehenden nur von Verbrennungsmaschinen die Rede ist, darf nicht etwa geschlossen werden, daß Dampfkraftmaschinen gegenüber Elektromotoren nicht wettbewerbsfähig sind. Es sei in dieser Hinsicht auf die Betriebskostenberechnungen im Anhang verwiesen. Dampfkraftmaschinen können schon bei verhältnismäßig kleinen Leistungen dem Elektromotor wirtschaftlich überlegen sein, wenn außer Kraft auch Wärme zu Heiz- oder Fabrikationszwecken gebraucht wird, oder wenn billige Abfallstoffe verfeuert werden können. Es wurden hier, wie schon einleitend erwähnt, nur deshalb Verbrennungsmotoren zum Vergleich angenommen,

weil gerade diese — insbesondere auf dem Gebiet der kleinen Leistungen — am häufigsten mit dem Elektromotor in Wettbewerb treten.

Schnellläufer empfehlen sich gewöhnlich dort, wo es sich um geringe Benutzungszeiten handelt, wo also gemäß Fig. 52 und 53 die Kapitalkosten verhältnismäßig stark ins Gewicht fallen. Bei größerer Betriebsdauer sind hingegen Langsamläufer vorzuziehen.

Bei unterbrochenem Betrieb hat der Elektromotor den Vorzug, daß das An- und Abstellen des Motors das Werk eines Augenblickes ist und man sich daher ganz dem Arbeitsbedürfnis anpassen kann. Bei Wärmekraftmaschinen hingegen empfiehlt es sich, den Betrieb so einzurichten, daß das An- und Abstellen der Maschine möglichst selten notwendig wird; man sollte also hier danach trachten, die Maschinenarbeit möglichst zusammenzulegen. Dies kommt für Elektromotoren nur insoweit in Betracht, als die Einhaltung der Sperrzeit zu berücksichtigen ist.

Im übrigen ist zu bemerken, daß für die Wahl des Motors nicht immer die Höhe der Betriebskosten allein entscheidend ist. Bisweilen sind auch die sonstigen Vorzüge des Elektromotors für dessen Wahl ausschlaggebend. Diese Vorzüge bestehen in dem geringen Platzbedarf, in dem ruhigen und stoßfreien Gang und dem Wegfall jeglicher Rauch- und Rußbelästigung. Auch ist hier noch darauf hinzuweisen, daß der Elektromotor fast unbeschadet seiner Wirtschaftlichkeit größer gewählt werden kann, als es der augenblickliche Kraftbedarf erfordert, da der Mehrverbrauch an Strom bei Teilbelastung nur ganz gering ist.

Andererseits muß bei elektromotorischem Antrieb, auch wenn man vom Einzelantrieb absieht, die Motorengröße unter sonst gleichen Leistungs- und Betriebsverhältnissen in vielen Fällen reichlicher gewählt werden als bei Verbrennungs- oder Dampfmaschinen. Elektromotoren besitzen nämlich infolge Fehlens größerer Schwungmassen nur ein geringes Beharrungsvermögen. Erhöht sich nun momentan der zu überwindende Widerstand, sei es infolge ungleichmäßigen Arbeitens, infolge ungleicher Materialbeschaffenheit oder infolge zu plötzlichen Einrückens, so fällt der Elektromotor in seiner Tourenzahl ab, nimmt infolgedessen mehr Strom auf, was unter Umständen ein Durchschmelzen der Sicherungen zur Folge hat. Diese Verhältnisse treten um so stärker in die Erscheinung, je kleiner der Betrieb bzw. die Anzahl der Arbeitsmaschinen ist.

Um die mit einem Tourenabfall verknüpften Betriebsstörungen und Unkosten zu vermeiden, empfiehlt es sich daher, die Leistung von Elektromotoren unter solchen Verhältnissen reichlicher zu wählen als die von Verbrennungsmotoren. Letztere besitzen in der Massenvirkung ihres Schwungrades eine gewisse Kraftreserve, die zur Deckung momentanen Mehrbedarfs an Kraft verfügbar ist. Reicht bei länger andauernder Überlastung diese Kraftreserve nicht aus, so geht eben die Verbrennungsmaschine in ihrer Tourenzahl etwas zurück, ohne jedoch Schaden zu nehmen.

Ein geringer Mehrbedarf an Kraft ist bei elektromotorischem Antrieb ferner durch die Verluste in dem Zwischenvorgelege bedingt. Ein Zwischenvorgelege ist bei den heute üblichen raschlaufenden Elektromotoren in den meisten Fällen unentbehrlich.

### Beispiel<sup>1)</sup>.

Es handle sich um eine Fabrik, die bei 3000stündigem Betrieb einen größten Kraftbedarf von 150 PS aufweist. Ein Bedarf an

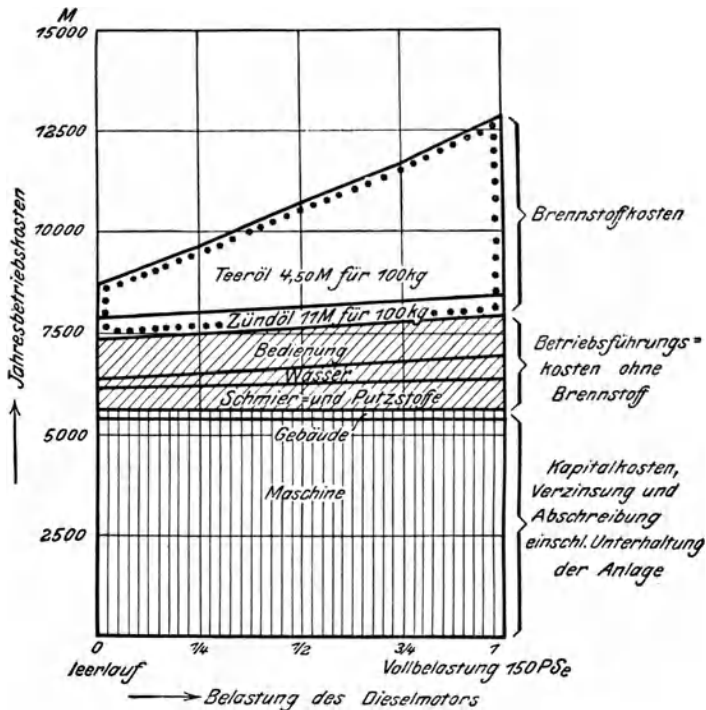


Fig. 60. Jährliche Betriebskosten einer 150 pferdigen Teeröl-Dieselmotoranlage, auf eine Transmission arbeitend, bei 3000stündigem Betrieb, in Abhängigkeit von der Belastung.

Wärme sei nicht vorhanden. Es soll die Frage beantwortet werden, ob eine Wärmekraftmaschine oder ein Elektromotor wirtschaftlicher ist.

Da es sich um einen Betrieb handelt, für den eine Abwärmeverwertung nicht in Frage kommt, so sei als Wärmekraftmaschine

<sup>1)</sup> Die nachfolgenden Ausführungen sowie die Fig. 60—66 entstammen im wesentlichen einer Erwiderung des Verfassers; vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 417 u. f.

ein Teeröl-Dieselmotor angenommen. Es können alsdann folgende zwei Grenzfälle in Betracht kommen<sup>1)</sup>:

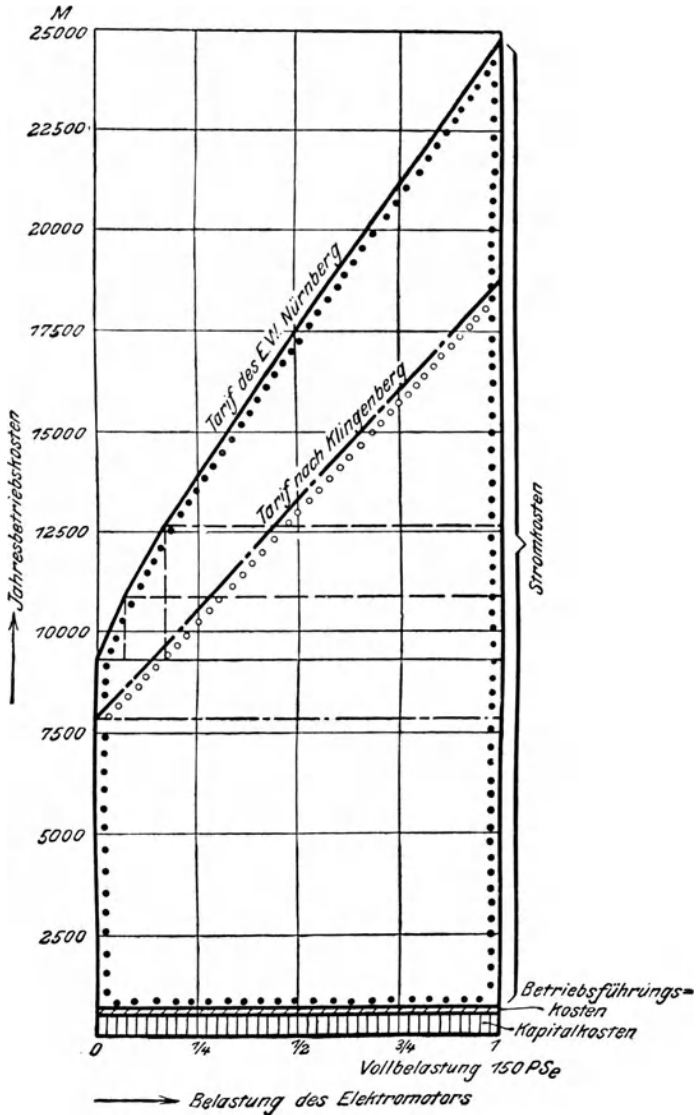


Fig. 61. Jährliche Betriebskosten einer 150pferdigen Elektromotoranlage, auf eine Transmission arbeitend, bei 3000stündigem Betrieb, in Abhängigkeit von der Belastung.

<sup>1)</sup> Vgl. auch die Ausführungen des Verfassers in der Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1913, S. 1041 u. f.

1. Aufstellung eines einzigen Diesel- oder Elektromotors und Übertragung der Kraft nach den einzelnen Fabrikräumen durch Transmission, also auf rein mechanischem Wege. Die Frage lautet alsdann:

Was kostet die vom Motor an die Haupttransmission abgegebene mechanische Energie bei Dieselbetrieb und bei Anschluß an ein Elektrizitätswerk?

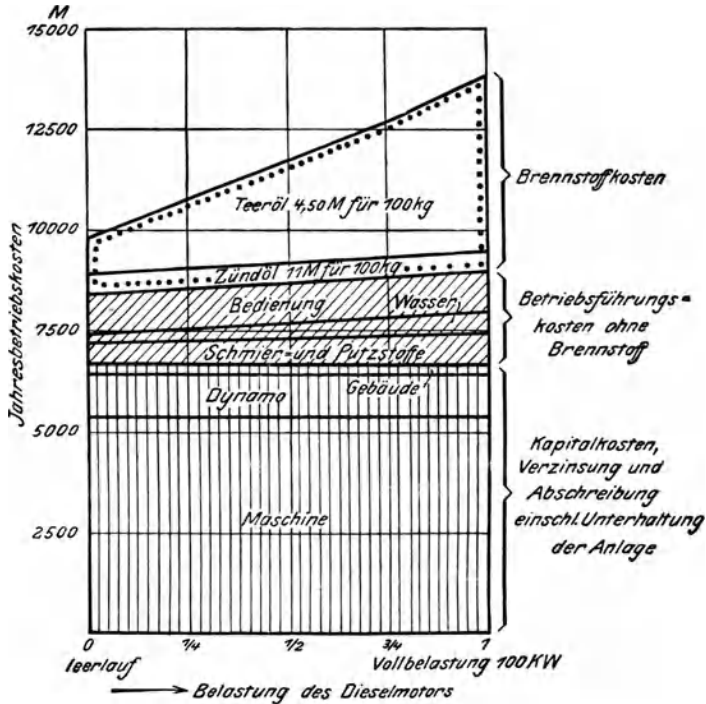


Fig. 62. Jährliche Betriebskosten einer 100 KW-Teeröl-Dieseldynamoanlage für elektrischen Antrieb bei 3000stündigem Betrieb, in Abhängigkeit von der Stromentnahme.

2. Elektrischer Gruppen- oder Einzelantrieb, d. h. Übertragung und Verteilung der Kraft auf elektrischem Wege. Hier entsteht die Frage:

Was kostet die für den Fabrikbetrieb erforderliche elektrische Energie bei Erzeugung des Stromes im eigenen Werk gegenüber dem Anschluß an ein Elektrizitätswerk?

Bei den Wirtschaftlichkeitsrechnungen im Anhang ist der erste Fall zugrunde gelegt, weil im allgemeinen der Antrieb von einer Stelle aus für kleinere und mittlere Fabrikanlagen das Richtigste ist. Jedoch möge im nachfolgenden auch der zweite Fall untersucht werden, daß

statt der unmittelbaren Kraftabgabe an die Transmission elektrische Energie im eigenen Werk erzeugt und in beliebiger Weise vom Schaltbrett aus verteilt wird; die sich hierbei ergebenden Stromkosten

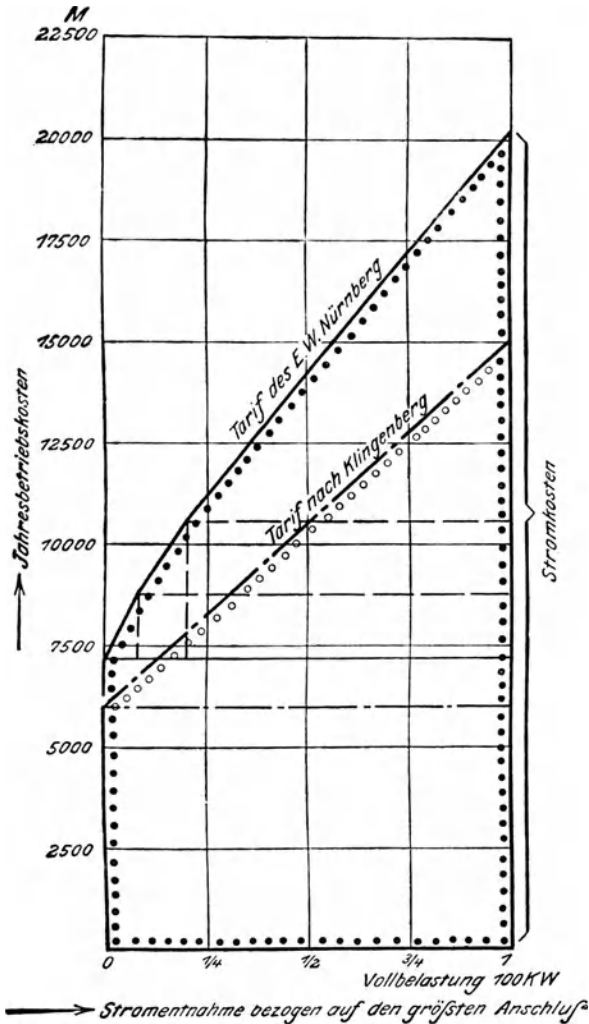


Fig. 63. Jährliche Stromkosten eines 100 KW-Anschlusses für elektrischen Antrieb bei 3000stündigem Betrieb, in Abhängigkeit von der Stromentnahme.

mögen mit zwei besonders günstigen Stromtarifen verglichen werden. Es kommt dann zu den Anschaffungskosten des 150 pferdigen Dieselmotors noch eine Dynamomaschinenanlage im Betrage von rund 10 000 M. hinzu, unmittelbare Kupplung der Dynamo mit dem Diesel-

motor vorausgesetzt. Die gesamten Betriebskosten erhöhen sich alsdann entsprechend den höheren Kapitalkosten und den Verlusten in

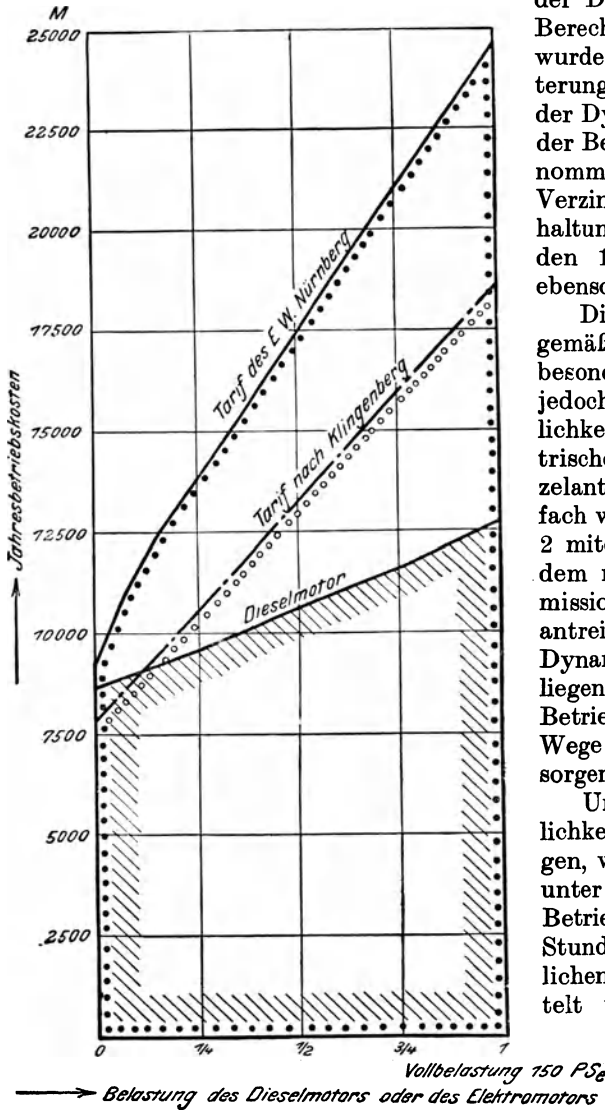


Fig. 64. Vergleichswerte der Betriebskosten nach Fig. 60 und 61.

der Dynamomaschine. Bei Berechnung der letzteren wurde auf die Verschlechterung des Wirkungsgrades der Dynamo mit abnehmender Belastung Rücksicht genommen. Als Abschreibung, Verzinsung und Instandhaltung der Dynamo wurden  $10\frac{1}{3}\%$  angenommen, ebenso wie für Elektromotoren.

Dieser Fall ist naturgemäß für den Dieselmotor besonders ungünstig, bietet jedoch andererseits die Möglichkeit, nach Belieben elektrischen Gruppen- oder Einzelantrieb anzuwenden. Vielfach wird deshalb Fall 1 und 2 miteinander vereinigt, indem man eine Haupttransmissionsanlage unmittelbar antreibt und außerdem eine Dynamo aufstellt, um fernliegende Abteilungen des Betriebes auf elektrischem Wege mit Kraft zu versorgen.

Um alle Belastungsmöglichkeiten zu berücksichtigen, wurden für beide Fälle unter Zugrundelegung einer Betriebsdauer von 3000 Stunden die gesamten jährlichen Betriebskosten ermittelt und in Abhängigkeit von der Belastung aufgetragen, Fig. 60 bis 63. Hierbei wurden für Dieselbetrieb die in Zahlentafel 51 angenommenen Werte

beibehalten, mit dem Unterschied, daß der Preis des Zündöles (Gasöles) mit Rücksicht auf die inzwischen eingetretene Verringerung des Zollsatzes auf rund 11 M./100 kg frei Verbrauchsort ermäßigt wurde.

Für den elektromotorischen Antrieb wurden die Stromkosten einerseits auf Grund eines von Klingenberg angegebenen Tarifes, anderseits auf Grund des neuen Tarifes des städtischen Elektrizitätswerkes Nürnberg vom 1. Januar 1913 berechnet<sup>1)</sup>. Hierbei wurde im Fall 2 angenommen, daß der gleiche Dieselmotor wie im Fall 1 aufgestellt wird, so daß also die in Form von Elektrizität an den Fabrikbetrieb abgegebene Energie um den Betrag der Dynamoverluste kleiner ist als im Fall 1. Für den Vergleichsfall „Anschluß an ein Elektrizitätswerk“ wurde jeweils die gleiche Zahl von Kilowattstunden angenommen.

Die Fig. 61 und 63 lassen deutlich erkennen, daß unter Zugrundelegung eines modernen Stromtarifes auch bei dem in der Anschaffung so billigen Elektromotor erhebliche Betriebskosten bei geringen Belastungen aufzuwenden sind. Beim Dieselmotor, oder überhaupt bei Wärmekraftmaschinen, sind die Betriebskosten im Leerlauf und bei geringen Belastungen in der Hauptsache durch die Kapital-

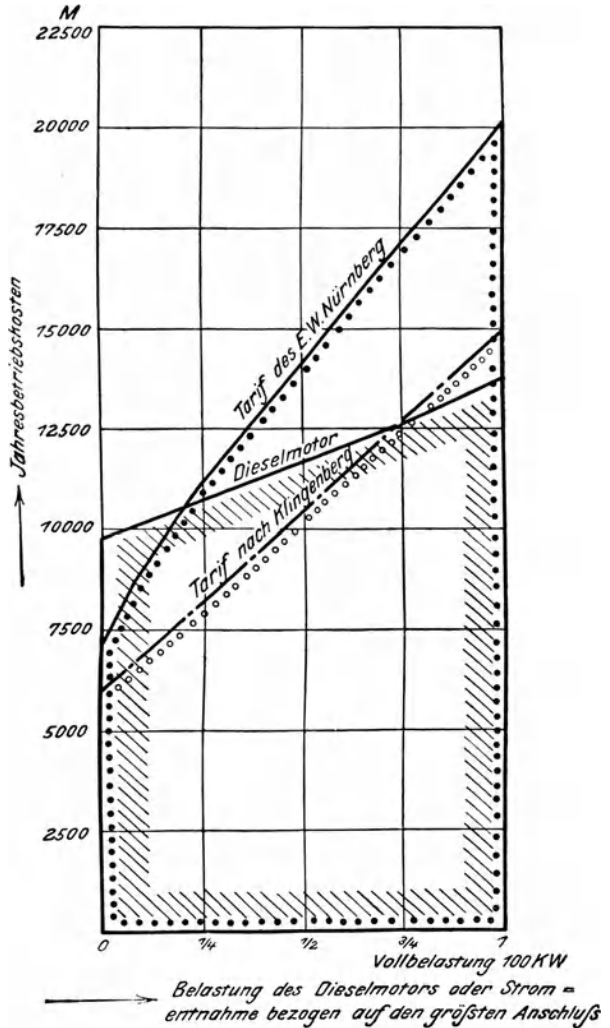


Fig. 65. Vergleichswerte der Betriebskosten nach Fig. 62 und 63.

<sup>1)</sup> Nach dem Nürnberger Tarif beträgt für Großabnehmer bei langjährigen Verträgen die monatliche Grundgebühr für je 1 KW Anschlußwert 6 M.; die Stromgebühren betragen für die innerhalb eines Monats bezogenen ersten 2000 KW-Stunden je 6,5 Pf., für die folgenden innerhalb eines Monats bezogenen 3000 KW-Stunden je 5 Pf., für alle weiteren innerhalb eines Monats bezogenen KW-Stunden je 4 Pf.

Dem Tarif nach Klingenberg liegt ein Strompreis von 60 M./KW, bezogen auf die höchste entnommene Leistung, zuzüglich 3 Pf. für die wirklich verbrauchte Kilowattstunde zugrunde.



und Betriebsführungskosten bedingt, bei Elektromotoren hingegen durch die sogenannte Grundgebühr. Diese bildet für das Elektrizitätswerk gewissermaßen den Ersatz der Unkosten für die Bereitstellung der Stromerzeugungsanlage und des Leitungsnetzes. Die Grundgebühr entspricht im wesentlichen den Kapitalkosten sowie den Betriebsführungs- und Verwaltungskosten des Elektrizitätswerkes. Auch beim Elektromotor kommen demnach bei geringer Belastung und im Leerlauf hohe Beträge für Verzinsung, Abschreibung usw., wenn auch äußerlich in anderer Form als bei Wärmekraftmaschinen, in Betracht.

Vereinigt man die Kurven der gesamten Betriebskosten im Fall 1 und 2 zu je einem einzigen Schaubilde, so ergeben sich die

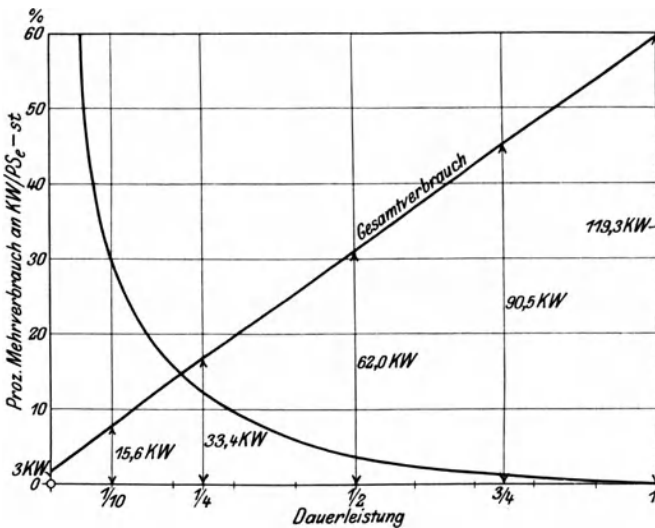


Fig. 66. Gesamtverbrauch und mittlerer prozentualer Mehrverbrauch eines 150 pferdigen Drehstrommotors an elektrischer Energie bei Teilbelastungen.

Fig. 64 und 65, die deutlich zeigen, daß im Fall 1 der Antrieb durch Dieselmotor bei weitem wirtschaftlicher ist als der mittels Elektromotors, selbst bei den hier zugrunde gelegten sehr niedrigen Tarifen. Im Fall 2 dagegen schneiden sich die Kurven der beiden Motoren bei etwa  $\frac{1}{4}$ - bzw.  $\frac{3}{4}$ -Belastung, je nachdem man mit dem Stromtarif des Elektrizitätswerkes Nürnberg oder dem Tarif nach Klingenberg rechnet. Für Belastungen unter  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{3}{4}$  würde sonach der Bezug der elektrischen Energie geringere Betriebskosten verursachen als die Erzeugung der Elektrizität im eigenen Werk, immer vorausgesetzt, daß die Kosten der Kilowattstunde nicht höher sind, als vorstehend angenommen.

Aber selbst wo die mittlere Belastung des Werkes nur 50% von der Höchstbelastung beträgt, muß der Stromtarif sehr günstig sein, um gegenüber der eigenen Kraftanlage genügend Vorteile zu bieten.

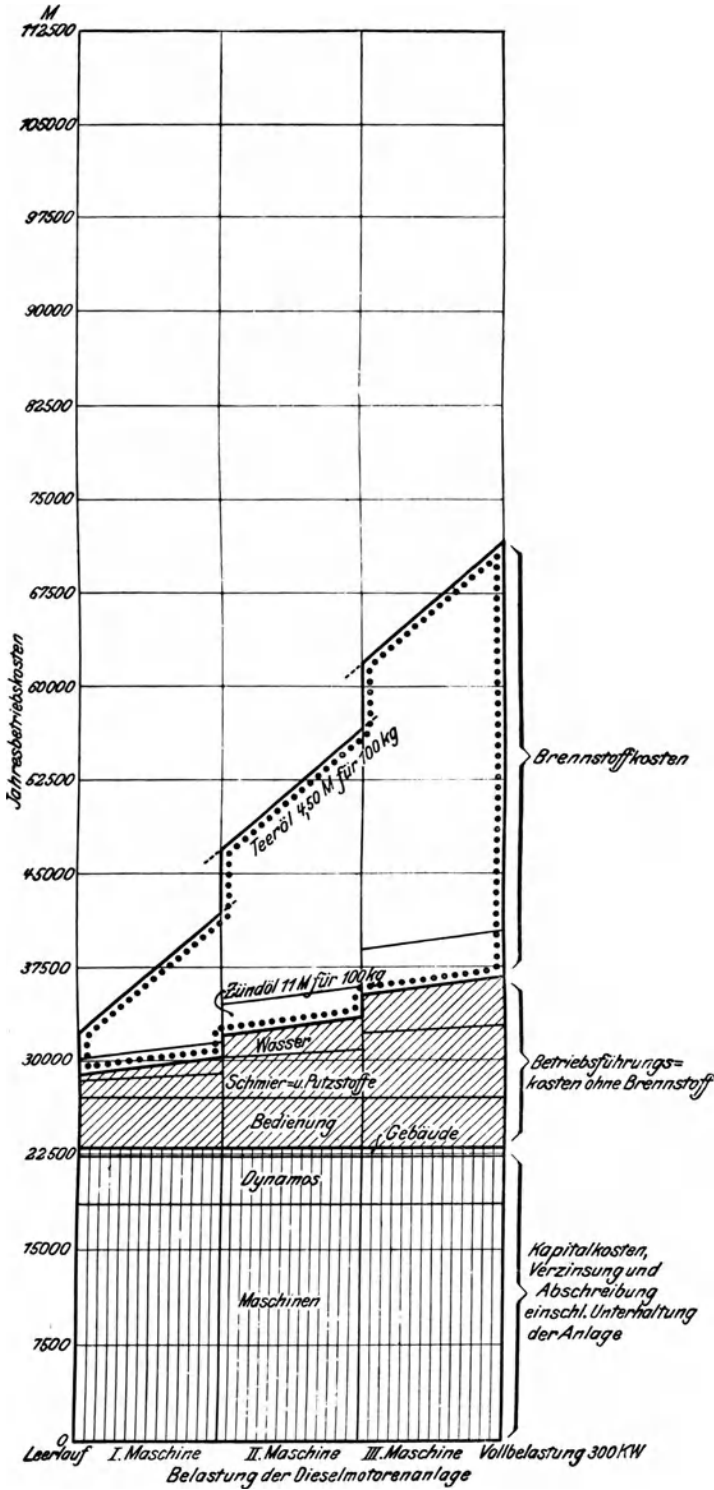


Fig. 67. Jährliche Betriebskosten einer Teeröl-Diesel-Dynamoanlage für elektrischen Antrieb, bestehend aus drei Maschinensätzen von je 100 KW, bei 7200 stündigem Betrieb, in Abhängigkeit von der Stromentnahme.

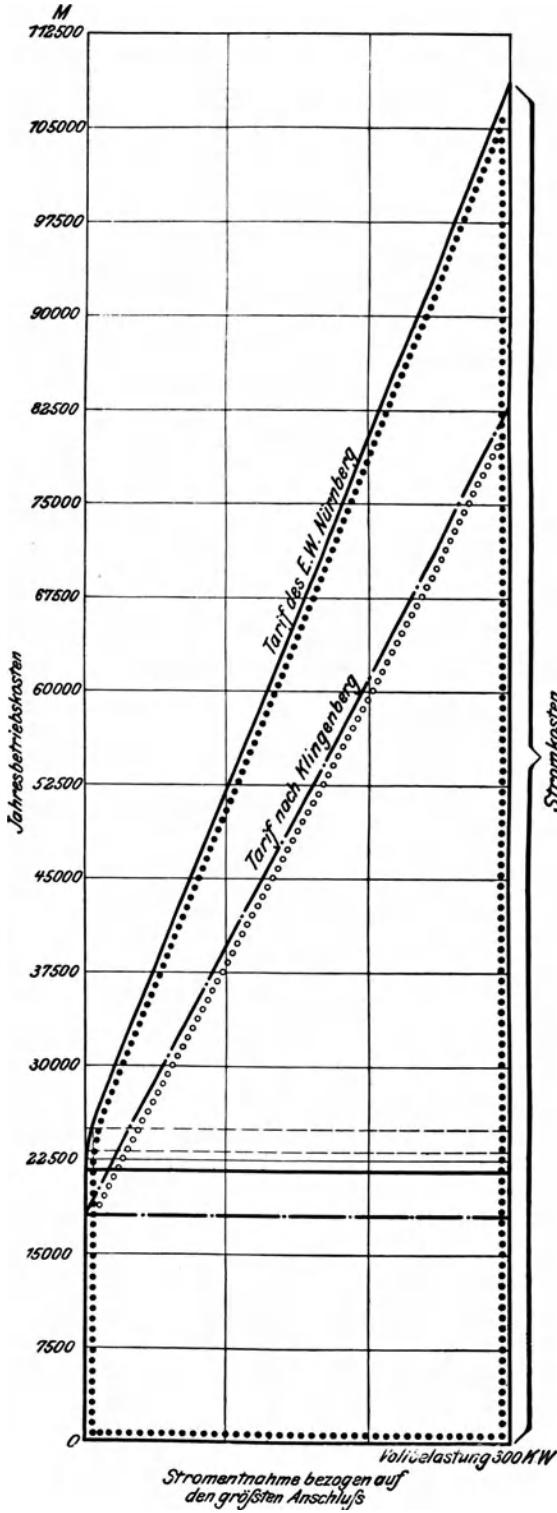


Fig. 68. Jährliche Stromkosten eines 300 KW-Anschlusses für elektrischen Antrieb bei 7200 stündigem Betrieb, in Abhängigkeit von der Stromentnahme.

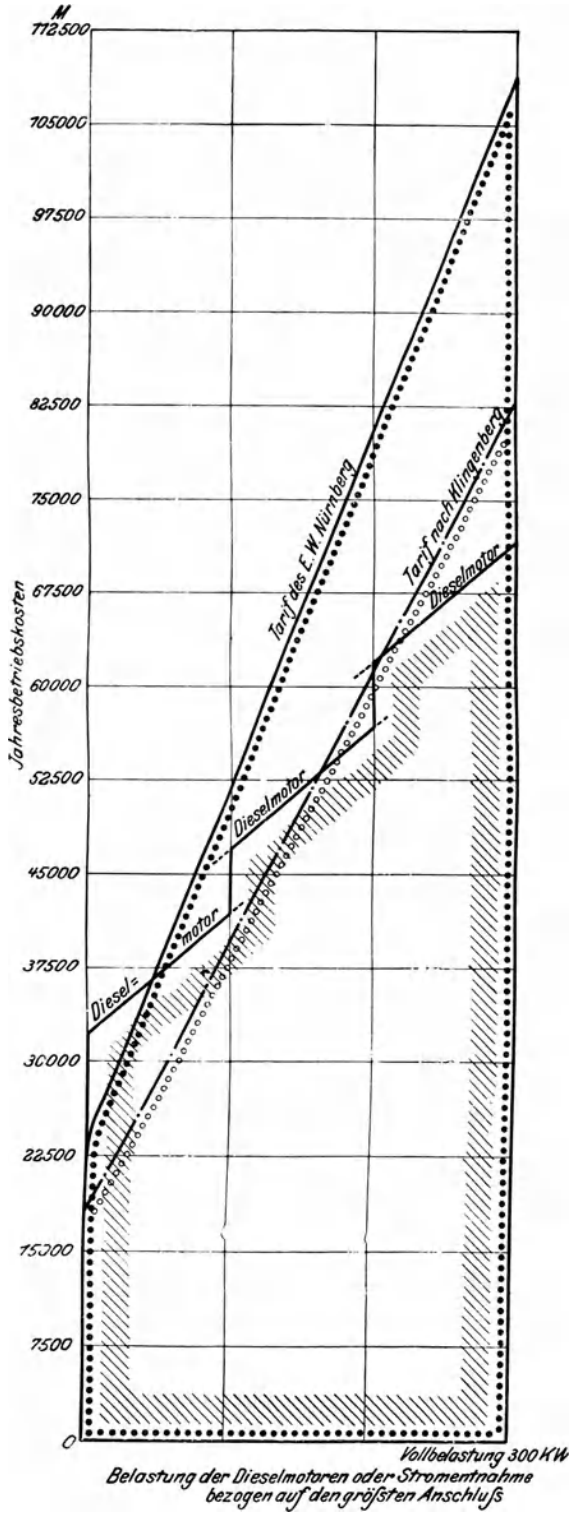


Fig. 69. Vergleichswerte der Betriebskosten nach Fig. 67 und 68.

Wenn die Kraft teilweise mechanisch, für ferner liegende Betriebsabteilungen hingegen elektrisch übertragen wird, so ergeben sich für die Betriebskosten Verhältnisse, die zwischen denen von Fall 1 und 2 liegen. Diese beiden Fälle sind daher gewissermaßen als Grenzfälle zu betrachten und schließen alle praktisch vorkommenden Fälle ein.

Handelt es sich um eine größere Anlage mit Dauerbetrieb, so empfiehlt es sich, die Antriebskraft zu unterteilen, um z. B. in der Nacht nur eine Maschine laufen zu lassen und auf diese Weise Betriebsführungskosten und Brennstoffkosten der übrigen Maschinen zu sparen. Für derartige Betriebe eignet sich insbesondere der Dieselmotor, der keine Stillstands- und Anheizverluste hat, sehr gut. In solchen Fällen ergibt sich für die Betriebskosten einer Dieselanlage, die aus 3 Maschinen von je 150 PS besteht, die in Fig. 67 dargestellte Schaulinie<sup>1)</sup>. Nimmt man zum Vergleich wieder Anschluß an ein Elektrizitätswerk an, so ergibt sich für diesen Fall ein Verlauf der Stromkosten gemäß Fig. 68. Vereinigt man diese beiden Schaulinien zu einem einzigen Bild, so bekommt man Fig. 69. Diese läßt erkennen, daß bei unterteiltem Betrieb die Betriebskosten der Dieselanlage bei geringen Belastungen noch niedriger sind als in Fig. 65. Natürlich kann bei derartigen Belastungsverhältnissen auch ein gemischter Betrieb mit teilweisem Anschluß an ein Elektrizitätswerk in Betracht kommen, wobei das Elektrizitätswerk denjenigen Bedarf zu decken hat, der über den dauernden hinausgeht, den die eigene Anlage erzeugen kann.

Im vorstehenden wurden die Ausgaben für Kühlwasser ziemlich hoch angesetzt. Diese Kosten lassen sich gemäß früher größtenteils ersparen, wenn man einen Brunnen oder ein Kühlwerk vorsieht. Sie sind unter Umständen sogar als Gewinn zu verbuchen, wenn man das heiße Kühlwasser nutzbringend verwendet.

Aber auch aus andern Gründen stellen sich die Verhältnisse für die Dieselmotorenanlage gewöhnlich günstiger. Vor allem sind deren Anschaffungskosten sowie deren Brennstoffverbrauch reichlich hoch angenommen worden.

Andererseits ist in Fig. 61 nicht berücksichtigt worden, daß der Elektromotor bei Teilbelastungen einen höheren spezifischen Stromverbrauch als bei Vollbelastung hat, vgl. in dieser Hinsicht Fig. 66; ferner ist die Leerlaufarbeit des Elektromotors der Einfachheit halber gleich Null gesetzt worden, entsprechend der Abstellung des unbelasteten Motors. In Wirklichkeit erhöhen sich deshalb die Stromkosten bei niedrigen Belastungen etwas.

Ganz besonders ist aber darauf hinzuweisen, daß die für den Bezug der elektrischen Energie angenommenen Stromtarife außerordentlich niedrig sind. Nach Wissen des Verfassers ist schon der neue, seit 1. Januar 1913 geltende Nürnberger Tarif einer der günstigsten in Deutschland. Der noch niedrigere Tarif nach Klingenberg hat mehr die Bedeutung eines Phantasietarifes; er dürfte höchstens für Gemeinden, nicht aber für Einzelabnehmer in Betracht kommen. Wenigstens sind dem Verfasser in Deutschland keine Überlandwerke bekannt, die ihren Strom aus dem Nieder-

<sup>1)</sup> Hierbei wurden für Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung der drei Dieselmotoren 15½%, für die Dynamomaschinen 12½% angenommen.

spannungsnetz zu so geringen Gebühren abgeben. Selbst die großen Berliner Elektrizitätswerke verkaufen den Strom für technische Zwecke bei den hier in Betracht gezogenen Leistungen wesentlich teurer. Der Schnittpunkt der Kurven in Fig. 64, 65 und 69 wird sich daher in den meisten Fällen, je nach den Kosten der Kilowattstunde, mehr oder weniger nach links, d. h. zugunsten des Dieselmotors verschieben.

Wenn irgendwo noch billigere Stromtarife, als vorstehend angenommen, eingeräumt werden, so handelt es sich meistens um größere Abnehmer und Tag- und Nachtbetrieb. In diesen Fällen arbeitet aber auch der Dieselmotor, wie überhaupt jede Kraftmaschine, bedeutend günstiger, weil dann die Kapitalkosten verhältnismäßig niedriger werden. Der Vorteil des Dieselmotors gegenüber dem Elektromotor wächst naturgemäß mit der Größe und der Betriebsdauer der Maschine. Daß der an ein Großkraftwerk angeschlossene Elektromotor um so leichter mit dem Dieselmotor in Wettbewerb treten kann, je niedriger der örtliche Stromtarif ist, leuchtet ohne weiteres ein. Ob sich aber große Kraftwerke bei dem billigen Stromtarif, den sie aufstellen müßten, um den Dieselmotor aus dem Feld zu schlagen, genügend rentieren würden, ist eine andere Frage. Im allgemeinen ist jedenfalls die eigene und unabhängige Krafterzeugung durch eine moderne Maschinenanlage die wirtschaftlich vorteilhafteste.

### Zusammenfassung.

Im vorstehenden wurde gezeigt, daß bei der Wahl einer Betriebskraft eine Reihe von Gesichtspunkten in Betracht kommt, und daß es nicht möglich ist, hierfür allgemein gültige Regeln und Rezepte aufzustellen. Es muß vielmehr von Fall zu Fall entschieden werden, welche Kraftmaschine unter Berücksichtigung der örtlichen und der besonderen Betriebsverhältnisse die Energie am wohlfeilsten erzeugt. Hierbei ist zu beachten, daß bei kleinen Anlagen häufig mehr Wert auf Einfachheit, Betriebssicherheit und jederzeitige Betriebsbereitschaft als auf höchste Wirtschaftlichkeit zu legen ist.

In der Regel wird man sich zwischen einer Wärmekraftmaschine und einem Elektromotor zu entscheiden haben. Wasserkraftanlagen sind, wenigstens bei den jetzigen Brennstoffpreisen, trotz der Möglichkeit der elektrischen Übertragung und Verteilung von Energie, doch mehr oder weniger an den Ort gebunden, ebenso in gewissem Maß auch Windkraftanlagen. Diese sind an sich nur für Betriebe geeignet, bei denen es auf das Einhalten einer bestimmten Arbeitszeit nicht ankommt.

Wo es sich um ausschließlichen Kraftbetrieb handelt, sind die Kosten der PS<sub>e</sub>-st für die Wahl der Betriebskraft maßgebend, sofern nicht andere Rücksichten den Ausschlag geben. Für Betriebe hingegen, die außer Kraft auch Wärme gebrauchen, ist unter sonst gleichen Verhältnissen diejenige Anlage die zweckmäßigste, die die Gesamtenergie am billigsten erzeugt. Dies ist bei großem Wärme-

bedarf die Dampfanlage und bei kleinem Wärmebedarf allenfalls die Verbrennungsmaschinenanlage. Bei mittlerem Wärmebedarf kann eine Maschine für Anzapf- oder Zwischendampf in Betracht kommen<sup>1)</sup>.

Bei Verbrennungsmaschinen erscheint die Ausnützung der Abwärme nur für größere Leistungen mit längerer Betriebsdauer zweckmäßig, in erster Linie für Großgasmaschinen-Kraftwerke auf Hüttenwerken und Zechen. Bei unterbrochenen Betrieben ist zu berücksichtigen, daß in den Betriebspausen keine Abwärme erzeugt wird. Da alsdann eine unmittelbare Wärmeentnahme, wie sie bei Dampfanlagen aus dem Dampfkessel möglich ist, nur bei Verbrennungsmaschinen mit eigener Gaserzeugungsanlage stattfinden kann, so hat man in Fällen, in denen ein während des Betriebes aufspeicherbarer Wärmeüberschuß nicht zur Verfügung steht, eine besondere Heizanlage vorzusehen.

Je geringer der Belastungsfaktor einer Anlage und je niedriger der örtliche Wärmepreis ist, desto mehr tritt der Anteil der reinen Energiekosten hinter denjenigen der Kapitalkosten zurück. Es ist hier im allgemeinen die in der Anschaffung billigere Kraftanlage die wirtschaftlichere. Dies ist, wenigstens für mittlere und größere Leistungen, die Dampfkraftanlage. Andererseits ist bei hohem Belastungsfaktor und hohen örtlichen Brennstoffpreisen der Verbrennungsmaschine der Vorzug zu geben. Treten starke Belastungsschwankungen auf, wie z. B. bei Elektrizitätswerken, so kann sich unter Umständen für größere Leistungen eine kombinierte Anlage empfehlen, bei der die annähernd gleichbleibende Grundbelastung oder ein Teil derselben durch Verbrennungsmaschinen, der veränderliche Teil dagegen durch Dampfkraftmaschinen gedeckt wird.

Für schlecht ausgenutzte oder Reserveanlagen kommen Dieselmotoren nur dann in Betracht, wenn auf sofortige Betriebsbereitschaft besonderer Wert gelegt wird.

Für Großkraftwerke mit sehr großen Einzelsätzen, etwa über 6000 PS<sub>e</sub>, kommt nach dem heutigen Stande der Technik nur die Dampfturbine in Frage.

Ob sich im gegebenen Fall eine Sauggasanlage empfiehlt, ist eine reine Brennstofffrage. Im allgemeinen sind heute Sauggasanlagen nur noch dann am Platz, wenn ein im Wärmepreis billiger Brennstoff zur Verfügung steht. Für große Kraftwerke kann sich die vorherige Vergasung des Brennstoffes unter Umständen schon deshalb empfehlen, weil sich alsdann seine wertvollen Bestandteile (Stickstoff und Teer) gewinnen lassen. Die Gewinnung von Nebenprodukten erscheint allerdings nur dort wirtschaftlich, wo ein billiger und für den Generatorbetrieb geeigneter Brennstoff zur Verfügung steht.

Der elektromotorische Antrieb gestaltet sich in erster Linie dann wirtschaftlicher als der mit Wärmekraftmaschinen, wenn die jähr-

<sup>1)</sup> Wo nur niedrige Heiẏtemperaturen erforderlich sind, ist natürlich die Vakuumheizung noch wirtschaftlicher als die mit Zwischendampf, vorausgesetzt, daß der Betrieb ohne Abschwächung der Luftleere geführt werden kann.

liche Betriebsdauer verhältnismäßig kurz ist, oder wenn es sich um unterbrochene Betriebe handelt. In diesem Fall entscheiden die geringen Anschaffungskosten des Elektromotors zu dessen Gunsten. Bei größerer Betriebsstundenzahl hingegen wird, sofern wirtschaftliche Rücksichten den Ausschlag geben, die Aufstellung einer eigenen Kraftanlage dem Anschluß an ein Elektrizitätswerk oder an ein Überlandwerk in der Regel vorzuziehen sein, zumal man dann keinerlei einschränkenden Bestimmungen hinsichtlich der Betriebszeit (Sperrzeit) unterworfen ist. Wo es sich um gleichzeitigen Kraft- und Wärmebedarf handelt, arbeitet an sich die Wärmekraftanlage wirtschaftlicher.

Durch die Einführung der Naphthalin-, Diesel- und Sauggasmaschinen und durch die Überhitzung des Dampfes und die weitgehende Vorwärmung des Speisewassers bei Dampfanlagen hat die zentrale Krafterzeugung viel von ihrer früheren Bedeutung verloren. Die kleinere Einzelanlage steht heute dem Großbetrieb in wirtschaftlicher Hinsicht nur noch wenig nach, um so mehr, als bei ihr die bedeutenden Anlagekosten des Kabelnetzes wegfallen. Die in Großkraftwerken erzeugte elektrische Energie kann im allgemeinen nur dort mit der Krafterzeugung durch eine moderne Wärmekraftanlage erfolgreich in Wettbewerb treten, wo durch Vereinigung des elektrischen Kraftwerkes mit einem Volksbad oder einem Fernheizwerk bzw. einer Fernwarmwasserversorgung eine gleichzeitige Verwertung der Abwärme möglich ist.

## **52. Wahl der Betriebskraft auf Grund örtlicher und betriebstechnischer Gesichtspunkte.**

Wo sehr wenig Platz zur Verfügung steht, sind Dampfanlagen im allgemeinen nicht anwendbar. Wenn in derartigen Fällen Dampfkraft bevorzugt wird, so kommt höchstens eine ortsfeste Lokomobile in Betracht, die unter den Dampfanlagen den geringsten Platz beansprucht. Noch geringer ist der Platzbedarf bei Verbrennungsmaschinen, insbesondere solchen von stehender Bauart<sup>1)</sup>. Den geringsten Platzbedarf beansprucht der Elektromotor. Dieser kann bei kleinen Leistungen gegebenenfalls auf einer Wandkonsole oder an der Decke befestigt werden, so daß er keinen besonderen Platz in Anspruch nimmt.

Wo es auf äußerste Platzersparnis ankommt, kann sich auch für Dauerbetriebe die Wahl schnellaufender Maschinen rechtfertigen.

In bewohnten Gebäuden kann unter Umständen die Ruhe und Geräuschlosigkeit des Ganges eine wichtige Rolle spielen. Die geringsten Erschütterungen und Geräusche verursachen gemäß Abschn.85

---

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. Abb. 2 und 3 auf S. 1146 der Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1913. Dieselben geben ein Bild von dem Platzbedarf einer Dampfturbinen- und einer Dieselmotoren-Anlage von je 5000 KW.



solche Kraftmaschinen, die wie der Elektromotor oder die Dampfturbine nur rotierende Maschinenteile besitzen. Bei gutem Massenausgleich und bei sachgemäßer Fundierung macht es jedoch im allgemeinen auch bei Kolbenmaschinen keine Schwierigkeit, einen ruhigen und praktisch erschütterungsfreien Gang zu erreichen.

Verbrennungsmaschinen haben gegenüber Dampfkraftanlagen den Vorzug, daß die Rauch- und Rußbelästigung wegfällt. Nur bei gewissen Arten von Hochdruck-Ölmaschinen, insbesondere bei den sog. Glühkopfmotoren, ist der Auspuff meist stark rauchend und rußend. Vollständige Rauchlosigkeit ist beim Elektromotor vorhanden. Wo auf eine besonders empfindliche Nachbarschaft Rücksicht zu nehmen ist, kann sich deshalb die Wahl eines Elektromotors rechtfertigen, auch wenn der Betrieb mit einer anderen Kraftmaschine wirtschaftlicher wäre.

Verbrennungsmaschinen können im Gegensatz zu Dampfkraftanlagen in jedem Raum aufgestellt werden. Nach Wissen des Verfassers bestehen nur bei Sauggasanlagen an manchen Orten Vorschriften, die bei der Aufstellung zu berücksichtigen sind.

Auch der Wasserverbrauch kann auf die Wahl der Betriebskraft von Einfluß sein. Den geringsten Wasserverbrauch weisen gemäß Abschn. 45 Dieselmotoren, den höchsten Verbrauch Kondensations-Dampfmaschinen auf.

Vielfach wird auf sofortige Betriebsbereitschaft besonderer Wert gelegt. In dieser Hinsicht sind Verbrennungsmaschinen gegenüber Dampfkraftmaschinen im Vorteil. Nur bei Sauggasanlagen ist der Motor mit Rücksicht auf den Generator nicht jederzeit betriebsbereit.

Es sind schon des öfteren für Reserveanlagen Dieselmotoren wegen ihrer sofortigen Betriebsbereitschaft gewählt worden, obgleich eine Dampfanlage mit Rücksicht auf ihre geringeren Anschaffungskosten wirtschaftlicher gewesen wäre.

Zugunsten der Dieselmotoren kann unter Umständen auch die bequeme Brennstoffzufuhr sprechen.

Nicht zuletzt ist bei Wahl einer Kraftmaschine auch die Regelfähigkeit, die Überlastungsfähigkeit und die Betriebssicherheit zu berücksichtigen. Vgl. in dieser Hinsicht die Ausführungen im Abschn. 60 und 61.

### **53. Sonstige Gesichtspunkte bei Wahl einer Betriebskraft.**

Bisweilen wird die Forderung gestellt, daß die Kraftanlage mit möglichst geringen Kosten herzustellen ist, in der Erwägung, daß Ersparnisse am Anlagekapital im Geschäftsbetrieb größeren Gewinn ergeben, als die durch kostspielige Einrichtungen erzielten Betriebsersparnisse ausmachen. In solchen Fällen kann der in der Anschaffung billigere Elektromotor einer Wärmekraftmaschine trotz deren niedrigeren Betriebskosten vorzuziehen sein. Auch wird für Firmen, denen die Beschaffung des Kapitals große Schwierigkeiten macht,

oder für Neugründungen, deren Entwicklung noch gar nicht voraussehen ist, der Anschluß an ein Elektrizitätswerk unbedingt von Vorteil sein, weil dadurch zunächst die geringsten Anschaffungskosten verursacht werden.

Bei Wahl der Betriebskraft kann gegebenenfalls auch der Umstand von Einfluß sein, ob man den in Betracht kommenden Brennstoff dauernd beziehen kann. Es wäre unzweckmäßig, eine Kraftanlage für die ausschließliche Verwendung eines ganz bestimmten Brennstoffes einzurichten, wenn man nicht die Gewißheit hat, diesen Brennstoff stets zu bekommen. Es ist jedenfalls zu empfehlen, sich bei Errichtung einer Anlage die Möglichkeit zu wahren, auch andere Brennstoffe zu verwenden.

Es können sodann noch andere Fälle vorkommen, in denen es nicht gerechtfertigt ist, die Kraftanlage von höchster Wirtschaftlichkeit zu wählen. So z. B. ist für reine Hochofenwerke, die heute allerdings nur noch selten vorkommen, die in der Anschaffung billigere Dampfkraftanlage zweckmäßiger als eine Großgasmaschinen-Anlage. Reine Hochofenwerke sind nämlich nicht in der Lage, alles Gichtgas auszunützen, da sie einen verhältnismäßig geringen Kraftbedarf haben. Anders wenn ein Stahlwerk und eine Elektrizitätsversorgung mit dem Hochofenwerk verbunden sind. In diesem Fall ist der Belastungsfaktor ein sehr hoher, bis 60% und darüber, so daß hierfür Großgasmaschinen wesentlich wirtschaftlicher sind.

Für reine Koksofenwerke gilt dasselbe wie für reine Hochofenwerke.

Auch der Wasserbedarf der Kraftanlage kann unter Umständen eine ausschlaggebende Rolle spielen.

## 54. Wahl des Kesselsystems.

Von Einfluß auf die Wahl des Kesselsystems sind vor allem die örtlichen Verhältnisse, die Betriebsansprüche, die Größe der Anlage und der in Betracht kommende Brennstoff. Je teurer der letztere ist, desto mehr muß auf eine gute Wärmeausnützung geachtet werden.

Für kleine Anlagen verwendet man am häufigsten Flammrohrkessel. Der Flammrohrkessel ist insbesondere dort am Platz, wo gute Kohlen die Vorteile der Innenfeuerung zur Geltung kommen lassen. Für minderwertiges Brennmaterial dagegen ist er weniger geeignet. Auch dort ist der Flammrohrkessel sowie der Feuerbüchskessel nicht am Platz, wo die Anlage zeitweise ohne genügende Überwachung betrieben wird, da er infolge der geringen Wasserbedeckung seiner Rohre gegen Vernachlässigungen des Wasserstandes empfindlicher ist als der Wasserrohrkessel.

Neben dem Flammrohrkessel kommt vor allem der Wasserrohrkessel in Betracht. Derselbe besitzt außer der Eignung für hohen Druck den Vorzug geringen Raumbedarfs und rascher Betriebsbereit-

schaft. Letztere ist insbesondere für Reserveanlagen und solche Anlagen von großem Wert, die nur in kurzen Zeitabschnitten betrieben werden. Allerdings bedingt der geringe Wasser- und Dampfraum des Wasserrohrkessels ein geringes Wärmebeharrungsvermögen, so daß bei unachtsamer Bedienung leicht Änderungen in der Dampfspannung eintreten können.

Am häufigsten handelt es sich demnach um die Wahl zwischen einem Flammrohrkessel und einem Wasserrohrkessel. Zugunsten des ersteren ist anzuführen, daß er vielleicht betriebssicherer ist als der Wasserrohrkessel, weil dieser sehr viele Röhren mit Dichtungsstellen besitzt. Auch wird behauptet, daß der Flammrohrkessel, weil befahrbar, leichter zu reinigen ist als der Wasserrohrkessel, bei dem man für jedes Rohr einen Verschlußdeckel öffnen muß. Dieser Vorwurf ist jedoch heute kaum mehr berechtigt; bei den gebräuchlichen Turbinenreinigern geht die Entfernung des Kesselsteins aus den Wasserrohren sehr bequem und rasch vor sich. Die Reinigung eines Wasserrohrkessels (Schräghrohrkessels) ist deshalb auch nicht viel zeitraubender als diejenige eines Flammrohrkessels.

Jedenfalls hat der Wasserrohrkessel den Vorzug, daß er bei Heizflächen über etwa 80—100 qm im allgemeinen geringere Anschaffungskosten verursacht als der Flammrohrkessel, der bei den heute üblichen hohen Dampfspannungen sehr starke Mäntel bekommt.

Hochleistungskessel sowie auch Steilrohrkessel sollten nur dort angewendet werden, wo es sich um äußerste Platzersparnis handelt und wo Kondensat gespeist werden kann. Dies beides trifft im allgemeinen nur für Dampfturbinenkraftwerke in großen Städten zu.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß auch der Zugbedarf eines Kessels zu berücksichtigen ist. Es ist bei einem neuzeitlichen Dampfkessel mit hoher Leistung nicht gleichgültig, wieviel er an Zug verbraucht.

## 55. Natürlicher oder künstlicher Zug bei Dampfanlagen<sup>1)</sup>.

### Allgemeines.

Die Frage, ob für Dampfanlagen natürlicher oder künstlicher Zug vorzuziehen ist, wird heute lebhaft umstritten. Von manchen Seiten wird der Standpunkt vertreten, daß es an der Zeit sei, den gemauerten Schornstein, schon in Anbetracht seiner Mängel und Launen, durch ein leistungsfähigeres und wirtschaftlicher arbeitendes Zugerzeugungsmittel zu ersetzen. Demgegenüber wird jedoch von anderer Seite darauf hingewiesen, daß der künstliche Zug mehr oder weniger Modesache sei und nur in Notfällen in Betracht komme,

<sup>1)</sup> Die nachstehenden Ausführungen sind ein Auszug aus einem Aufsatz, den der Verfasser in der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 1455 ff. veröffentlichte.

und daß der natürliche Zug selbst für hochbeanspruchte Kessel, sogenannte Hochleistungskessel, noch immer die wirtschaftlich beste Lösung darstelle.

Ohne Zweifel ist die Art der Zugerzeugung von erheblichem Einfluß auf die Gesamtdisposition einer Kesselanlage. Jedoch darf der Umstand, daß man bei künstlichem Zug beliebig große Zugstärken erzeugen kann, nicht dazu verleiten, die Bedeutung hoher Zugstärken zu überschätzen. Dieselben sind vielmehr als ein notwendiges Übel zu betrachten. Ebenso wie es beim gewöhnlichen Schornsteinzug mit Rücksicht auf den Kostenpunkt nicht nebensächlich ist, ob für eine Kesselanlage ein Schornstein von 50 oder 80 m Höhe errichtet werden muß, ebensowenig ist es bei künstlichem Zug gleichgültig, ob der Kessel zur Zugerzeugung die doppelte oder die dreifache Kraft verbraucht und ob das Gebläse täglich 24 oder nur 6 Stunden im Betrieb sein muß.

Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich zunächst auf feste Brennstoffe, lassen sich jedoch ohne weiteres auch auf flüssige und gasförmige übertragen.

### Der natürliche Zug.

In Fig. 70 ist eine Dampfanlage mit gemauertem Schornstein schematisch dargestellt. Für den Kessel ist eine einfache Planrostfeuerung angenommen; der Überhitzer sowie alles nicht unmittelbar für die Zwecke der hier anzustellenden Untersuchung Notwendige wurde weggelassen.

Der Schornstein hat bekanntlich eine doppelte Aufgabe; erstens hat er die zur Einleitung und Aufrechterhaltung des Verbrennungsvorganges erforderliche Luft durch die Rostspalten anzusaugen und die entstehenden Verbrennungsprodukte durch die Züge des Kessels und Economisers hindurch zu befördern, und zweitens hat er die Verbrennungsprodukte in solcher Höhe in die Atmosphäre überzuführen, daß sie weder den Menschen noch den Pflanzen schädlich werden. Dies kann außer durch Ruß-, Aschen- und Funkenauswurf vor allem durch die giftigen Bestandteile der Rauchgase, wie schweflige Säure, Kohlenoxyd usw. geschehen.

Die Zugwirkung des Schornsteins ist eine Folge des natürlichen Auftriebs, der dadurch zustande kommt, daß die im Schornstein befindlichen Abgase wärmer und infolgedessen spezifisch leichter sind als die Außenluft. Die Zugstärke ist um so größer, je höher der Schornstein ist und je höher die Temperatur der Abgase über derjenigen der Außenluft liegt. Mittels des erzeugten Zuges müssen alle Widerstände, die sich der Bewegung der Gase vom Aschfall bis zur Schornsteinmündung entgegenstellen, überwunden werden.

In Fig. 70 ist unterhalb der Kesselanlage der Verlauf des Unterdrucks in der Feuerung und den Heizkanälen dargestellt. Aus den eingetragenen Buchstaben geht ohne weitere Erklärung hervor, auf welche Stellen der Kesselanlage sich der Unterdruck bezieht. Hierbei wurde der Einfachheit halber angenommen, daß der Druckverlauf im Kessel und Economiser jeweils ein geradliniger ist. In Wirklichkeit wird natürlich die Unterdrucklinie nicht so gleichförmig verlaufen, sondern zum Teil sprunghaft. Für das Verständnis der nachfolgenden Darlegungen genügt aber die schematische Darstellung.

Der obere Linienzug *abcdefg* stellt den Verlauf des Unterdrucks bei schwacher Kesselbeanspruchung dar. Der untere, durch Schraffur gekennzeichnete Linienzug entspricht den Druckverhältnissen bei Höchstbelastung der Kesselanlage, wobei angenommen ist, daß der Rauchschieber vollständig

geöffnet ist und die Zugwirkung des Schornsteins gerade noch ausreicht, um die Verbrennungsprodukte abzusaugen.

In Wirklichkeit wird man normalerweise mit der Beanspruchung nicht bis zu diesem Grenzzustand gehen. Der Schornstein soll vielmehr so reichlich bemessen sein, daß er auch bei höchster Beanspruchung des Kessels noch einen gewissen Überschuß an Zug besitzt, so daß der Rauchschieber auch bei der Höchstleistung des Kessels noch zur Zugregulierung benützt werden kann. Es könnte sonst bei ungleichmäßiger Brennstoff- bzw. Wärmezufuhr leicht zu Wärmestauungen in den Heizkanälen kommen.

Ist der Schornstein ausreichend bemessen, so ist er unter normalen Verhältnissen imstande, jede für Kesselanlagen in Betracht kommende Zugstärke

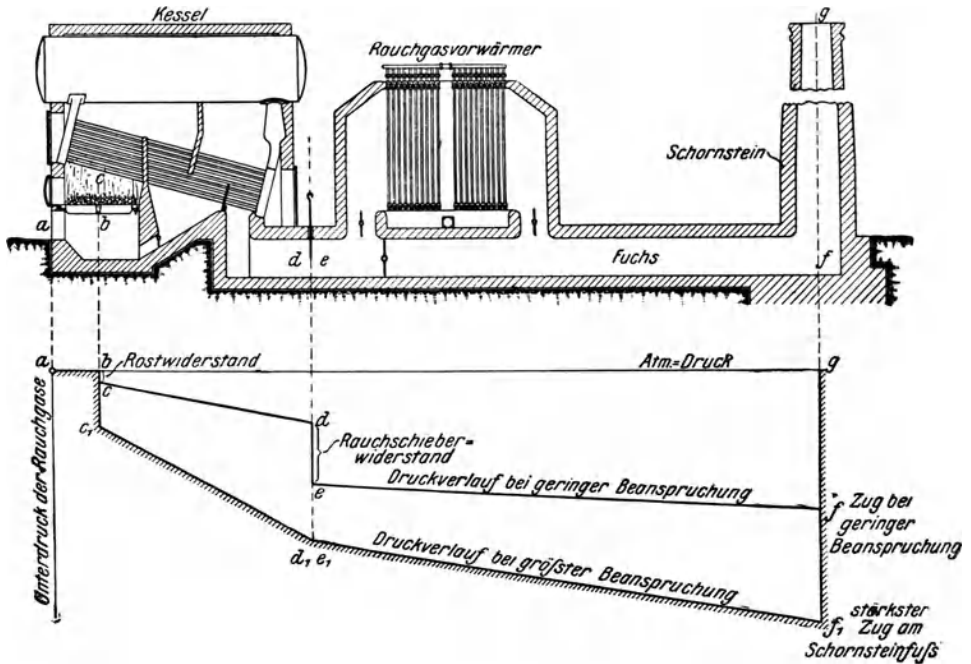


Fig. 70. Kesselanlage mit natürlichem Zug (Schornsteinzug).

zu erzeugen. Wenn jedoch die Höhe oder die Weite des Schornsteins eine zu geringe ist, so ist die naturgemäße Folge, daß der Schornstein, insbesondere in der wärmeren Jahreszeit, ungenügend zieht, und die Kesselanlage infolgedessen nicht voll beansprucht werden kann. Wo trotzdem versucht wird, mit der Beanspruchung über die gegebene Grenze hinauszugehen, geschieht dies auf Kosten der Wärmeausnutzung des Brennstoffs, da bei zu schwachem Zug die Luftzufuhr ungenügend und die Verbrennung unvollständig und mit einer mehr oder weniger starken Rauch- und Rußbildung verknüpft ist.

### Der mechanische oder künstliche Zug.

Außer durch den natürlichen Auftrieb kann man den erforderlichen Zug auch durch mechanische Mittel, d. h. mit Hilfe von Ventilatoren und Dampfstrahlgebläsen erzeugen. Man unterscheidet hierbei zwischen Druckzug- und Saugzuganlagen. Bei den Druckzuganlagen ist das Gebläse vor dem Kessel, bei den Saugzuganlagen dagegen hinter demselben angeordnet.

Während der gewöhnliche Schornstein ausschließlich mit Abwärme betrieben wird, erfordert der künstliche Zug einen gewissen Wärme- oder Arbeitsaufwand und außerdem einen geringen Aufwand für Wartung und Instandhaltung. Letzterer Aufwand ist allerdings so unwesentlich, daß er praktisch so gut wie vernachlässigt werden kann.

Man hat beim künstlichen Zug zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Verwendung des künstlichen Zugs zur zeitweisen oder dauernden Verstärkung des natürlichen;
2. Verwendung des künstlichen Zugs zum gänzlichen Ersatz des natürlichen.

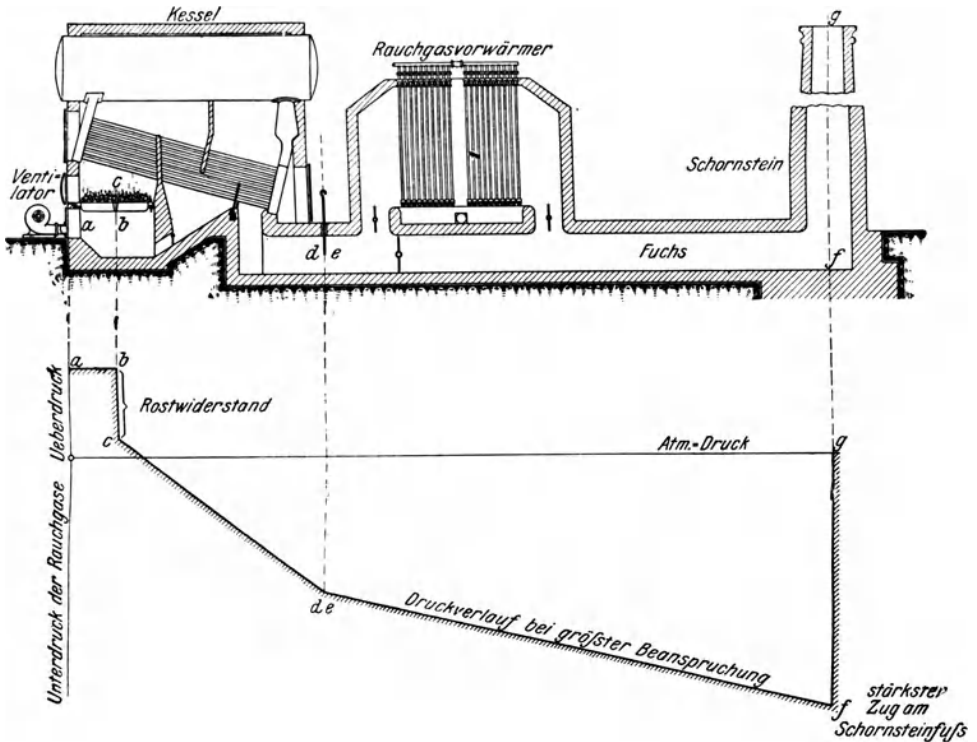


Fig. 71. Kesselanlage mit Druckzug (Unterwindfeuerung).

Die Anlagen mit Druckzug führen auch den Namen Unterwindfeuerungen. Eine Anlage mit Druckzug ist z. B. in Fig. 71 dargestellt. Es ist hier vor dem Kessel ein kleiner Ventilator angeordnet, der in den luftdicht geschlossenen Aschenfall Luft hineindrückt. Der Schornstein wurde wieder gemauert und von gleicher Höhe angenommen wie in Fig. 70. Ist nur ein kurzes eisernes Abzugsrohr vorhanden, so ist der natürliche Auftrieb der Rauchgase geringer und der Ventilator muß entsprechend mehr leisten (z. B. bei Schiffsanlagen).

Der Druckverlauf in der Kesselanlage und im Ekonomiser ist wieder durch einen einfachen, aus einzelnen Geraden zusammengesetzten Linienzug dargestellt. Und zwar ist nur die Kurve bei Höchstleistung eingetragen.

Das Gebläse hat hier die Aufgabe, den natürlichen Schornsteinzug zu unterstützen, indem es denjenigen Teil der Widerstände übernimmt, den die Frischluft beim Eintritt in die Feuerung zu überwinden hat (Rostwiderstand).

Den Anlagen mit Druckzug macht man den Vorwurf, daß bei starkem Unterwind feinere Brennstoffteilchen aufgewirbelt und mitgerissen werden, vor allem aber den, daß die Rauchgase bestrebt seien, durch Undichtheiten im Mauerwerk auszutreten und daß beim Öffnen der Feuertüre die Flamme aus dem Verbrennungsraum herausschlage und unter Umständen den Heizer gefährde.

Diese Vorwürfe erscheinen nur zum Teil berechtigt. Das Aufwirbeln und Mitreißen feiner Brennstoffteilchen kann bei jeder Art von Zugerzeugung vorkommen, wenn mit zu scharfem Zug gearbeitet wird. Was das Austreten von Rauchgasen und das Herausschlagen der Flamme aus der Feuerung betrifft, so tritt dies nur ein, wenn infolge unsachgemäßer Bedienung oder infolge ungenügenden Schornsteinzugs mit zu starker Luftpressung gearbeitet wird. Normalerweise soll der Druck unter dem Rost jeweils so geregelt werden, daß auch bei forciertem Betrieb kein oder doch nur ein geringer Überdruck im Feuerraum entsteht.

Die Anlagen mit Unterwind sind dort am Platz, wo mit sehr hoher Brennstoffsicht gearbeitet werden muß. Auch für die Verfeuerung von minderwertigem, pulverigem Brennmaterial haben sie sich sehr gut bewährt, wobei als Feuerung eine Planrostfeuerung mit entsprechend geringer Spaltweite (Bündelroststäbe) verwendet werden kann. Auch die Pluto Stoker- und die Unterschubfeuerungen werden für minderwertige Brennstoffe von feinkörniger und staubförmiger Beschaffenheit mit Vorteil angewendet. Allerdings kommen diese Feuerungen infolge ihrer hohen Anschaffungskosten im allgemeinen nur dort in Betracht, wo die Kohle billig zu haben ist und keine größeren Frachtkosten aufzuwenden sind.

Der von dem Amerikaner Mc Lean eingeführte sogenannte Gleichgewichtszug oder ausgeglichene Zug ist nichts anderes als eine selbsttätige Unterwindfeuerungsart, bei der die Luft- bzw. Heizgasmenge durch mechanische Mittel so geregelt wird, daß die Dampfspannung ständig auf gleicher Höhe bleibt. Bei jeder Änderung des Luftzutritts wird auch die Stellung des Rauchschiebers geändert, derart, daß im Feuerraum kein oder doch nur ein geringer Überdruck herrscht. Offenbar soll hierdurch zweierlei vermieden werden:

1. das Einströmen von Luft beim Beschicken und Schüren, das immer dann stattfindet, wenn im Feuerraum Unterdruck herrscht;
2. die oben erwähnten, mit einem Überdruck der Rauchgase verbundenen Nachteile.

Die Verstellung von Luft- und Rauchgasklappe (Rauchschieber) geschieht durch Servo-Motoren, die mit städtischem Leitungswasser betrieben werden können.

In Deutschland sind zurzeit nur einige selbsttätige Unterwindfeuerungen im Betrieb. Die erste wurde nach Wissen des Verfassers im städtischen Gaswerk in Stuttgart aufgestellt. Diese Anlagen führen sich bei uns offenbar deshalb nicht ein, weil hierfür ziemlich hohe Lizenzgebühren zu entrichten sind und weil sie verhältnismäßig empfindliche Einrichtungen erfordern (vgl. D. R. P. 185 049).

Während man für ortsfeste Anlagen neuerdings meist den Saugzug bevorzugt, ist für Schiffskesselanlagen fast allgemein der Druckzug gebräuchlich. Hier kann das Herausschlagen der Flamme bei geöffneter Feuertür in einfacher Weise dadurch vermieden werden, daß man den ganzen Heizerraum unter Druck setzt, was noch heute mit bestem Erfolg in der Marine geschieht (sog. Howden-Zug). Der Ventilator drückt hierbei die Luft in den luftdicht geschlossenen Heizerraum hinein.

Die Anlagen mit Saugzug lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Bei der ersten wird der Ventilator direkt in den Weg der Rauchgase eingeschaltet. Die Gase werden hierbei aus dem Fuchs oder unmittelbar hinter dem Ekonomiser durch den Ventilator abgesaugt und in den Schornstein gedrückt. Man bezeichnet diese Arbeitsweise als die direkte. Eine Anlage dieser Art ist in Fig. 72 dargestellt. Hinter dem Ventilator wirkt der Schornstein, der auch

hier wieder, wie in Fig. 70, aus Mauerwerk gedacht ist, in bekannter Weise. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die natürliche Zugwirkung des Schornsteins aus verschiedenen Gründen beeinträchtigt wird. Einmal findet infolge von Wärmeausstrahlung der Ventilatorwänden eine geringe Abkühlung der Rauchgase statt; sodann entstehen beim Hineindrücken der Rauchgase in den Fuchs oder den Schornstein immer mehr oder weniger Wirbel, insbesondere bei der in Fig. 72 dargestellten, besonders ungünstigen Art der Rauchgasführung; und endlich hat das Hineindrücken der Rauchgase in den Schornstein eine gewisse Verdichtung zur Folge. Je größer aber die Gasdichte, desto kleiner ist der natürliche Auftrieb.



Fig. 72. Kesselanlage mit direktem Saugzug.

In Fig. 72 entspricht der Linienzug  $hif$  dem Idealfall, daß der Schornsteinzug unverändert fortbesteht und der Ventilator nur den der Strecke  $hi$  entsprechenden Teil der Zugleistung zu übernehmen hat. Besteht der Schornstein nur aus einem kurzen eisernen Abzugsrohr, oder ist er für die abzuführende Rauchgasmenge zu eng, so kann die natürliche Zugwirkung praktisch überhaupt verschwinden; der Ventilator hat alsdann die ganze Zugleistung, entsprechend der Strecke  $hi_1$  zu übernehmen.

Der wirkliche Kraftverbrauch des Ventilators wird sich zwischen diesen beiden Grenzfällen bewegen. Er nähert sich um so mehr dem durch Strecke  $hi_1$  dargestellten oberen Grenzwert, je vollständiger der Ersatz des natürlichen Zuges durch den künstlichen ist.

Sehr zu beachten ist, daß die Absperrklappe im Fuchs gut abdichtet, da andernfalls die Zugleistung des Ventilators erheblich beeinträchtigt werden kann. Bei undichter Klappe wird nämlich ein Teil der vom Ventilator geförderten Gase wieder zurückgesaugt. Man zieht es deshalb nicht selten vor, die Klappe durch einen Mauerabschluß zu ersetzen.



Die zweite Art von Saugzuganlagen mit indirekter Wirkung stammt von dem französischen Ingenieur Prat. In Deutschland hat sich nach Wissen des Verfassers zuerst die Gesellschaft für künstlichen Zug, G. m. b. H., in Charlottenburg, um deren Einführung bemüht. Das Wesen des indirekten Saugzugs besteht darin, daß die Absaugung der Rauchgase nicht unmittelbar durch den Ventilator, sondern durch einen in den Schornstein eingebauten Strahlapparat erfolgt, in der Weise, daß ein von einem Ventilator oder einem Dampfstrahlgebläse erzeugter Preßluftstrom zentral in einen Kamin eingeblasen wird und hierbei nach Art eines Ejektors durch seine Strömungsenergie einen Unterdruck erzeugt, durch den die Rauchgase abgesaugt werden. Die Verwendung der Blaswirkung eines Ejektors zur Zugerzeugung ist im Grunde genommen nichts Neues; bei Lokomotiven ist der — mit Maschinenabdampf betriebene — Ejektor von jeher im Gebrauch.

Fig. 73 zeigt den Fall des indirekten Saugzugs. Hierbei wurde, normalen Betriebsverhältnissen entsprechend, ein Ventilator angenommen. Als Reserve ist, im Falle einer Störung an dem Ventilator oder dessen Antrieb, ein Dampfstrahlgebläse gedacht, das naturgemäß auch dazu verwendet werden kann, um in Fällen großer Belastungssteigerung den Ventilatorzug zu verstärken.

Der durch Elektromotor oder eine Transmission angetriebene Ventilator entnimmt die Luft aus dem Kesselhaus oder aus einem ohnedies zu entlüftenden Arbeitsraum und drückt sie mit hoher Geschwindigkeit (etwa 40 bis 50 m/sk) durch eine am Ende des Druckrohrs befindliche düsenartige Öffnung in das Abzugsrohr. Hierdurch entsteht unterhalb der Düse ein Unterdruck. Die Mündung der Düse, auf deren richtige Lage es außerordentlich ankommt, befindet sich etwa dort, wo die Einschnürung des Kamins beginnt. In Fig. 73 ist die Düsenmündung etwas zu hoch gezeichnet.

In der Regel besteht hier der Schornstein aus einem kurzen eisernen Rohr von etwa 15—20 m Länge, das sich nach der Mündung hin allmählich erweitert. Die Erweiterung hat, ebenso wie bei den Saugkrümmern von Wasserturbinen, den Zweck, einen Teil der Geschwindigkeit wieder in Druck zu verwandeln und als Saugwirkung zurückzugewinnen.

Die von dem Strahlgebläse zu leistende Verdichtungsarbeit entspricht der Strecke  $f f_2$ . Da hier durch das Einblasen kalter Luft die Gasmenge vergrößert und der natürliche Auftrieb größtenteils zerstört wird, so erfordert die indirekte Arbeitsweise mehr Ventilatorarbeit als die direkte, zumal noch zu berücksichtigen ist, daß der Wirkungsgrad des Strahlsaugapparats ein verhältnismäßig schlechter ist.

Andererseits hat jedoch der indirekte Saugzug den Vorteil, daß man einen kleinen schnellaufenden — allerdings auch mehr Geräusch verursachenden — Ventilator und hohe Luftgeschwindigkeit anwenden kann, weil man für das Strahlgebläse ohnedies hohe Geschwindigkeiten benötigt. Beim direkt arbeitenden Ventilator hingegen darf man keine zu hohe Gasgeschwindigkeit zulassen, weil sie hier einen unmittelbaren Verlust bedeutet. Damit ergeben sich für den direkten Saugzug langsamlaufernde große Ventilatoren, deren Unterbringung etwas mehr Platz erfordert. Die Abmessungen der Ventilatoren fallen unter sonst gleichen Verhältnissen um so größer aus, je höher die Temperatur der Rauchgase, je größer also deren Volumen ist.

Trotzdem jedoch wird nicht selten der direkte Saugzug bevorzugt, weil er sich ohne größere Änderungen und ohne längere Betriebsstörung in eine bestehende Kesselanlage, deren Schornsteinzug unzureichend ist, einbauen läßt. Man kann hier unter Umständen über Sonntag den Fuchs anschlagen und die für den Ventilator erforderlichen Anschlüsse sowie Absperrvorrichtungen herstellen. Beim indirekten Saugzug hingegen muß man in den Schornstein einen kegeligen eisernen oder gemauerten Einsatz einbauen; dies verursacht nicht nur eine längere Betriebsstörung, sondern auch größere Kosten.

Um die Vorzüge der indirekten Arbeitsweise, die vor allem in den kleinen Abmessungen des überall bequem unterzubringenden Ventilators bestehen, mit denjenigen des direkten Saugzugs, die in der besseren Erhaltung

des natürlichen Auftriebs der Rauchgase und in dem geringeren Kraftverbrauch zu erblicken sind, zu vereinigen, wird neuerdings meist eine kombinierte Arbeitsweise angewendet. Dieselbe besteht darin, daß der Ventilator, sei es ständig oder nur vorübergehend bei höherer Beanspruchung (Spitzenleistung) der Kesselanlage, an Stelle von Luft Rauchgase ansaugt und diese in den Strahlapparat hineinpreßt. Es ist zu diesem Zweck der in Fig. 73 angedeutete Anschluß an den Fuchs vorzusehen.

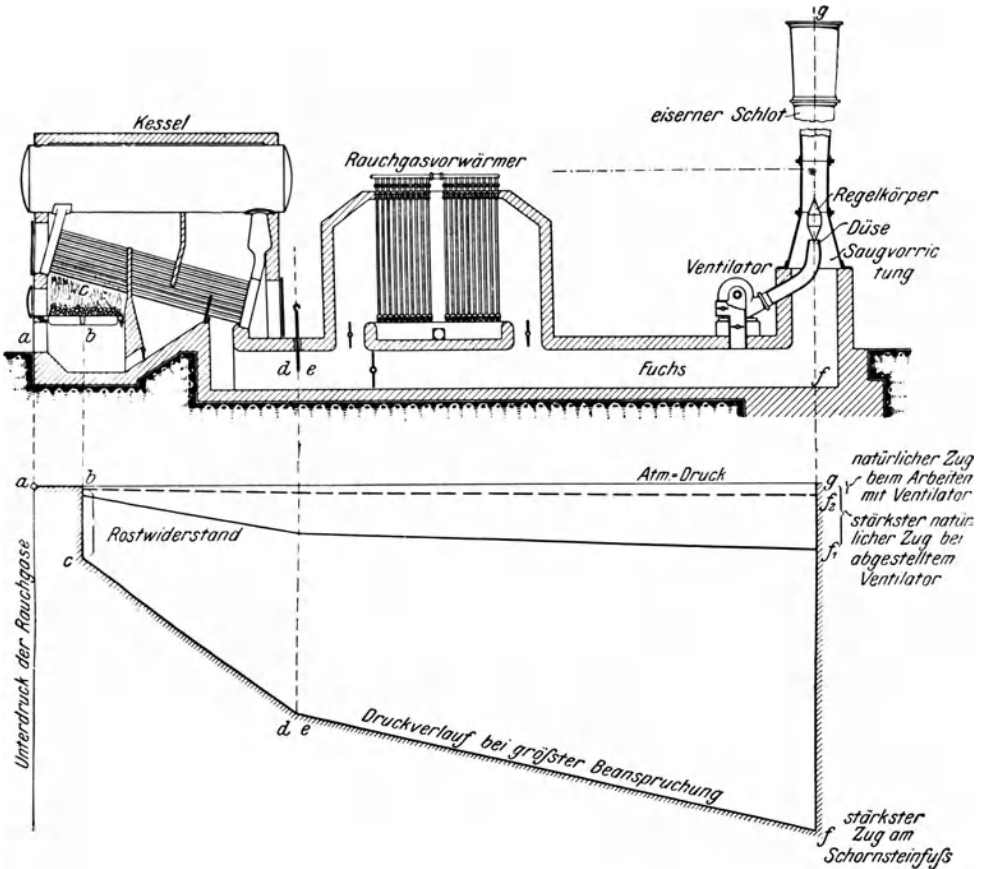


Fig. 73. Kesselanlage mit indirektem Saugzug.

Durch Verwendung von Rauchgasen als Treibmittel vermeidet man den Nachteil des reinen indirekten Verfahrens, daß gerade beim forcierten Arbeiten am meisten Luft in das Abzugsrohr eingeblasen, der für die Rauchgase verbleibende Querschnitt also am meisten eingeengt wird.

Um den natürlichen Auftrieb möglichst vollständig auszunützen und die Ventilatorarbeit tunlichst zu verringern, verzichten manche Firmen auf die Einschnürung des Kamins und auf die Düsenwirkung. Der Ventilator erteilt den von ihm abgesaugten Rauchgasen eine gewisse Geschwindigkeit und fördert sie derart in den Schornstein, daß sie möglichst parallel zu dem Strom der übrigen Rauchgase eintreten und diese beschleunigen, gewissermaßen mitreißen. Wenn auch das Druckrohr bis zu seiner Mündung konstanten Querschnitt besitzt, so

handelt es sich hier doch um eine Art indirekten Saugzuges, weil die Bewegung der Gassäule durch den Schornstein nicht direkt vom Ventilator erfolgt.

Bei dieser Art von Zuanlagen kann es leicht vorkommen, daß die vom Ventilator geförderten Gase wieder zurückgesaugt werden und einen ständigen Kreislauf beschreiben, so daß die Zugstärke, anstatt verbessert, verschlechtert wird.

Zu beachten ist, daß Ventilatoren, welche Abgase von etwa  $350^{\circ}\text{C}$  und darüber zu fördern haben, wassergekühlte Lager benötigen. Für Abgase von industriellen Öfen wird dieserhalb sowie wegen der Gefahr von Wärmeverzerrungen des Gehäuses häufig die reine indirekte Arbeitsweise bevorzugt.

### Regelung des künstlichen Zuges.

Damit die Anlage bei geringerer Kesselbeanspruchung und entsprechend schwächerem Zug weniger Kraft verbraucht, wird sie mit einer vom Heizstand aus zu betätigenden Regulierungseinrichtung ausgerüstet. Die einfachste Art der Regulierung des Ventilatorzugs besteht darin, daß man im Saug- oder im Druckrohr des Ventilators eine Drosselklappe oder einen Schieber vorsieht. Je nachdem diese mehr oder weniger geschlossen werden, bewirkt man, daß der Ventilator eine kleinere oder größere Luft- oder Gasmenge fördert und infolgedessen weniger Kraft verbraucht. Diese Art von

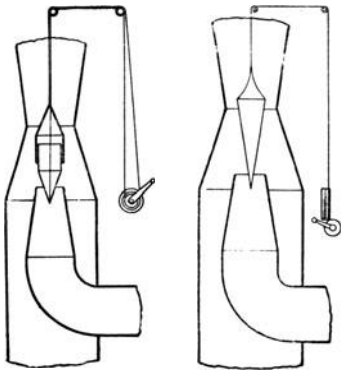


Fig. 74 und 75. Regulierungseinrichtungen für Saugzuanlagen mit indirekter Wirkung der Gesellschaft für künstlichen Zug G. m. b. H. Charlottenburg.

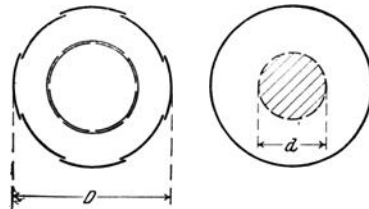


Fig. 76 und 77. Veränderung des Düsenquerschnittes bei Saugzuanlagen mit indirekter Wirkung.

Links Lamellendüse von Dr. Cruse,  $D$  veränderlich, rechts  $d$  veränderlich, je nach Stellung des Verdrängungskörpers.

Regelung bedingt jedoch, ebenso wie jede plötzliche Geschwindigkeitsänderung, Kraftverluste durch Stoß, Wirbel usw.

Wirtschaftlicher als die Drosselklappenregulierung ist bei Saugzuanlagen mit indirekter Wirkung die Düsenregulierung. Hierbei wird die vom Ventilator gelieferte Luftmenge dadurch beeinflusst, daß man den Querschnitt der Düse veränderlich macht. Dies geschieht entweder nach dem Vorgang der Gesellschaft für künstlichen Zug mittels eines z. B. als Doppelkegel ausgebildeten verstellbaren Verdrängungskörpers, der gleichzeitig den wirksamen Querschnitt des Apparates verändert, Fig. 74 und 75, oder nach Dr. Cruse durch Verwendung einer Lamellendüse, deren Austrittsöffnung veränderlich ist, Fig. 76.

Nach Ansicht des Verfassers ist die Regulierung des Düsenquerschnitts mittels vorgebauten Verdrängungskörpers insofern weniger günstig, als hierbei Verluste durch Reibung, vor allem aber durch Stoß auftreten, die dadurch bedingt sind, daß die beiden sich mischenden Gasströme nicht parallel, sondern unter einem gewissen Winkel zueinander verlaufen. Außerdem ist zu befürchten, daß bei einem Bruch des Drahtseils der Regulierkörper in die Düse hineinfällt und eine Betriebsstörung verursacht.

Das wirtschaftlichste Mittel zur Regelung der Ventilatorleistung besteht darin, daß man sowohl die Luftmenge als auch die Luftpressung verändert, indem man den Ventilator, je nach Bedarf, schneller oder langsamer laufen läßt, vorausgesetzt, daß die Antriebseinrichtungen dies gestatten. Eventuell kann neben der Tourenregelung gleichzeitig eine Düsenverstellung vorgenommen werden, zu dem Zweck, die Austrittsgeschwindigkeit des Treibmittels aus der Düse bei jeder Belastung konstant zu halten.

### **Vorteile des künstlichen Zuges gegenüber dem natürlichen Schornsteinzug.**

Nicht selten stellt man Anlagen mit künstlichem Zug solchen mit natürlichem Zug gegenüber, die infolge ungenügender Abmessungen oder fehlerhaften Baues der Feuerung, der Züge oder des Schornsteins nicht zur Zufriedenheit ihrer Besitzer arbeiten. Wenn man sich in solchen Fällen zur Einführung künstlichen Zuges entschließt, so lassen sich die Betriebsverhältnisse unter Umständen ganz erheblich verbessern. Für die Besitzer derartiger Anlagen kann deshalb die Zuhilfenahme künstlichen Zuges eine wahre Erlösung bedeuten. Damit hängt es zusammen, daß vielfach einseitige Urteile über künstliche Zuganlagen und überschwellige Zeugnisse seitens ihrer Besitzer zustande gekommen sind. Die unter solchen Verhältnissen erzielten Ergebnisse können jedoch, was eigentlich selbstverständlich ist, keine allgemeine Beweiskraft beanspruchen.

Als Hauptvorteile des künstlichen Zuges werden angegeben:

1. die geringeren Anschaffungskosten gegenüber gemauerten Schornsteinen,
2. die absolute Unabhängigkeit der Zugerzeugung von Witterungseinflüssen und ihre stete Betriebsbereitschaft,
3. die Möglichkeit einer weitergehenden Abkühlung der Rauchgase und damit einer Verringerung des Abwärmeverlustes (Schornsteinverlustes),
4. die leichte Anpassungsfähigkeit an stark schwankende Betriebsverhältnisse und die Möglichkeit sehr starker Kesselbeanspruchung, daher Ersparnis an Kesselheizfläche,
5. die Möglichkeit, auch geringwertige und kleinstückige Brennstoffe, die infolge ihrer dichten Lagerung einen großen Rostwiderstand verursachen, zu verfeuern,
6. der geringe Platzbedarf der künstlichen Zuanlage und die Möglichkeit, letztere infolge ihres geringen Gewichtes unmittelbar bei oder gegebenenfalls auf den Kesseln unterzubringen,
7. die Verringerung der Rauch- und Rußentwicklung, so daß man mit verhältnismäßig niedriger Kaminhöhe auskommt,
8. die Verbesserung des Wirkungsgrades der Kesselanlage, daher Verringerung des Brennstoffverbrauches.

Der unter Ziffer 1 genannte Vorteil des künstlichen Zuges ist nicht selten nur dort vorhanden, wo man eine knapp bemessene, für geringsten Luftüberschuß berechnete künstliche Zuanlage einem sehr reichlich bemessenen hohen Schornstein mit teuren Fundamenten gegenüberstellt.

Der unter Ziffer 2 erwähnte Vorteil des künstlichen Zuges ist in der Tat vorhanden. Beim Schornstein ist ja die Zugstärke durch den Gewichtsunterschied der Rauchgassäule im Innern des Schornsteins und der gleich großen äußeren Luftsäule bestimmt. Die Gewichte der Gassäulen werden aber durch den veränderlichen Barometerstand sowie durch die Temperatur der beiden Medien bedingt. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß im Sommer bei hoher Außentemperatur oder bei niedrigem Barometerstand die Zugkraft des Schornsteins entsprechend geringer ist, insbesondere wenn noch ungünstige Winde hinzutreten. Beim mechanischen Zug hingegen hat man es in der Hand, zu jedem Zeitpunkt die gewünschte Zugstärke einzustellen.

Was den unter Ziffer 3 erwähnten Vorteil betrifft, so ist festzustellen, daß beim künstlichen Zug die Abkühlung der Rauchgase an sich bis auf die Temperatur der Außenluft erfolgen darf, da hier nicht die Abgaswärme den Zug zu erzeugen hat. Man könnte demnach den Schornsteinverlust, der etwa 12—20 % der in der Kohle enthaltenen Wärme ausmacht, durch Einbau entsprechend großer Wasser- und Luftvorwärmer bis auf Null herunterdrücken.

Praktisch aber lassen sich die Rauchgase meist auch nicht stärker abkühlen, als bei Anwendung des natürlichen Zuges, weil sonst außergewöhnlich große und teure Ekonomiserheizflächen notwendig wären und weil bei zu starker Abkühlung die Gefahr besteht, daß sich der Wasserdampf aus den Verbrennungsprodukten an den Ekonomiserrohren niederschlägt und Anrostungen sowie für den Wärmeübergang nachteilige Krustenbildung hervorruft. Schon bei natürlichem Zug läßt man die Rauchgase häufig mit höherer Temperatur in den Fuchs eintreten, als zur Erzeugung des Schornsteinzugs unbedingt nötig ist. Die Einschaltung größerer Heizflächen hat zudem eine Erhöhung des Kraftbedarfs des Ventilators zur Folge.

Zwar ist richtig, daß der Schornstein zu seinem Betrieb Wärme verbraucht, jedoch handelt es sich hierbei nur um Abwärme, welche im Kessel und Ekonomiser nicht mehr ausgenützt wird. Es ist deshalb unverständlich, wenn mitunter behauptet wird, der Schornstein verbrauche Kohlen. Hiervon könnte nur gesprochen werden, wenn man zwecks Verstärkung des natürlichen Auftriebs mit höherer Abgastemperatur arbeiten müßte.

Der unter Ziffer 4 genannte Vorteil der starken Forcierbarkeit und der großen Regulierfähigkeit des künstlichen Zuges ist ohne weiteres zuzugeben. Da in den modernen Hochleistungskesseln sehr große Gasmengen verarbeitet werden, die Bemessung der Zugquerschnitte aber aus konstruktiven Gründen mit der Vergrößerung des Rostes nicht immer gleichen Schritt halten kann, so sind die Widerstände der Züge bei der Mehrzahl dieser Kessel stark gewachsen. Nimmt man noch hinzu, daß auch der Widerstand der Feuerung mit zunehmender Rostbeanspruchung größer geworden ist, so ergibt sich, daß bei Hochleistungskesseln die Zufuhr ausreichender Mengen von Verbrennungsluft höhere Anforderungen an die Zugerzeugung stellt als bei gewöhnlichen Kesseln. Trotzdem jedoch ist bei richtig durchkonstruierten Kesseln eine Heizflächenbeanspruchung von 40 kg/qm und mehr auch bei dem natürlichen Schornsteinzug anstandslos möglich, vorausgesetzt, daß der Schornstein nicht zu knapp bemessen ist.

Die leichte Regulierbarkeit des künstlichen Zuges wird hauptsächlich für solche Anlagen wertvoll sein, bei denen ein stark wechselnder Betrieb in bestimmten Tagesstunden erheblich forciert werden soll. Derartig schwankende Betriebe kommen z. B. bei Elektrizitätswerken vor. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß der künstliche Zug für Elektrizitätswerke immer vorzuziehen ist. Selbst ganz große Zentralen arbeiten heute und wohl auch in Zukunft mit natürlichem Schornsteinzug.

Der unter Ziffer 5 erwähnte Vorteil, daß bei Anwendung künstlichen Zuges auch minderwertige Brennstoffe, wie Gries- und Staubkohlen (Schlammkohlen), Koksgrus, Kohlenlösche, die einen scharfen Zug erfordern, günstig verbrannt werden können, ist für manche Betriebe sehr wertvoll. So z. B. ergibt sich in größeren Gaswerken viel griesförmiger Abfallkoks, der in der Regel zu niedrigem Preise verkauft wird. Durch die Anwendung künstlichen Zuges, insbesondere des Druckzuges, läßt sich dieser Abfallkoks günstig ausnützen. Saugzug ist für derartiges feinkörniges Brennmaterial weniger zu empfehlen, weil hier infolge des großen Rostwiderstandes ein erheblicher Unterdruck in den Kesselzügen entsteht. Damit wächst aber die Gefahr, daß durch Undichtigkeiten im Mauerwerk oder durch sonstige Öffnungen falsche Luft in die Züge des Kessels und Ekonomisers eingesaugt wird.

Der unter Ziffer 6 erwähnte Vorteil geringen Platzbedarfs der künstlichen Zusanlage ist ebenfalls zutreffend, insbesondere bei den Anlagen mit indirektem künstlichen Zug. Man kann hier, im Gegensatz zu den Saugzulanlagen mit direkter Wirkung, den Ventilator infolge seiner Unabhängigkeit von den Zug-

kanälen dort aufstellen, wo es für die ganze Anlage am bequemsten ist. Demgegenüber beansprucht ein freistehender gemauerter Schornstein für die Fundamente eine nicht unerhebliche Grundfläche.

Sieht man bei großen Kesselanlagen für je ein oder zwei Kessel eine künstliche Zuanlage vor, so bietet dies gleichzeitig den Vorteil, daß die langen Rauchkanäle von den einzelnen Kesseln bis zum Schornstein in Wegfall kommen, und daß man bei späterer Erweiterung der Anlage freier disponieren kann und nicht durch das Vorhandensein eines gemauerten Schornsteins behindert wird.

Die unter Ziffer 7 und 8 genannten Vorteile sind nur bedingt anzuerkennen. Wenn ein gemauerter Schornstein ausreichend bemessen ist, so kann mit demselben die Feuerung ebenso rauch- und rußfrei betrieben werden wie mit künstlichen Zug. Denn die Rauch- und Rußbildung ist eine Folge mangelhafter Feuerbedienung oder eine Folge der Verwendung ungeeigneten Brennmaterials für die betreffende Feuerungsanlage. Ob der Unterdruck hinter dem Kessel auf natürliche oder künstliche Weise erzeugt wird, ist auf den Verbrennungsvorgang ohne Einfluß. Nicht die natürliche oder künstliche Herkunft des Zuges, sondern die Größe desselben beeinflußt den Verbrennungsvorgang.

Eher kann man sagen, daß durch den künstlichen Zug die Rauch- und Rußplage vergrößert wird, weil die Kaminhöhe eine verhältnismäßig geringe ist, und weil bei zu scharfer Zugwirkung leicht feine Brennstoffteilchen sowie Flugasche und Ruß, die sich bei dem schwächeren Zug des Schornsteins in den Kesselzügen, den Rauchkanälen und in der unteren Schornsteinkammer ablagern, mitgerissen werden. Diese Gefahr besteht insbesondere bei leichten Brennstoffen, wie Braunkohlen, bei denen an sich mit schwächerem Zug gearbeitet werden muß.

Die Verringerung der Rauch- und Rußentwicklung beim indirekten Saugzug ist höchstens eine scheinbare, insofern als die in den Schornstein eingeblasene Luft eine Art Rauchverdünnung bewirkt. Die Rauchverdünnung reicht jedoch nicht aus, um die in den Verbrennungsprodukten enthaltenen Giftgase unschädlich zu machen. Es ist deshalb vorzusehen, daß früher oder später eine Erhöhung der Ventilatorschornsteine gefordert werden wird, selbst wenn dies auf die Kosten der künstlichen Zuanlagen von ungünstigem Einfluß ist.

Auch die Wärmeausnützung wird bei künstlichem Zug keine bessere sein als bei natürlichem Zug, weil gemäß oben eine weitergehende Abkühlung der Rauchgase nur durch Aufstellung außergewöhnlich großer Economiserheizflächen möglich wäre, deren Kapitalkosten die zu erzielenden Brennstoffersparnisse wieder aufzehren, besonders in Anlagen mit hoher Speisewassertemperatur, kurzer Arbeitsdauer usw.

Wenn behauptet wird, daß die bessere Wärmeausnützung bei künstlichem Zug darauf zurückzuführen sei, daß hier die Schichthöhe des Brennstoffes auf dem Roste größer gewählt, die Feuerung daher mit geringerem Luftüberschuß betrieben werden könne, weil der Luftsauerstoff bei längerem Weg durch die Brennstoffschicht in viel intensiverer und gleichmäßigere Berührung mit dem Brennstoff gelange, als bei einer dünnen Schicht, so ist dies nur bedingt richtig. Wenn bei natürlichem Zug mit zu geringer Schichthöhe auf dem Rost gearbeitet wird, so ist naturgemäß ein hoher Luftüberschuß und damit auch ein hoher Schornsteinverlust zu erwarten. In diesem Falle liegt jedoch die Schuld nicht an der Zugerzeugung, sondern an dem Rost und seiner Bedienung. Der Rost ist dann eben für die betreffende Kesselbeanspruchung zu groß und muß durch Abmauern entsprechend verkleinert werden. Dasselbe kann natürlich auch beim künstlichen Zug eintreten. Im übrigen hat es auch bei Vorhandensein künstlichen Zuges keinen Zweck, mit zu hoher Brennstoffschicht und mit zu scharfem Zug zu arbeiten, da hierdurch nur die Kosten und der Kraftverbrauch der künstlichen Zuanlage, nicht aber die Wirtschaftlichkeit des Betriebes erhöht werden.

Wenn sonach bei künstlichem Zug der Kohlensäuregehalt der Rauchgase auch kein höherer ist als bei natürlichem Zug, so wird auch der Wirkungsgrad der Kesselanlage kein besserer sein. Eher ist mit einer Verringerung

des Kohlensäuregehaltes zu rechnen. Wenn nämlich der Heizer bei künstlichem Zug in der Lage ist, die Zugstärke nach Belieben zu erhöhen, so kann es leicht vorkommen, daß mit einem zu großen Luftüberschuß gearbeitet wird.

Diese Gefahr besteht insbesondere bei Saugzuganlagen. Wird hier mit zu großem Unterdruck gearbeitet, so findet gemäß oben ein verstärktes Einsaugen von Beiluft statt. Es ist daher hier besonders auf guten Abschluß aller Klappen und Schieber Bedacht zu nehmen; zweckmäßig wendet man an Stelle des gewöhnlichen Rauchschiebers, durch dessen Schlitze viel Luft einströmen kann, Drehklappen an. Auch die Einmauerung der Kessel und die Rauchkanäle müssen möglichst sorgfältig ausgeführt werden. Bei den heute gebräuchlichen großen Kesseleinheiten, deren Seitenflächen infolge ihrer bedeutenden Größe immer schwerer dicht zu erhalten sind, ist dies sehr zu beachten. Die Einmauerung kann durch Verwendung kleinster Fugen und glasierter Steine, die allerdings verhältnismäßig teuer kommen, besser luftdicht gemacht werden. Eine vollkommene Dichtigkeit des Mauerwerks ließe sich dadurch erreichen, daß man das Kesselgemäuer metallarmiert, d. h. vollständig mit einem schmiedeisernen Gehäuse umgibt, was jedoch ziemlich hohe Kosten verursacht.

Beim Druckzug ist die Gefahr, daß falsche Luft durch Undichtheiten in den Kessel oder Ekonomiser eindringt, kleiner als beim Saugzug, weil beim Druckzug mit kleinerem Unterdruck in den Zügen gearbeitet wird.

Eine Verringerung der Rauch- und Rußentwicklung sowie eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Kesselanlage wird nur dort zu erwarten sein, wo es sich um Anlagen handelt, deren Schornstein nicht genügend zieht. Dies trifft dort zu, wo der Schornstein zu klein ist oder wo er mit Rücksicht auf spätere Betriebsvergrößerungen außergewöhnlich reichlich bemessen wurde. Ist der Zug zu gering, so wird gemäß früher die Verbrennung eine unvollkommene und die Wärmeausnützung eine entsprechend schlechtere sein.

Wenn in derartigen Fällen zur Aufstellung einer künstlichen Zugsanlage geschritten wird, eventuell unter Beibehaltung des gemauerten Schornsteins, so werden dadurch ohne Zweifel die Feuerungsverhältnisse verbessert und es lassen sich die unter Ziffer 7 und 8 genannten Vorteile erreichen. Dasselbe würde aber auch durch Erhöhen des Schornsteins oder durch Aufstellen eines neuen höheren Schornsteins erzielt. Bisweilen ist dies allerdings mit Rücksicht auf schlechten Baugrund nicht möglich, so daß man alsdann notgedrungen auf den künstlichen Zug angewiesen ist.

### Kraftbedarf der künstlichen Zugerzeugung.

Allgemeine Angaben über den Kraftbedarf des künstlichen Zugs in Prozenten der erzeugten Kraft oder der insgesamt verbrannten Kohlenmenge, lassen sich ohne nähere Kenntnis der Verhältnisse, unter denen die betreffende Anlage arbeitet, nicht machen. Der Kraftverbrauch ist der zu fördernden Gasmenge sowie dem zu erzeugenden Unterdruck proportional. Es muß deshalb stets die Menge und die Temperatur der Rauchgase sowie der erforderliche Unterdruck berücksichtigt werden. Namentlich der Unterdruck, aber auch die Gastemperaturen pflegen bei ein und derselben Dampfleistung bei den verschiedenen Kesselsystemen sehr verschieden zu sein; aus diesem Grunde ist auch der Kraftbedarf des künstlichen Zugs bei den einzelnen Kesselsystemen sehr verschieden. Damit erklären sich unter anderem die stark auseinandergehenden Angaben in der Literatur und in Prospekten.

Allgemein läßt sich nur sagen, daß der Druckzug am wenigsten Kraft erfordert; hier wird der natürliche Schornsteinzug voll ausgenützt und der Ventilator hat nur kalte Luft zu fördern. Alsdann folgt der direkte Saugzug. Dieser erfordert um deswillen mehr Ventilatorarbeit als der Druckzug, weil die Gase ein ihrer hohen Temperatur entsprechendes großes Volumen besitzen und weil hierbei gemäß oben der natürliche Zug nicht unerheblich beeinträchtigt wird. Am meisten Kraft ist für den indirekten Saugzug aufzuwenden, weil

hier außer mit dem Wirkungsgrad des Ventilators noch mit dem des Strahlgebläses zu rechnen ist. Wird für den indirekten Saugzug kalte Luft als Treibmittel verwendet, so ist der Kraftbedarf größer als bei Verwendung von Rauchgasen, weil im ersteren Fall außer dem Volumen der Rauchgase noch die kalte Luft zu fördern ist und weil zudem durch die mit dem Einblasen kalter Luft in den Schornstein verbundene Abkühlung der natürliche Auftrieb größtenteils zerstört wird (vgl. Fig. 73).

Im Grunde genommen ist ein unmittelbarer Vergleich zwischen Druckzug und Saugzug nicht möglich, weil beim Druckzug der Ventilator — wenigstens bei Landanlagen — nur den Rostwiderstand zu überwinden hat, während das Hindurchbewegen der Rauchgase durch die Züge vom Schornstein oder unter Umständen von einer Saugzuanlage übernommen wird.

Beim indirekten Saugzug beträgt der Kraftbedarf ungefähr 1,5—2% von der gesamten erzeugten Maschinenleistung. Beim direkten Saugzug ist der Kraftverbrauch etwa die Hälfte. Ist die Verbrennung eine schlechte, d. h. wird mit großem Luftüberschuß gearbeitet, so nimmt die Ventilatorarbeit entsprechend dem größeren Gasvolumen zu.

Wo der künstliche Zug nur zur Verstärkung des vorhandenen Schornsteinzugs dient, richtet sich der Kraftbedarf ganz nach dem Anteil, den der künstliche Zug von der gesamten Zuleistung zu übernehmen hat.

In Fällen, in denen die Kesselanlage außer dem Dampf zur Krafterzeugung auch Heißdampf zu liefern hat, erscheint es richtiger, den Energieverbrauch des Ventilators auf den gesamten Brennstoffverbrauch der Kesselanlage zu beziehen.

Ist die Zuanlage mit geeigneten Regulierungseinrichtungen ausgerüstet, so nimmt der Kraftverbrauch bis zu einem gewissen Grade mit der Kesselbeanspruchung ab. Zum Anheizen sowie bei schwachem Betrieb der Kesselanlage und bei günstiger Witterung genügt der natürliche Zug des Kamins, so daß der Ventilator zeitweise ganz abgestellt werden kann. Wenn allerdings, wie beim indirekten Saugzug, das Abzugsrohr eine Einschnürung besitzt und zudem durch eine eingebaute Treibdüse verengt wird, so hat dies eine wesentliche Beeinträchtigung des natürlichen Zugs zur Folge.

Vorstehend wurde durchweg vorausgesetzt, daß die Zugerzeugung mit Hilfe eines Ventilators erfolgt. Werden hierzu Dampfstrahlgebläse verwendet, so ist der auf die Zugerzeugung entfallende Verbrauch ein erheblich größerer, da Dampfstrahlgebläse bekanntlich einen verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrad besitzen. Dampfstrahlgebläse werden deshalb meist nur für Lokomotiven und Lokomobilen angewendet; hier stellen sie nicht nur das einfachste, sondern auch das billigste Zugerzeugungsmittel dar, weil sie mit Maschinenabdampf betrieben werden können.

Der Verbrauch von Dampfstrahlgebläsen hängt unter anderem auch von der Güte des Fabrikates ab. Durchschnittlich kann man annehmen, daß sie bei normaler Belastung der Kesselanlage etwa 10% der gesamten erzeugten Dampfmenge verbrauchen. Für Anlagen mit indirektem Saugzug sind Dampfstrahlgebläse besonders unwirtschaftlich; ihr Dampfverbrauch ist hier wesentlich höher als vorstehend angegeben.

### Kosten der Zugerzeugung.

Die Anschaffungskosten künstlicher Zuanlagen sind in vielen Fällen geringer als diejenigen gemauerter Schornsteine. Wenn die Anlagen an vorhandene Kamine angebaut werden, so stellt sich der Druckzug und der direkte Saugzug billiger als der indirekte Saugzug. Wo dies nicht der Fall ist, besteht kein großer Unterschied hinsichtlich der Anschaffungskosten.

Bei Vorhandensein eines Schornsteines von ausreichender Zugstärke entstehen außer den Kapitalkosten (Verzinsung und Abschreibung) keine weiteren Betriebsausgaben für die Zugerzeugung, sofern von den geringen Instandhaltungskosten des Schornsteins abgesehen wird. Die Verzinsung kann zu



etwa  $4\frac{1}{2}\%$ , die Abschreibung zu etwa  $2\frac{1}{2}\%$  angenommen werden. Ein ordnungsmäßig gebauter und beanspruchter Schornstein hält nämlich 50 Jahre und darüber.

Bei künstlichem Zug ist für die Verzinsung und Abschreibung mit Rücksicht auf das schnelle Rosten einzelner Teile etwa das Doppelte, d. h. 13 bis 15% anzunehmen. Außerdem kommen hier noch die Kosten für den Ventilatorantrieb hinzu. Dieselben dürfen nur dort vernachlässigt werden, wo der Ventilator gleichzeitig zur Entlüftung von Arbeitsräumen ausgenützt werden kann. Es fallen alsdann unter Umständen auch die durch die Verzinsung und Abschreibung des Ventilators nebst Antriebsmotor bedingten Kosten weg.

Wengleich die Anschaffungskosten einer künstlichen Zuanlage geringer sind, als diejenigen eines gemauerten Schornsteins, so stellt sich infolge der höheren Abschreibung, vor allem aber infolge der auf den Ventilatorantrieb entfallenden Energiekosten der künstliche Zug im Betriebe doch im allgemeinen teurer, als der natürliche, zumal zu den Anschaffungskosten des Ventilators noch eine Reserve-Zugvorrichtung (Ventilator oder Dampfstrahlgebläse) hinzukommt.

Eine Reserve-Zugvorrichtung ist zwar nicht immer notwendig; jedenfalls aber muß sie überall dort vorgesehen werden, wo der aus einer Betriebsstörung in der Zugerzeugungsanlage zu erwartende Schaden größer ist als die durch Aufstellung eines Reservegebläses bedingten Kosten.

Wenn bei Anlagen mit längerer Arbeitsdauer der natürliche Schornsteinzug im allgemeinen die geringeren Betriebskosten verursacht, so kann sich andererseits bei Anlagen mit kurzer Betriebsdauer das umgekehrte Verhältnis ergeben. Ist die Betriebsdauer eine kurze, so haben die durch den Ventilatorantrieb bedingten Energiekosten nicht mehr den bedeutenden Einfluß wie bei langer Betriebsdauer. Es können alsdann die geringeren Kapitalkosten des Ventilatorzugs zu dessen Gunsten entscheiden.

Dies ist unter Umständen auch dort der Fall, wo mit einer sehr schnellen Vergrößerung der Anlage zu rechnen ist, oder wo ein stark wechselnder Betrieb zu bestimmten Tagesstunden erheblich forciert werden soll. Wenn man hier einen Schornstein bauen würde, so müßte derselbe von allem Anfang an so reichlich bemessen werden, daß er selbst für die höchsten zu erwartenden Belastungsspitzen noch ausreicht. Während des weitaus größten Teils der Betriebszeit würde sonach der Schornstein schlecht ausgenützt sein. In diesem Fall kann es sich als wirtschaftlicher erweisen, zur Deckung des gesamten oder nur des Spitzenbedarfs eine Ventilatoranlage aufzustellen.

Bei derartig schwankenden Betrieben lassen sich durch die künstliche Zugerzeugung gegebenenfalls nicht unerhebliche Ersparnisse erzielen, wenn durch vorübergehendes Forcieren der Anlage das Anheizen bzw. das Unterdampfhalten einzelner Kessel für die Stunden größten Kraftbedarfs vermieden wird. Die hierdurch zu erzielende Brennstoffersparnis ist jedenfalls bedeutend größer als der Einfluß, den eine geringe Verschlechterung des Wirkungsgrades der Kesselanlage infolge höherer Beanspruchung derselben auf den Brennstoffverbrauch hat.

Der Umstand, daß man bei künstlichem Zug eine Kesselanlage stärker ausnützen, d. h. mehr aus ihr herausholen kann als bei natürlichem Zug, bedingt fernerhin, daß die Aufstellung eines neuen Kessels allenfalls hinausgeschoben oder überhaupt vermieden werden kann. Auf diese Weise ist sonach eine Verringerung der Anlagekosten und damit indirekt eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Anwendung des künstlichen Zuges zu erreichen.

Wo neben der Einrichtung für künstlichen Zug noch ein gemauerter Schornstein nötig ist, wachsen naturgemäß die Kosten der Zugerzeugung entsprechend.

### Wahl des Zugsystems.

Der künstliche Zug besitzt ohne Zweifel für manche Betriebe eine Reihe von Vorzügen. Dieselben bestehen gemäß oben vor allem in der leichten Anpassungsfähigkeit an stark schwankende Belastungsverhältnisse, ferner in der Möglichkeit sehr starker Kesselbeanspruchung und endlich in dem geringen Platzbedarf. Trotzdem jedoch wird im allgemeinen für Neuanlagen, vor allem für die gewöhnlichen industriellen Anlagen, der natürliche Schornsteinzug zu bevorzugen sein.

Der künstliche Zug ist nur unter gewissen Voraussetzungen wirtschaftlicher als der natürliche, nämlich dort, wo es sich um kurze Arbeitszeiten oder um hohe Spitzenleistungen von kurzer Dauer handelt, oder dort, wo durch die starke Forcierbarkeit bei künstlichem Zug eine Verringerung des Anlagekapitals oder der zum Anheizen bzw. Unterdampfhaltens von Reservekesseln erforderlichen Kohlenmenge erreicht werden kann.

Dagegen wäre es unrichtig, anzunehmen, daß der künstliche Zug die Feuerungsverhältnisse und den Wirkungsgrad der Kesselanlage ohne weiteres verbessert. Dies wird nur dort eintreten, wo ein zu kleiner Schornstein vorhanden ist, der ungenügend zieht. Nur in diesem Fall erfährt die Verbrennung und damit auch die Rauch- und Rußentwicklung durch den künstlichen Zug eine Verbesserung. Unter Umständen kann man sich hier aber auch durch einen entsprechenden Umbau der Feuerung (Vergrößerung der freien Rostfläche) oder der Kesselzüge (geringere Gasgeschwindigkeit und ausreichende Querschnitte an den Umkehrstellen des Gasstroms), oder aber durch nachträgliche Erhöhung des Schornsteins helfen.

Nach alledem ist anzunehmen, daß auch in Zukunft der natürliche Zug die Regel, der künstliche hingegen die Ausnahme bildet. Der künstliche Zug ist, kurz gesagt, außer für bewegliche Anlagen, wie Lokomotiven, Lokomobilen, Schiffe, nur dort am Platz, wo es sich um Aushilfs- und allenfalls solche Betriebe handelt, deren Entwicklung noch gar nicht vorauszusehen ist, oder wo der vorhandene Schornsteinzug infolge Vergrößerung der Kesselanlage oder infolge nachträglichen Einbaus von Ekonomisern, Winderhitzern, Staubsammlern nicht mehr ausreicht, fernerhin dort, wo ein zeitweise sehr stark schwankender Betrieb vorhanden ist, sowie endlich dort, wo eine im Wärmepreis billige Kohle verheizt werden soll, die einen sehr großen Rostwiderstand bietet. Auch in Fällen, in denen aus ästhetischen Gründen oder mit Rücksicht auf den schlechten Baugrund oder aus sonstigen Ursachen (z. B. Platzersparnis) ein Schornstein nicht anwendbar ist, muß man sich zum künstlichen Zug entschließen.

Für Wasserkraftwerke, die als Reserve eine Dampfanlage besitzen, ist der künstliche Zug unter Umständen schon wegen der sofortigen Betriebsbereitschaft dem natürlichen vorzuziehen.

Schornsteine und Gebläse schließen sich demnach nicht gegenseitig aus, sondern ergänzen sich in mancher Hinsicht. Jedenfalls aber bilden Gebläse für Landanlagen nicht so sehr einen Ersatz für den gemauerten Schornstein, als vielmehr in der Hauptsache ein Hilfsmittel zur Verstärkung des Schornsteinzugs.

## 56. Anwendungsgebiete der verschiedenen Kraftmaschinen.

Für kleine Leistungen kommen vor allem Elektromotoren, Leuchtgas- und Benzolmotoren in Betracht. Benzinmotoren sind für gewerbliche Zwecke bei den derzeitigen hohen Benzinpreisen weniger zu empfehlen. Auch Spiritus stellt sich als Treibmittel für Motoren zu teuer.

Neuerdings werden für kleine Leistungen auch Hochdruck-Ölmaschinen, insbesondere schnellaufende, ausgeführt.

Für Anlagen bis etwa 18 PS, die möglichst ununterbrochen arbeiten, kommen sodann noch Naphthalinmotoren in Betracht.

Ist der Kraftbedarf höher, so treten Hochdruck-Ölmaschinen mit Elektromotoren und Lokomobilen in Wettbewerb. Lokomobilen werden zwar schon unter 18—20 PS angewendet, jedoch meist nur dort, wo es sich um eine ortsveränderliche, d. h. fahrbare Antriebskraft handelt (Antrieb von Dreschmaschinen und dergl.).

Die untere Anwendungsgrenze für stationäre Dampfkraftanlagen ist gegenüber früher erheblich nach oben gerückt. Infolge des scharfen Wettbewerbs der Verbrennungsmaschinen, Elektromotoren und Lokomobilen dürften heute stationäre Dampfanlagen unter etwa 50 PS nur noch ausnahmsweise zur Anwendung kommen.

Die obere Grenze für stationäre Kolbendampfmaschinen liegt im allgemeinen bei 1000 PS. Größere Kolbendampfmaschinen für Leistungen von mehreren tausend Pferdestärken kommen nur dort in Betracht, wo es sich um den Antrieb von Transmissionen, Walzwerken und Förderanlagen handelt, sowie außerdem für den Antrieb von Schiffen.

Für große Leistungen über etwa 1000 PS werden heute im allgemeinen die Dampfturbinen den Kolbendampfmaschinen vorgezogen. Vielfach gibt man der Dampfturbine schon von etwa 500 PS an den Vorzug. Für Leistungen unter 500 PS ist im allgemeinen die Kolbendampfmaschine wirtschaftlicher. Trotzdem jedoch wird die Dampfturbine nicht selten auch für kleinere Leistungen angewendet, wenn nicht so sehr der Dampfverbrauch, als vielmehr die sonstigen Vorzüge der Dampfturbine entscheidend sind.

Die Anwendung von Kraftgas- bzw. Sauggasanlagen ist seit der Einführung der Hochdruck-Ölmaschinen bedeutend zurückgegangen. Jedoch wendet man Sauggasanlagen auch heute noch für kleine, mittlere sowie große Leistungen an, wenn billige Brennstoffe zur Verfügung stehen oder wenn gleichzeitig Heizgas, z. B. zum Betrieb

einer Lötanlage, zum Betrieb von Härteöfen, Trockenöfen, zum Erwärmen von Radreifen und dergl. sowie etwa zum Betrieb einer Fernheizung benötigt wird. Generatorgas läßt sich nämlich auf größere Entfernungen bequemer und billiger fortleiten als Dampf. Für große Kraftanlagen kann sich die Vergasung des Brennstoffes schon deswegen empfehlen, weil alsdann die Möglichkeit besteht, wertvolle Nebenprodukte (schwefelsaures Ammoniak und Teer) zu gewinnen.

Das Anwendungsgebiet der Verbrennungsmaschinen reicht heute bis hinauf zu Leistungen von mehreren tausend Pferdestärken. Es wurden bereits Dieselmotoren von 2000 PS ausgeführt. Bei Großgasmaschinen ist man schon bis zu Einzelleistungen von 6000 bis 7000 PS gekommen. Gasmaschinen von dieser Leistung kommen in der Hauptsache für arme Gase, wie Hochofen-Gichtgas, in Betracht.

Für Wasserkraftmaschinen verwendet man heute von den kleinsten bis hinauf zu den größten Leistungen fast nur noch Francis-turbinen oder Becherräder, während die Anwendung von Wasserrädern gemäß früher auf verhältnismäßig wenige Ausnahmefälle beschränkt ist.

Natürgemäß sind die im vorstehenden angegebenen Leistungsgrenzen nicht feststehend, sondern verschieben sich von Fall zu Fall, je nach den besonderen örtlichen und betrieblichen Verhältnissen. Hierbei kommt insbesondere auch in Betracht, ob es sich um einen reinen Kraftbetrieb oder um einen Betrieb mit gemischtem Energiebedarf handelt.

## 57. Wahl des Maschinensystems.

Für gewöhnlich bevorzugt man heute die liegende Bauart. Die stehende Anordnung hat zwar den Vorzug geringeren Platzbedarfs, jedoch andererseits den Nachteil schlechterer Zugänglichkeit.

Für Betriebe mit gutem Ausnutzungsfaktor empfehlen sich normallaufende Maschinen. Schnellläufer sollten nur für Anlagen mit kurzer Betriebsdauer sowie dort verwendet werden, wo es sich um unmittelbare Kupplung mit schnelllaufenden Maschinen, wie Dynamomaschinen, Gebläsen und dergl. handelt. Auch die Forderung geringsten Platzbedarfs kann unter Umständen die Wahl einer schnelllaufenden Maschine rechtfertigen.

Bei Verbrennungsmaschinen gibt man in der Regel dem Viertaktsystem den Vorzug. Zweitaktmaschinen werden im allgemeinen nur dort angewendet, wo der Brennstoffverbrauch nicht entscheidend ist.

Bei Dampfturbinen wird heute im allgemeinen die Geschwindigkeitsabstufung im Hochdruckteil und die Düsenregulierung bevorzugt. Für Betriebe mit starken und unregelmäßigen Kraftschwankungen wendet man automatische Düsenregulierung an. Ob der Niederdruckteil als Aktions- oder Reaktionsturbine ausgebildet ist, kommt für die Frage der Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit nicht so sehr in Betracht.

Die gewöhnliche einzylindrige Kolbendampfmaschine verwendet man vornehmlich für Auspuff- und Gegendruckbetrieb. Verbundmaschinen sind ausschließlich für Kondensationsbetrieb am Platz, für Auspuffbetrieb höchstens dann, wenn es sich um Abdampfheizung bei gleichzeitiger Zwischendampfentnahme handelt, oder wenn im Winter mit Abdampfheizung, im Sommer dagegen mit Kondensation gearbeitet werden soll.

Infolge der Einführung hoher Überhitzungen ist insbesondere bei der Auspuffmaschine, wie überhaupt bei kleineren Maschinen, der Dampfverbrauch ganz erheblich herabgedrückt worden, weit mehr als dies bei Betrieb mit Kondensation der Fall ist. Dieser Umstand im Verein mit der größeren Einfachheit des Betriebes trägt dazu bei, daß die Auspuffmaschine häufig der Kondensationsmaschine vorgezogen wird, wenn man es mit billigen Brennstoffpreisen zu tun hat. Insbesondere für unterbrochene Betriebe und für Reserven begnügt man sich häufig mit Auspuffmaschinen.

Die Gleichstrom-Dampfmaschine eignet sich in erster Linie für den Betrieb mit Kondensation. Als Auspuff- oder Gegendruckmaschine hingegen ist sie weniger wirtschaftlich als eine gewöhnliche Einzylindermaschine. Wo andererseits Zwischendampfentnahme in Betracht kommt, ist eine Verbundmaschine vorzuziehen. Die Gleichstrommaschine gestattet zwar auch die Entnahme von Zwischendampf, aber nur in sehr beschränktem Maße.

## 58. Wärme- oder Wasserkraftanlage.

Häufig begegnet man bei Nichtfachleuten der Meinung, daß eine Wasserkraft jeder anderen Kraftquelle in bezug auf Wirtschaftlichkeit überlegen sei, da doch kein Brennstoff verbraucht wird und das Wasser nichts kostet, insofern als es eine sich ständig erneuernde Kraftquelle darstellt. Tatsächlich aber ist, wie sich aus den nachfolgenden Betrachtungen ergibt, die Wärmekraftanlage augenblicklich den meisten deutschen Wasserkraften überlegen.

Die Frage, ob für einen Betrieb eine Wärme- oder Wasserkraft vorzuziehen ist, wird durch die Höhe der Betriebskosten entschieden. Während die Betriebskosten von Wärmekraftmaschinen unter sonst gleichen Verhältnissen durch die Größe der Anlage und den Belastungsfaktor bestimmt werden, spielen bei Wasserkraftanlagen noch die örtlichen Verhältnisse eine wichtige Rolle.

Ebenso wie für die Anlagekosten lassen sich auch für die Betriebskosten von Wasserkraftanlagen keine allgemein gültigen Angaben machen. Der Hauptanteil der Betriebskosten entfällt hier auf die Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals, während die Kosten für Bedienung, Schmierung und Wartung zurücktreten. Es fallen deshalb, ebenso wie die Anlagekosten, auch die Betriebskosten bei großem Gefälle geringer aus als bei kleinem.

Die Abschreibung kann gemäß früher für den baulichen Teil der Wasserkraftanlage zu  $1-2\%$  und für den maschinellen Teil zu 7 bis  $11\%$ , je nach der Betriebsdauer, angenommen werden. Diese Sätze sind als vollkommen ausreichend zu erachten. Eher erscheint es berechtigt, bei Wasserkraftmaschinen etwas geringere Abschreibungen anzunehmen als bei Wärmekraftmaschinen, insofern, als Wasserkraftwerke gleich von vornherein für den vollständigen Ausbau projektiert zu werden pflegen, ein Unbrauchbarwerden der Anlage infolge Vergrößerung also hier nicht zu gewärtigen ist.

Bisweilen erfolgt für die eigentlichen Wasserbauten überhaupt keine Abschreibung, in der Erwägung, daß eine Erneuerung derselben bei sachgemäßer und guter Ausführung nicht zu gewärtigen ist, sofern für eine ordnungsgemäße Unterhaltung gesorgt wird.

Für Unterhaltung und Reparaturen kann man für den baulichen Teil  $\frac{1}{2}\%$  und für den maschinellen Teil  $1-2,5\%$ , je nach der Betriebsdauer, annehmen. Der für den baulichen Teil angegebene Prozentsatz wird vielfach auch dann noch als ausreichend erachtet, wenn eine Abschreibung des wasserbaulichen Teiles nicht vorgenommen wird.

Die auf die Bedienung des maschinellen Teiles entfallenden Kosten hängen nicht so sehr von der Größe der Turbinen, als von deren Anzahl ab. Je weiter die Unterteilung getrieben wird, desto höher ergeben sich die Bedienungskosten. Die Bedienung des wasserbaulichen Teils ist von den örtlichen und klimatischen Verhältnissen sowie den ortsüblichen Löhnen abhängig. Je nach der besonderen Art des Wehres, der Werkkanäle und der Rohrleitungen sowie je nach der Entfernung des Wehres vom Krafthaus fällt der Aufwand für Bedienung verschieden hoch aus. In Gegenden mit rauhem Klima hat man in der Winterszeit unter Umständen ein beträchtliches Personal allein zur Entfernung des Eises und zum Kratzen der Rechen notwendig.

Der Verbrauch an Schmier- und Putzmaterial hängt von der Größe und dem System der Turbinen sowie von dem Gefälle ab. Bei überschlägigen Betriebskostenrechnungen kann man die pro PS<sub>e</sub>-st entstehenden Kosten für Schmier- und Putzmaterial wie folgt annehmen:

für Anlagen bis 500 PS etwa  $\frac{1}{2}$ ,  
 „ „ über 500 „ „  $\frac{1}{3}-\frac{1}{5}$

derjenigen für gleichgroße Kolbendampfmaschinen.

Um von der Größe der gesamten Betriebskosten (direkte und indirekte, jedoch ausschließlich der Ausgaben für Verwaltung) ein ungefähres Bild zu geben, sei bemerkt, daß dieselben durchschnittlich  $7,5-14\%$  der Gesamtanlagekosten ausmachen, je nach der Größe und der jährlichen Betriebsdauer der Wasserkraftanlage. Ist die Anlage nicht voll belastet, so bleiben sowohl die indirekten als auch die direkten Betriebskosten annähernd dieselben, wogegen die Er-

zeugungskosten der PS<sub>e</sub>-st entsprechend größer werden. In Gegenden mit kalten Wintermonaten und in Flußgebieten mit Geschiebe oder anderen Verunreinigungen empfiehlt es sich, noch einen entsprechenden Zuschlag zu den Betriebskosten für unvorhergesehene Betriebsstörungen zu machen.

Die allgemeinen Verwaltungskosten, d. h. die Kosten für Geschäftsleitung, Bureaumiete, Bureaupersonal usw., betragen im Durchschnitt etwa 1,5—2<sup>0</sup>/<sub>10</sub> des Anlagekapitals. Diese Ausgaben können gemäß früher ganz außer Betracht bleiben, wenn der Betrieb der Wasserkraftanlage an ein bestehendes Unternehmen angegliedert wird. Handelt es sich dagegen um ein selbständiges Unternehmen, so fallen die allgemeinen Verwaltungskosten unter Umständen erheblich ins Gewicht, insbesondere bei Aktiengesellschaften, bei denen noch die Aufwendungen für den Aufsichtsrat, die Generalversammlungen usw. hinzukommen.

Die Wasserzinse sowie die Steuern und Abgaben richten sich nach den gesetzlichen Bestimmungen des betreffenden Landes. Die beiden letzteren sind außerdem von dem Gewinn abhängig, den das Unternehmen abwirft.

Da die Betriebskosten von Wasserkraftanlagen in erheblichem Maße von dem Gefälle abhängen, so ist klar, daß bei einem gewissen Mindestgefälle die Rentabilität einer Wasserkraft ihre Grenze erreichen und eine Wärmekraftmaschine wirtschaftlicher arbeiten wird. Bei welchem Gefälle diese Grenze liegt, hängt außer von örtlichen Verhältnissen in erster Linie von den am Platze herrschenden Brennstoffpreisen ab. In einer Gegend mit hohen Brennstoffpreisen werden unter Umständen noch Wasserkräfte ausgebaut, die in einer Gegend mit billigen Brennstoffpreisen längst nicht mehr bauwürdig sind.

Stellt sich bei Ausarbeitung eines Projektes heraus, daß die durch den Erwerb und den Ausbau einer Wasserkraft bedingten Kosten höher sind, als der gemäß Abschnitt 36 ermittelte Höchstwert, so würde der Betrieb der Wasserkraftanlage höhere Kosten verursachen als derjenige einer gleichstarken Wärmekraftanlage. Der Ausbau der Wasserkraft erweist sich alsdann nicht als wirtschaftlich. Dies wird insbesondere dort der Fall sein, wo größere Wärmekraftreserven notwendig sind, da alsdann zu den Betriebskosten der Wasserkraftanlage noch diejenigen der Wärmekraftanlage hinzukommen.

Die günstigsten Verhältnisse für Wasserkraftanlagen liegen vor bei elektrochemischen und elektrothermischen Betrieben, da diese die Wasserkräfte im allgemeinen am besten auszunützen in der Lage sind. Dagegen können Saisongeschäfte oder dergl. eine Wasserkraft nur unvollkommen ausnützen. Für solche Betriebe ist, wie bereits im Abschnitt 36 erwähnt, diejenige Anlage die wirtschaftlichste, die die geringsten Kapitalkosten (Verzinsung und Abschreibung) verursacht. Dies ist im allgemeinen die Wärmekraftanlage.

Für Elektrizitätswerke, wenigstens für größere, liegen die Verhältnisse für Wasserkraftanlagen gewöhnlich nicht so günstig, als

vielfach angenommen wird, zumal wenn die Wasserkraft abseits von dem eigentlichen Konsumgebiet liegt. In diesem Fall müssen nämlich zu den Betriebskosten der Wasserkraftanlage noch diejenigen hinzugefügt werden, die durch die Umwandlung und Fortleitung der Energie sowie durch die hierbei entstehenden Verluste verursacht werden. Diese Kosten und Verluste sind bei größeren Entfernungen häufig derart hoch, daß hierdurch der Wert einer Wasserkraft außerordentlich herabgedrückt, manchmal geradezu vernichtet wird.

Die Richtigkeit des im letzten Absatz Ausgeführten ergibt sich aus dem nachfolgenden Rechnungsbeispiel.

Gut ausgenützte Elektrizitätswerke haben eine jährliche Benutzungsdauer, bezogen

auf die abgegebene Höchstleistung von 1500—4000  
 im Mittel also etwa . . . . . 3000 st  
 auf ihre Gesamtleistung einschließlich der Reserven  
 von 1000—3000, im Mittel also etwa . . . . . 2000 st.

Im Mittel würde sonach eine Zentrale für jedes Kilowatt abgegebener Höchstleistung im Jahr 3000 KW-st und für jedes Kilowatt Gesamtleistung im Jahr 2000 KW-st erzeugen<sup>1)</sup>.

Was kostet dies nun an Kohlen sowie an Verzinsung und Abschreibung?

Eine neuzeitliche große Dampfanlage braucht einschließlich sämtlicher Betriebszuschläge 0,9—1 kg Kohlen (Steinkohlen) für die KW-st. Nehmen wir rund 1 kg an und rechnen mit einem Kohlenpreis frei Werk von 1,5 bzw. 2,0 bzw. 2,5 Pf./kg, je nach der Gegend Europas. Nehmen wir ferner an, daß sich große Dampfanlagen für 200 M./KW herstellen lassen und daß für den maschinellen, den baulichen und den elektrischen Teil zusammengenommen 12<sup>o</sup>/<sub>o</sub> für Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung eingesetzt werden, so stellen sich die Kosten der Dampfanlage, sofern man die Ausgaben für Personal, Schmiermaterial und Sonstiges gleich hoch annimmt wie für die Wasserkraftanlage, wie folgt:

Kohlenpreis . . . . .	1,5	2,0	2,5 Pf./kg
Kohlenkosten für 2000 KW-st	30	40	50 M.
12 <sup>o</sup> / <sub>o</sub> von M. 200 . . . . .	24	24	24 M.
<u>Zusammen</u>	54	64	74 M.
also Kosten für 1 KW-st . . .	2,7	3,2	3,7 Pf.

<sup>1)</sup> Hierbei ist unter Benutzungsdauer, bezogen auf die abgegebene Höchstleistung, der Quotient  $\frac{\text{gesamte jährlich erzeugte KW-st}}{\text{größte Spitzenleistung}}$  verstanden und unter Benutzungsdauer, bezogen auf die Gesamtleistung, der Quotient  $\frac{\text{gesamte jährlich erzeugte KW-st}}{\text{Gesamtleistungsfähigkeit des Werkes}}$ .



Rechnet man für die Wasserkraftanlage mit nur 6% Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung, so dürfte die Wasserkraft, wenn die jährlichen Ausgaben die gleichen wie bei der Dampfanlage sein sollen, höchstens 900, 1066 bzw. 1232 M./KW Gesamtleistung kosten. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß bei dieser Rechnung keine Wärmekraftreserve angenommen wurde, daß aber gerade die Notwendigkeit einer solchen die Wirtschaftlichkeit vieler Wasserkräfte in Frage stellt.

Fällt die Wasserkraftanlage teurer aus als 900, 1066 bzw. 1232 M., so sind ihre Betriebskosten höher als bei einer Dampfanlage.

Nimmt man für die Wasserkraftanlage einen höheren Satz als 6% für Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung an, so ergeben sich für die Wasserkraftanlage noch niedrigere Werte als oben, d. h. die Grenzen, bei denen die Wasserkraftanlage gerade noch mit der Wärmekraftanlage in bezug auf Wirtschaftlichkeit gleichwertig ist, rücken entsprechend weiter nach unten.

Natürlich steht auch der Satz von 200 M./KW für große Dampfanlagen nicht fest. Er kann sich in besonderen Fällen erhöhen, aber auch ermäßigen.

Nachstehend sei noch ein weiteres Beispiel durchgerechnet, bei dem von den Anlagekosten ausgegangen werden möge.

Für die Anlage eines Werkes mit Dampfturbinen seien 1 Million Mark und für eine gleich große Wasserkraftanlage 5 Millionen Mark aufzuwenden. Rechnet man für das Dampfkraftwerk wieder 12% Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung, für das Wasserkraftwerk hingegen 7% und nimmt man die jährlichen Ausgaben für Bedienung beim Dampfkraftwerk zu 10 000 M., beim Wasserkraftwerk zu 7 000 M. an, so ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

	Dampfkraftwerk	Wasserkraftwerk
Verzinsung, Abschreibung und Instandhaltung . . . . . M.	120 000	350 000
Bedienung . . . . . M.	10 000	7 000
Zusammen M.	130 000	357 000

Es entsteht demnach eine Differenz von 227 000 M. zugunsten des Dampfkraftwerkes, gleiche Ausgaben für Schmier- und Putzmaterial vorausgesetzt. Betragen die Brennstoffkosten wieder 1,5 bzw. 2 bzw. 2,5 Pf./KW-st, so kann man für 227 000 M. jährlich 15 133 333 bzw. 11 350 000 bzw. 9 080 000 KW-st erzeugen. Der Ausbau der Wasserkraft empfiehlt sich also erst dann, wenn jährlich mehr als 15 133 333 bzw. 11 350 000 bzw. 9 080 000 KW-st, je nach dem Brennstoffpreis, benützt werden können. Auch hier ist wieder vorausgesetzt, daß die verfügbare Wasserkraft so wenig veränderlich ist, daß sie auch bei Niederwasser, Hochwasser und Eisgang die erforderliche Leistung ergibt, so daß man ohne Wärmekraftreserve auskommt.

Wo es sich um eine bereits vorhandene, zu verkaufende Wasserkraftanlage handelt, berechne man die gesamten direkten und indirekten Kosten, die durch deren Betrieb entstehen. Gleichzeitig ermittle man die Betriebskosten einer entsprechenden Wärmekraftanlage. Der Unterschied zwischen den jährlichen Betriebskosten der Wasser- und Wärmekraftanlage läßt alsdann den Nutzen der Wasserkraft erkennen. Kapitalisiert man diesen Unterschied, so ergibt sich der Mehrwert der Wasserkraft gegenüber dem angebotenen Verkaufspreis. Selbst wenn sich jedoch Gleichheit der Betriebskosten herausstellen sollte, wird man unter Umständen der Wasserkraftanlage den Vorzug geben, da sie eine von den Konjunkturschwankungen unabhängige Kraftquelle darstellt, wogegen die Betriebskosten von Wärmekraftanlagen durch die stetig steigenden Brennstoffpreise beeinflußt werden.

Bezüglich der Brennstoffpreise ist allerdings zu berücksichtigen, daß deren Erhöhung bisher noch immer durch die Fortschritte der Technik, d. h. durch Verbesserung der wirtschaftlichen Ausnützung der Brennstoffe wett gemacht, ja sogar mehr als ausgeglichen wurde. Damit hängt es zusammen, daß viele kleinere Wasserkräfte, die vor etwa 2—3 Jahrzehnten noch wirtschaftlich waren, heute so gut wie wertlos geworden sind. Die Anlage- und Betriebskosten der Wärmekraftanlagen sind gegenüber früher so wesentlich zurückgegangen, daß die untere Grenze für wirtschaftliche Wasserkräfte heute schon auf etwa 80 bis 100 PS hinaufgerückt ist. In Gegenden, die nahe den Kohlengebieten liegen, erhöht sich diese Grenze unter Umständen auf mehrere 100 PS. Denn wenn man Wasserkraftwerke gut anlegen und ausführen will, so verursachen sie bedeutende Anlagekosten. Dazu kommt, daß die Kosten für Bedienung bei kleinen Anlagen verhältnismäßig hoch sind. Mit zunehmender Wirtschaftlichkeit der Wärmekraftanlagen können deshalb die genannten Grenzen noch weiter nach oben hinaufrücken.

Mit Rücksicht auf die Fortschritte auf dem Gebiet der Wärmekraftanlagen kann es sich empfehlen, bei der Bewertung einer Wasserkraft einen reichlichen Sicherheitsfaktor einzusetzen, indem man einer vielleicht schon in wenigen Jahrzehnten eintretenden Wertminderung durch entsprechend reichlich bemessene Abschreibungen Rechnung trägt.

In den vorstehenden Darlegungen wurde versucht, die wirtschaftliche Bedeutung der Wasserkräfte — wenigstens für deutsche Verhältnisse — auf ihren wirklichen Wert zurückzuführen<sup>1)</sup>. Hierbei mag nicht unerwähnt bleiben, daß sich der Ausbau einer Wasserkraft unter Umständen auch in solchen Fällen empfehlen kann, wo es dem Unternehmer nicht so sehr auf höchste Wirtschaftlichkeit, als vor allem darauf ankommt, sich von Arbeiterausständen, Aussperrungen oder anderen Ereignissen bis zu einem gewissen Grade

<sup>1)</sup> Vergl. in dieser Hinsicht auch die Ausführungen von Direktor Oskar Bühring der Rheinischen Schuckert-Gesellschaft Mannheim in seinem Vortrage „Mit Dampf betriebene elektrische Kraftwerke“ (Zeitschr. f. d. gesamte Turbinenwesen 1912, S. 267).

unabhängig zu machen. Ferner ist der Ausbau von Wasserkräften stets mit Freuden zu begrüßen, wenn dadurch gleichzeitig ein Nebenzweck erreicht wird, sei es die Verhinderung verderbenbringender Hochwässer oder die Schiffbarmachung von Flüssen.

Zum Schlusse dieses Abschnittes möge noch darauf hingewiesen werden, daß häufig — gerade von staatlicher Seite — der Fehler gemacht wird, daß man nur den Ausbau ganz großer Wasserkräfte ins Auge faßt, während mittlere Anlagen von etwa 100—500 PS unausgenützt bleiben. Wenn auch späterhin infolge des Fortschrittes auf dem Gebiete der Wärmekraftanlagen die untere Grenze der Wirtschaftlichkeit von Wasserkräften vielleicht auf 200 PS hinaufrücken sollte, so ist doch nicht zu übersehen, daß bis zu diesem Zeitpunkte die Wasserkraftanlage bereits abgeschrieben ist und sich infolgedessen bezahlt gemacht hat. Es dürfte sich deshalb empfehlen, diese mittleren Wasserkräfte künftighin weniger zu vernachlässigen als bisher, und andererseits die ganz großen Wasserkräfte besser privaten Unternehmungen zum Ausbau zu überlassen<sup>1)</sup>. Der Staat ist ja immer in der Lage, sich das Recht des Rückkaufs bzw. des Übergangs in seinen Besitz vorzubehalten.

Es wurde auch schon von anderer Seite darauf hingewiesen, daß kleinere Wasserkräfte häufig wirtschaftlicher sind als ganz große Wasserkraftanlagen. So schreibt Oberingenieur Stierstorfer im Jahrgang 1911, S. 999, der Elektrotechnischen Zeitschrift:

„In letzter Zeit hat besonders in Bayern eine Bewegung eingesetzt, die auf Grund der Arbeiten des hydrotechnischen Bureaus über die Wasserkräfte Bayerns nur noch den Ausbau ganz großer Wasserkräfte oder der staatseigenen Kohlenlager für Überlandzentralen anstrebt.

Wenn auch vom technischen Standpunkt aus diese Bewegung im allgemeinen anzuerkennen ist, so kann man dieser Anschauung aus wirtschaftlichen Gründen, und diese müssen stets in erster Linie berücksichtigt werden, nicht ohne weiteres für alle Fälle beipflichten.

Ein Anschluß von Großabnehmern für die mit überaus hohen Lasten zu erbauenden großen Wasserkraftanlagen ist nur dann zu erhoffen, wenn ihnen seitens dieser ganz großen Überlandzentralen wesentliche Vorteile gegenüber der eigenen Stromerzeugung geboten werden könnten, was in vielen Fällen indessen nicht möglich ist.

Durch die Erstellung derartiger Überlandzentralen würden aber die mittleren und kleineren Wasserkräfte, die in der Regel im Besitze von Mahl- oder Sägewerksbesitzern sind, völlig entwertet.

Die Mahl und Sägemüller haben an sich schon durch die großen Dampfmühlen und Dampfsägewerke einen schweren wirtschaftlichen Stand, so daß viele Mühlenbesitzer, besonders die Inhaber von sog. Kundschaftsmühlen, gezwungen sind, für ihre Triebwerksanlagen eine andere rentablere Verwertung zu suchen.

Von diesem Standpunkt aus erscheint es sehr bedenklich, die Wasserkraftbesitzer ohne besondere Entschädigung durch einen reinen Machteingriff in das Privatrecht und -eigentum wirtschaftlich zu vernichten, insbesondere, wenn man berücksichtigt, daß selbst bei dem geplanten Ausbau nicht einmal alle Ortschaften infolge ungünstiger Lage oder zu kleinen Umfanges angeschlossen

<sup>1)</sup> Vergl. auch Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1913, S. 670, linke Spalte, Absatz 6.

werden könnten. Die Statistik der Elektrizitätswerke lehrt, daß die großen Überlandzentralen, die doch in erster Linie für die Landwirtschaft bestimmt sind, sich durchaus nicht derart rentieren, daß die kleineren Werke nicht erfolgreich daneben bestehen könnten.

Das Eigentümliche dieser Überlandzentralen ist die außerordentlich unregelmäßige Kraftentnahme seitens der landwirtschaftlichen Stromabnehmer, die im Herbst während der Dreschzeit ihren Höhepunkt erreicht und dann dreiviertel des Jahres hindurch nur eine 30- bis 50prozentige Ausnutzung der Triebkraft darstellt, sofern nicht industrielle Betriebe für eine regelmäßige Kraftabnahme vorhanden sind, was aber, wie bereits eingangs ausgeführt wurde, in den wenigsten Fällen möglich ist.

Da auch diese Überlandzentralen in bezug auf die Ausbau- und Anlagekosten, die Betriebs- und Verwaltungskosten keinen wesentlich billigeren Tarif für den Strombezug aufstellen können, als ihn die bereits bestehenden Werke der Großstädte, der Industriellen usw. haben, so ist auch für absehbare Zeit hinaus die Möglichkeit des Anschlusses dieser unbedingt notwendigen Abnehmer ausgeschlossen, um so mehr, als die Städte aus ihren eigenen Werken in den meisten Fällen ganz bedeutende Überschüsse erzielen.

Die häufig angezweifelte Betriebssicherheit der mittleren und kleineren Werke ist tatsächlich sogar oft größer, als sie bei diesen Großbetrieben wäre, da hier in genau gleicher Weise Defekte und Betriebsstörungen in der Stromerzeugungsanlage auftreten können, und bei dem mehrere Hunderte von Kilometern langen Stromverteilungsnetz durch Schneefälle, Hochwasser und sonstige Störungen ganze Distrikte und Bezirke außer Betrieb gesetzt werden würden.

Ein Vorteil kleinerer Werke ist ferner der, daß nach der Hauptbetriebszeit die vorhandene überschüssige Kraft wieder für den früher vorhandenen Betrieb zum Mahlen, Sägen, Holzschleifen usw. verwendet werden kann, so daß das Werk jeweils günstig belastet ist . . .“

## 59. Transmissions- oder elektrische Übertragung.

### Allgemeines.

Da vielfach bei der Projektierung von Kraftanlagen die Frage aufgeworfen wird, ob Transmissions- oder elektrischer Antrieb wirtschaftlicher ist, so möge hierauf kurz eingegangen werden, zumal die Art des Antriebes nicht nur auf die Wahl der Kraftmaschine, sondern unter Umständen auch darauf von entscheidendem Einfluß ist, ob eine eigene Kraftanlage, oder der Anschluß an ein Elektrizitätswerk zu bevorzugen ist.

Zweifelloos hat man bei elektromotorischem Einzelbetrieb außer dem Vorteil, der unter Umständen in dem direkten Zusammenbau von Elektromotor und Arbeitsmaschine liegt, den Vorteil bequemster Teilbarkeit der Antriebskraft und damit auch denjenigen einer gewissen Unabhängigkeit beim Bau der Fabrik. Jedoch darf auf der anderen Seite nicht übersehen werden, daß durch Unterteilung der Gesamtkraft in eine größere Anzahl kleiner Leistungen ein Hauptvorteil des elektromotorischen Antriebes, die geringen Anlagekosten, zum großen Teil verloren geht, weil bei kleinen Motoren die Leistungseinheit nicht unwesentlich teurer kommt als bei großen, und weil bekanntlich bei Einzelantrieben die Gesamtleistung der Motoren weit größer zu wählen ist, da jeder Motor dem höchsten Kraftbedarf der anzutreibenden Maschine entsprechen muß. Ferner kommt in Be-

tracht, daß kleine Motoren einen ungünstigeren Wirkungsgrad besitzen, zumal wenn sie, wie bei Einzelantrieben, verhältnismäßig niedrig belastet werden. Und endlich ist nicht zu übersehen, daß in den Zuleitungen zu den Motoren Spannungsverluste von etwa 5<sup>0</sup>/<sub>10</sub> bei Vollbelastung eintreten. Man wird natürlich auch einen geringeren Spannungsverlust wählen, wenn die dadurch erzielte Kraftersparnis mehr ausmacht als die höheren Kapitalkosten der Leitungsanlage. Andererseits wird in Fällen, in denen die Kraft billig ist und in denen auf geringe Anlagekosten besonderes Gewicht gelegt wird, unter Umständen ein noch größerer Leitungsverlust in Kauf genommen.

Auf der anderen Seite ist festzustellen, daß nach den Erfahrungen des Verfassers die Transmissionsverluste häufig überschätzt und daß teilweise auch gänzlich abnormale Verhältnisse zum allgemeinen Vergleich herangezogen werden. Es ist zu beachten, daß ungünstige Ergebnisse, die bei weitverzweigten alten, schlecht montierten oder mangelhaft gewarteten Transmissionen festgestellt wurden, nicht ohne weiteres auf unsere heutigen verbesserten Transmissionanlagen übertragen werden dürfen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Verluste, die in den Transmissionssträngen und Vorgelegen auftreten, bei elektrischem Gruppenantrieb die gleichen sind, wie bei reinem Transmissionsantrieb, und daß die beim Gruppenantrieb etwas geringeren Verluste in den Hauptantrieben allein schon durch die Verluste in den Zuleitungen zu den Motoren ausgeglichen werden.

Im nachfolgenden möge an Hand eines Beispieles erörtert werden, ob Transmissions- oder elektrischer Antrieb geringere Verluste verursacht. Hierbei sei angenommen, daß es sich um ein zweistöckiges Fabrikgebäude handelt und daß die schwersten Arbeitsmaschinen in den Parterreräumen, die leichtesten Maschinen hingegen im zweiten Stock aufgestellt seien. Die Leistung der Kraftmaschine betrage 150 PS, während der Kraftbedarf im Jahresdurchschnitt nur 113 PS ausmache, entsprechend  $\frac{3}{4}$ -Belastung.

Da es sich hier um die Frage der Kraftübertragung handelt, so kommt das System der Kraftmaschine erst in zweiter Linie in Betracht. Es möge deshalb im nachfolgenden der Einfachheit halber angenommen sein, daß der Kraftbedarf durch Anschluß an ein Elektrizitäts- oder Überlandwerk mit Drehstrombetrieb gedeckt werde. Hierbei wurden jeweils die Verluste in Zuleitungen, Motoren, Hauptantriebsstücken nebst daranhängender glatter Transmission berücksichtigt, nicht aber die Verluste, die beim Antrieb der einzelnen Arbeitsmaschinen durch direkten oder Zwischenvorgelege-Antrieb entstehen. Letztere sind bei sämtlichen Antriebsarten als gleich groß zu betrachten.

Wo es sich um schnellaufende Arbeitsmaschinen handelt, empfiehlt sich im allgemeinen der direkte Antrieb. Zwischenvorgelege sucht man schon mit Rücksicht auf die dadurch verursachten Kraftverluste zu vermeiden. Bei den mit geringer Tourenzahl arbeitenden Maschinen für Metallbearbeitung hingegen wird in der Regel ein Zwischenvorgelege angewendet.

**I. Reiner Transmissionsantrieb.**

Im Parterre der Fabrik sei ein einziger Elektromotor von 150 PS aufgestellt (vgl. Fig. 78). Die Übertragung nach den drei Haupt-Transmissionssträngen erfolge mittels Riemen in der Weise, daß der Motor direkt auf den im Parterre liegenden Transmissionsstrang arbeitet. Die Transmissionen im ersten und zweiten Stock hingegen sollen von dem unteren Transmissionsstrang aus einzelnen angetrieben werden.

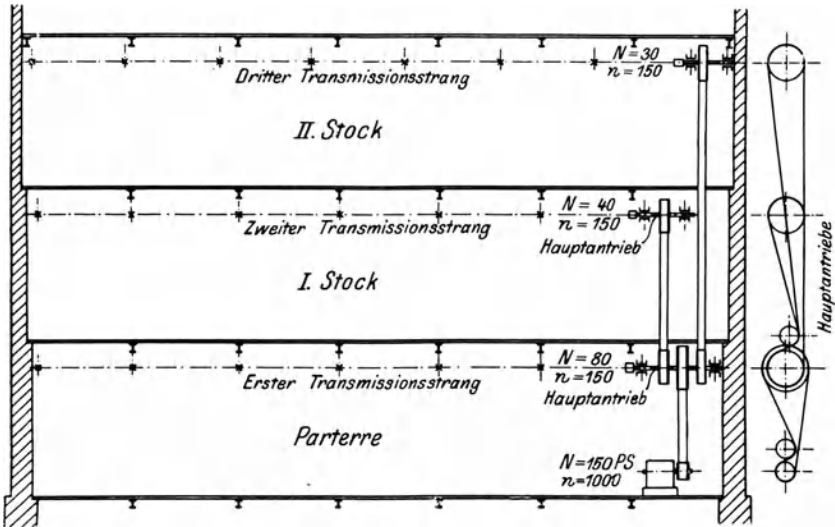


Fig. 78. Antrieb der Haupttransmissionen von einer einzigen Stelle aus mittels Riemen unter Verwendung automatischer Spannrollengetriebe. Reiner Transmissionsantrieb.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß der Motor und die Transmissionsanlage nur  $\frac{3}{4}$  belastet sind, ergibt sich:

Wirkungsgrad des Motors . . . . .	91,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Wirkungsgrad der drei Hauptantriebsstücke . . . . .	96 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Wirkungsgrad der an die Hauptantriebsstücke angekuppelten Transmissionen im Mittel . . . . .	94,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Gesamtwirkungsgrad der Kraftübertragung . . . . .	<u>83,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub></u>

Es kommen demnach von der in den Motor hineingeschickten elektrischen Energie durchschnittlich 83,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> bei den Arbeitsmaschinen an. Hierbei wurden die Verluste in den drei Hauptantriebsstücken zu 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und die in den drei an die Hauptantriebsstücke angekuppelten Transmissionssträngen durch Lager- und Luftreibung verursachten Verluste zu 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Vollbelastung geschätzt. Da die Anlage nur  $\frac{3}{4}$  belastet ist, so erhöhen sich diese Verlustziffern auf 4 und 5,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Diese Verluste sind ziemlich reichlich angenommen. Bei Anwendung von Riemenspannvorrichtungen (automatischen Spannrollengetrieben) können die Verluste in den Hauptantrieben sogar etwas geringer veranschlagt werden, da hierbei der Riemen wesentlich schwächer angespannt zu werden braucht, als bei dem gewöhnlichen Riemenantrieb. Man kommt infolgedessen bei Anwendung von automatischen Riemenspannvorrichtungen mit schwächeren Riemen und mit leichteren Hauptantrieben aus, weshalb es gerechtfertigt erscheint, den Wirkungsgrad der Hauptantriebe etwas höher anzunehmen als beim gewöhnlichen Riemenantrieb.

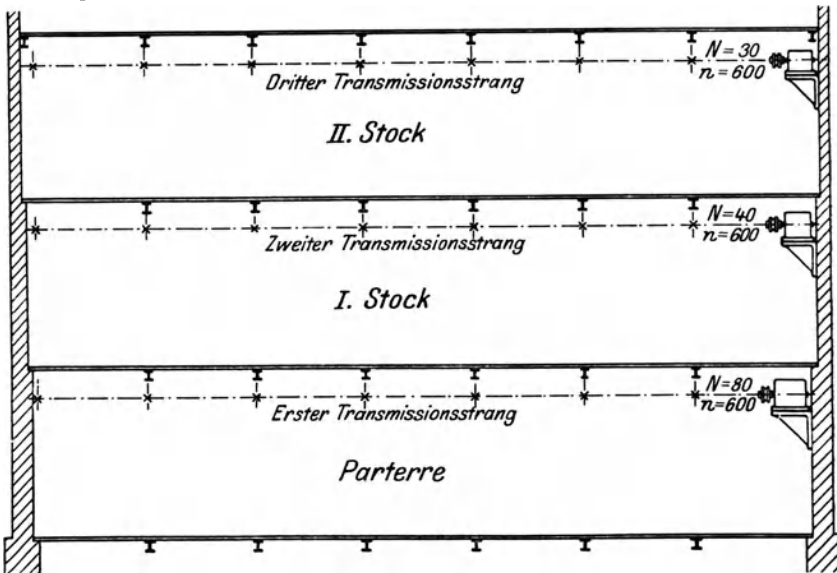


Fig. 79. Antrieb jeder Haupttransmission durch einen direkt gekuppelten Motor. Gruppenantrieb.

## II. Elektrischer Gruppenantrieb.

Hierbei möge angenommen werden, daß im Parterre ein 80 pferdiger Motor, im ersten Stock ein solcher von 40 PS und im zweiten Stock einer von 30 PS zur Aufstellung komme. Es sind nun zwei Möglichkeiten gegeben

- a) Die Motoren können direkt mit den Haupttransmissionen gekuppelt werden. Dieser in Fig. 79 dargestellte Fall kommt nur ausnahmsweise in Betracht, nämlich dann, wenn es sich um raschlaufende Transmissionen mit großem Kraftverbrauch (z. B. in Spinnereien) handelt.
- b) Die Motoren arbeiten mittels Riemen auf die betreffenden Transmissionen. Diese in Fig. 80 dargestellte Anordnung bildet die Regel. Hierbei wurden wieder, um Zwischenvorgelege zu vermeiden, Riemenspannvorrichtungen angenommen.

Der Spannungsverlust in den Zuleitungen zu den Motoren möge bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung zu durchschnittlich  $3\%$  angenommen sein. Es ergibt sich alsdann

a) im Falle direkter Kupplung:

Wirkungsgrad der Zuleitungen . . . . .	97 $\frac{0}{10}$
Mittlerer Wirkungsgrad der Motoren . . . . .	88 $\frac{0}{10}$
Wirkungsgrad der Transmissionen im Mittel . . . . .	94,7 $\frac{0}{10}$
Gesamtwirkungsgrad der Kraftübertragung . . . . .	<u>80,8 <math>\frac{0}{10}</math></u>

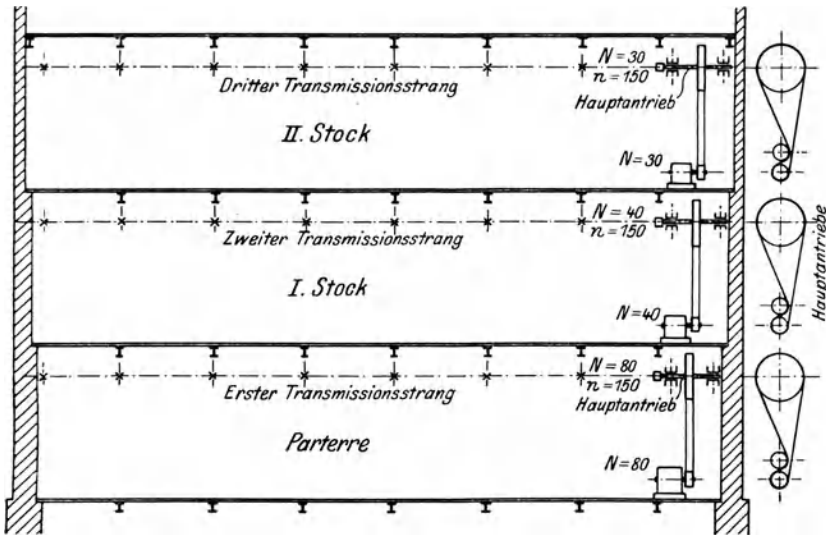


Fig. 80. Antrieb der Haupttransmissionen durch je einen Motor unter Verwendung von automatischen Spannrollengetrieben. Gruppenantrieb.

b) im Falle von Riemenantrieb:

Wirkungsgrad der Zuleitungen . . . . .	97 $\frac{0}{10}$
Mittlerer Wirkungsgrad der Motoren . . . . .	89 $\frac{0}{10}$
Wirkungsgrad der drei Hauptantriebsstücke im Mittel . . . . .	96,5 $\frac{0}{10}$
Wirkungsgrad der an die Hauptantriebsstücke angekuppelten Transmissionen im Mittel . . . . .	94,7 $\frac{0}{10}$
Gesamtwirkungsgrad der Kraftübertragung . . . . .	<u>78,8 <math>\frac{0}{10}</math></u>

Es kommen demnach von der insgesamt verbrauchten elektrischen Energie im Falle direkter Kupplung  $80,8\%$  und im Falle von Riemenantrieb  $78,8\%$  bei den Arbeitsmaschinen an.

Im Falle direkter Kupplung wurde der Wirkungsgrad der Motoren etwas niedriger angesetzt, mit Rücksicht auf deren geringere



Umdrehungszahl. Andererseits wurden bei Riemenantrieb die Verluste in den Hauptantrieben etwas geringer angenommen als im Falle I, weil der untere Hauptantrieb nur für 80 PS, im Falle I dagegen für 150 PS zu dimensionieren ist.

Daß die Summe der Motorleistungen bei Gruppenantrieben etwas größer zu wählen ist als bei reinem Transmissionsantrieb, im vorliegenden Fall zu etwa 160—170 PS, wurde hier nicht weiter berücksichtigt, da dies auf den Wirkungsgrad der Motoren kaum von Einfluß ist.

### III. Elektrischer Einzelantrieb.

Es möge angenommen werden, daß insgesamt 40 Elektromotoren von zusammen 230 PS Leistung benötigt werden. In Wirklichkeit wird die Summe der Einzelleistungen eher noch größer sein, da hier gemäß oben jeder Motor dem höchsten Kraftbedarf entsprechend zu bemessen ist. Zur Aufstellung sollen z. B. kommen 10 Motoren von je 10 PS, 10 Stück von 6 PS, 10 von 4 PS und 10 von 3 PS. Es ergibt sich alsdann:

Mittlerer Wirkungsgrad der Zuleitungen . . . . .	97	0/0
” ” ” Motoren . . . . .	81	0/0
Gesamtwirkungsgrad der Kraftübertragung . . . . .	78,6	0/0

Es kommen also 78,6 0/0 der aufgewendeten elektrischen Energie an den Verbrauchsstellen in Form von mechanischer Arbeit an.

Bei Annahme des Wirkungsgrades der Elektromotoren wurde berücksichtigt, daß die durchschnittliche Belastung derselben in Hinsicht auf den Einzelantrieb entsprechend geringer ist.

### IV. Zusammenfassung.

Aus vorstehenden Rechnungen ergibt sich, daß der mechanische Antrieb mittels Transmission die geringsten Verluste verursacht. Der Gesamtwirkungsgrad der Kraftübertragung fällt hierbei selbst höher aus als bei elektrischem Gruppenantrieb mit direkter Kuppelung der Motoren. Die Verhältnisse stellen sich für den Transmissionsantrieb naturgemäß noch günstiger, wenn die durchschnittliche Belastung größer als  $\frac{3}{4}$  ist. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus würde sonach der reine Transmissionsantrieb den Vorzug vor den anderen Antriebsarten verdienen.

Der elektrische Gruppenantrieb wird nur dort geringere Verluste ergeben, wo die Hauptantriebe mit Hilfe von Seilen erfolgen müssen. Die Seilübertragung ergibt nämlich wesentlich größere Verluste als die Riemenübertragung. Wenn es sich daher um die Übertragung großer Kräfte auf weite Entfernung handelt, oder wenn die einzelnen Transmissionsstränge nicht parallel zueinander liegen, die

Riemenübertragung sonach schwer oder überhaupt nicht mehr anwendbar ist, gebührt unter allen Umständen dem elektrischen Gruppenantrieb der Vorzug.

Der elektrische Einzelantrieb stellt sich auch in dem hierfür besonders geeigneten Beispiel mit verhältnismäßig großen Einzelmotoren nicht günstiger als der elektrische Gruppenantrieb. Der elektrische Einzelantrieb wird im allgemeinen nur für Maschinen mit verhältnismäßig großem Kraftbedarf in Betracht kommen, die nicht ständig, sondern mit längeren Unterbrechungen betrieben werden. Hier wäre es nicht rationell, den ganzen Transmissionsstrang samt Antriebsmotor wegen einiger Maschinen, die nur zeitweise im Betrieb sind, stärker zu bemessen und dauernd größere Verluste in Transmission und Antriebsmotor in Kauf zu nehmen.

Außerdem wird man naturgemäß den elektrischen Einzelantrieb dort anwenden, wo die betreffenden Maschinen räumlich sehr weit voneinander entfernt sind. Auch dort kann sich der Einzelantrieb empfehlen, wo eine bestehende Anlage, deren Betriebskraft und Transmission bereits voll ausgenützt ist, durch Aufstellung von einigen größeren Maschinen vergrößert werden soll. Wo diese Voraussetzungen nicht zutreffen, ist schon mit Rücksicht auf die geringeren Anlagekosten der reine Transmissions- oder der Gruppenantrieb zu bevorzugen<sup>1)</sup>.

Im nachstehenden möge noch der Fall angenommen werden, daß die Maschinen nicht während der ganzen Arbeitszeit durchlaufen, daß vielmehr jede der Maschinen nur während der Hälfte der Arbeitszeit betrieben wird. Beim elektrischen Einzelantrieb ergibt sich hierbei der gleiche Wirkungsgrad wie früher. Dagegen fallen für den reinen Transmissionsantrieb die Verluste entsprechend größer aus. Es ergibt sich nämlich für den Transmissionsantrieb:

Wirkungsgrad des Motors . . . . .	90	$\frac{0}{0}$
„ der drei Hauptantriebsstücke . . . . .	92	$\frac{0}{0}$
„ der an die Hauptantriebsstücke angekuppelten Transmissionen im Mittel . . . . .	89,4	$\frac{0}{0}$
Gesamtwirkungsgrad der Kraftübertragung rund . . . . .	74	$\frac{0}{0}$

Die Verluste in den Hauptantriebsstücken und in den Transmissionen wurden hierbei mit Rücksicht auf die Verluste in den Stillstandspausen doppelt so groß angenommen als im Falle I. Außerdem wurde der Wirkungsgrad des Motors etwas niedriger eingesetzt, mit Rücksicht auf dessen geringere Belastung.

Unter diesen Verhältnissen ist, wie vorauszusehen war, der elektrische Einzelantrieb rationeller als der Transmissionsantrieb.

<sup>1)</sup> Daß zu weit getriebene Unterteilung der Antriebskraft nachträglich oft bedauert wird, ergibt sich z. B. aus einer Mitteilung in der Zeitschr. des Bayer. Revisionsvereins in München, Jahrg. 1913, S. 90 rechte Spalte unter der Überschrift „Abteilung III (Elektrotechnik)“.

Allerdings wurde hierbei vorausgesetzt, daß die Elektromotoren in den Betriebspausen jeweils abgestellt werden, die Transmissionsanlage hingegen ständig mitläuft. Diese Annahme ist naturgemäß für den Transmissionsantrieb ungünstig. Denn man kann hier die Einrichtung so treffen, daß man Kupplungen vorsieht, durch die sich einzelne Stränge abschalten lassen. Man muß in diesem Falle nur darauf bedacht sein, daß die Maschinen, die bloß zeitweise arbeiten, am Ende der Transmissionsstränge aufgestellt werden. Wo dies aus Betriebsrücksichten nicht angängig ist, kann man sich in der Weise helfen, daß die betreffenden Maschinen durch Anordnung von Leerscheiben auf Losscheibenträgern oder Hohlwellen ausrückbar gemacht werden, wodurch die Maschinen völlig ausgeschaltet sind und jede Reibung vermieden wird.

Andererseits kann man bei elektromotorischen Einzelantrieben häufig die Beobachtung machen, daß die Arbeiter aus Bequemlichkeitsgründen ihre Motoren in Betriebspausen samt Antriebsriemen und Leerscheiben oder Räderübersetzungen durchlaufen lassen, ohne dieselben abzustellen. Dadurch wird naturgemäß der Gesamtwirkungsgrad der Einzelantriebe heruntergedrückt.

Im vorstehenden wurde vorausgesetzt, daß das Werk an eine Überlandzentrale angeschlossen ist. Wo dies nicht zutrifft, wo vielmehr eine Wärmekraft- oder Wasserkraftmaschine in Betracht kommt, stellen sich die Verhältnisse sowohl für den elektrischen Gruppenantrieb als auch für den elektrischen Einzelantrieb entsprechend ungünstiger, da alsdann noch die Verluste zu berücksichtigen sind, die bei der Umwandlung der mechanischen Energie in elektrische entstehen.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß den vorstehenden Rechnungsbeispielen natürlich keine allgemeine Gültigkeit zukommt. Die Berechnungen können sich vielmehr im einzelnen Fall verschieben, je nach Art und Einteilung des betreffenden Betriebes. Auch die Bauart und Anordnung des Gebäudes kann hier von Einfluß sein. Ist dieselbe ungünstig für den reinen Transmissionsantrieb, so wird man notgedrungen zu einer anderen Antriebsart übergehen müssen, wenn auch vielleicht für die betreffenden Betriebsverhältnisse der reine Transmissionsantrieb an sich am wirtschaftlichsten wäre. Weiterhin kommt noch die Stromart in Betracht, insofern als dieselbe den Wirkungsgrad der Motoren beeinflußt. Vorstehend wurde durchweg Drehstrom, d. h. die für den Wirkungsgrad und Betrieb der Motoren günstigste Stromart angenommen. Natürlich wird nicht überall Drehstrom in Betracht kommen, da die Wahl der Stromart noch von anderen Gesichtspunkten und Betriebsrücksichten abhängt. Die Wahl der geeignetsten Stromart für einen Fabrikbetrieb bildet eine Frage für sich, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Wo es sich um den Neubau einer kleineren oder mittleren Fabrik handelt, sollte man stets bestrebt sein, die Gesamtanordnung

und Einteilung der Fabrik so zu treffen, daß der reine Transmissionsantrieb anwendbar ist, da derselbe für gewöhnlich die geringsten Verluste verursacht. Dies trifft auch dort zu, wo die Zahl der Transmissionsstränge größer ist als in den oben durchgerechneten Beispielen, in denen einfache Verhältnisse angenommen wurden, damit der Gang der Rechnung klar verständlich ist.

## 60. Überlastungsfähigkeit.

Da in den meisten Betrieben zeitweise Steigerungen des Kraftbedarfs vorkommen, so ist es von wesentlicher Bedeutung, inwieweit die Kraftmaschine diesen Schwankungen zu folgen vermag, m. a. W. ob sie so reichlich bemessen ist, daß sie dauernd um einen gewissen Betrag überlastet werden kann, oder ob sie nur vorübergehende Überlastungen zuläßt.

Früher wurde bei allen Kraftmaschinen zwischen der sog. Normalleistung sowie der dauernden und der vorübergehenden Maximalleistung unterschieden, wobei die Größenbezeichnung in der Regel nach der Normalleistung erfolgte. In Anbetracht des scharfen Wettbewerbes und der damit zusammenhängenden wenig günstigen Geschäftslage auf dem Gebiete des Kraftmaschinenbaues sowie infolge des Mißbrauchs, der vielfach mit dem Begriff „Kraftreserve“ getrieben wurde, geht man heute mehr und mehr dazu über, die Maschinen nach ihrer dauernden Maximalleistung zu bezeichnen und zu verkaufen; vgl. auch Abschnitte 1 und 26.

Nur bei Dampfkraftmaschinen ist noch heute die Bezeichnung „Normalleistung“ im Gebrauch. Jedoch ist auch hier die Größe der Kraftreserve im Lauf der letzten Jahre bedeutend zurückgegangen, und es wird früher oder später auch bei Dampfkraftmaschinen dazu kommen, daß der Begriff Normalleistung durch denjenigen der dauernden Maximalleistung, auch Dauerleistung oder Vollast genannt, ersetzt wird.

Dampfkraftanlagen besitzen heute im allgemeinen eine dauernde Überlastungsfähigkeit von 20—30 ‰, vorübergehend jedoch erheblich mehr. Speziell bei Dampfturbinen ist die Überlastung durch den Generator begrenzt. Derselbe muß nach den vom Verband Deutscher Elektrotechniker aufgestellten Normalien auf die Dauer von  $\frac{1}{2}$  Stunde um 25 ‰ überlastungsfähig sein. Die Turbinen allein würden diese Überlastung dauernd vertragen.

Für Verbrennungskraftmaschinen wurde seitens der Vereinigung der Kleingasmotoren-Fabrikanten vereinbart, daß nur für die dauernde Maximalleistung Garantien abgegeben werden. Es hat sich infolgedessen allgemein eingebürgert, Verbrennungskraftmaschinen nach ihrer Dauerleistung zu bezeichnen. Für die vorübergehende Überlastungsfähigkeit der Maschinen werden in der Regel 10—20 ‰

angegeben, ohne daß jedoch hierfür eine bindende Garantie übernommen wird.

Auch Elektromotoren werden heute nach ihrer maximalen Dauerleistung bezeichnet. Jedoch müssen dieselben nach den Verbandsnormalien mindestens auf die Dauer von  $\frac{1}{2}$  Stunde um 25 % und auf die Dauer von 3 Minuten um 40 % überlastbar sein, ohne daß bei Gleichstrommotoren der Kollektor zu stark angegriffen wird.

Wenn eine Kraftmaschine dauernd zu stark belastet wird, so besteht die Gefahr des Heißlaufens, wenn nicht schon vorher ein Versagen der Maschine eintritt. Letzteres bezieht sich insbesondere auf Verbrennungskraftmaschinen, bei denen noch hinzukommt, daß die Maximalleistung in erheblichem Maße von der Einstellung — bei Sauggasanlagen auch von der Güte des Gases — abhängig ist. Auf jeden Fall ist damit zu rechnen, daß eine zu starke Beanspruchung der Maschine eine Herabsetzung ihrer Lebensdauer zur Folge hat.

Werden Elektromotoren öfters oder dauernd überlastet, so kann ihre Erwärmung einen unzulässig hohen Betrag erreichen. Die Folge hiervon ist eine Leistungsminderung, unter Umständen auch ein Defektwerden der Motoren durch allmähliches Verkohlen der Isolation der Wicklungen, m. a. W. auch hier eine Verkürzung der Lebensdauer der Motoren.

## 61. Betriebssicherheit.

Hier ist zu sagen, daß im allgemeinen die Dampfkraftanlage von der Verbrennungsmaschinenanlage in bezug auf Betriebssicherheit, trotz der hohen technischen Vollkommenheit der heutigen Verbrennungsmaschine, nicht erreicht wird. Ist eine Verbrennungsmaschine schlecht konstruiert und ausgeführt oder wird sie mangelhaft eingestellt und bedient, so versagt sie leicht ihren Dienst, während eine Dampfanlage selbst unter ungünstigen Verhältnissen ihre Leistung hergibt, wenn auch im allgemeinen auf Kosten ihrer Wirtschaftlichkeit. Die Dampfkraftmaschine ist, ebenso wie die Wasserkraftmaschine oder die Druckluftmaschine, insofern betriebssicherer, als sie mit einem Betriebsmittel arbeitet, das unter Druck steht. Bei der Verbrennungsmaschine hingegen muß die treibende Kraft erst in der Maschine selbst erzeugt werden. Sind die Bedingungen für die Erzeugung dieser Kraft nicht erfüllt, so versagt die Verbrennungsmaschine eben ihren Dienst. Bei richtiger sachverständiger Wartung und bei einwandfreier Konstruktion und Ausführung der Maschine sind aber diese Bedingungen heute leicht zu erfüllen, so daß unter dieser Voraussetzung beide Maschinenarten als gleichwertig gelten können.

Im allgemeinen kann man sagen, daß je größer die Zahl der Zylinder ist, desto besser auch die Wartung einer Maschine sein muß. Beispielsweise beansprucht eine Sechszylindermaschine mit

ihren sechs Triebwerken immerhin eine größere Aufmerksamkeit als eine Zwei-, Drei- oder Vierzylindermaschine. Je größer demnach die Zylinderzahl ist, desto geringer ist unter sonst gleichen Verhältnissen die Betriebssicherheit.

Ebenso kann man sagen, daß normallaufende Maschinen in bezug auf Betriebssicherheit den raschlaufenden überlegen sind.

Im vorstehenden hat Betriebssicherheit die Bedeutung von „Zuverlässigkeit des Ganges“. Denn hinsichtlich der Sicherheit der Umgebung stellt sich das Verhältnis zugunsten der Verbrennungsmotorenanlage, was schon daraus hervorgeht, daß diese für gewöhnlich keiner behördlichen Genehmigung bedarf.

## Fünfter Teil.

# Gesichtspunkte bei Projektierung von Kraftanlagen.

### 62. Einleitung.

Voranzustellen ist die Forderung, daß die Projektierung von Kraftanlagen so zu erfolgen hat, daß sich eine den gegebenen örtlichen Verhältnissen angepaßte, zweckmäßig und einheitlich durchgebildete Gesamtanlage ergibt, die eine möglichst hohe Wirtschaftlichkeit gewährleistet.

Da durch unsachgemäße Anlage und Betrieb von Kraftanlagen das Eigentum der benachbarten Grundstücksbesitzer beeinträchtigt oder unter Umständen die Sicherheit des Bedienungspersonals und der Umgebung gefährdet werden kann, so besteht eine Reihe von behördlichen und sonstigen Vorschriften, die bei der Projektierung von Kraftanlagen zu berücksichtigen sind; vgl. Abschn. 63—65.

Allgemein gilt, daß es sich bei feuchten oder staubigen Betrieben empfiehlt, die Kraftmaschinen mit Rücksicht auf ihre Lebensdauer in einem besonderen Raum unterzubringen, sowie daß der Maschinenraum möglichst frostfrei sein soll. Wo eine frostfreie Aufstellung nicht möglich ist, müssen Vorkehrungen getroffen werden, daß ein Einfrieren des Wassers in Rohrleitungen, Kühlräumen usw. bei sachgemäßer Wartung nicht vorkommen kann, da dies ein Sprengen der betreffenden Teile zur Folge hätte; vgl. auch Abschn. 93 u. f.

Bei der Anlage größerer Kraftwerke ist auf bequeme und billige Brennstoffzufuhr und -lagerung, auf die Beschaffung ausreichender Mengen von Speise- und Kühlwasser und nicht zuletzt auf die künftigen Ausbaumöglichkeiten Rücksicht zu nehmen. Weitere Gesichtspunkte für Kraftwerke sind:

1. Schaffung möglichst heller, gut lüftbarer und leicht zugänglicher Räume,
2. gute Übersichtlichkeit des Kraftwerkes, möglichst von einer Stelle aus, damit eine bequeme Betriebskontrolle und ein rasches Eingreifen bei Störungen möglich ist,

3. Unterbringung der erforderlichen Leistung auf möglichst kleiner Grundfläche, soweit dies die Rücksicht auf Unterteilung und Reserve sowie bequeme Bedienung zuläßt<sup>1)</sup>,
4. tunlichste Verminderung des Bedienungspersonals, soweit dies die Betriebssicherheit zuläßt, um an Betriebsführungskosten zu sparen,
5. kurze Dampfwege vom Kesselhaus bis zu den Maschinen, damit der Temperatur- und Druckverlust des Dampfes gering ausfällt. Kurze Dampfwege sind schon mit Rücksicht auf geringe Anlagekosten anzustreben.

Eine allgemeine Forderung ist weiterhin die, daß die Anlegung von Rohrleitungen so erfolgen soll, daß das Bedienungspersonal weder darüberzusteigen noch darunter durchzuschlüpfen braucht. Können Leitungen nicht genügend hoch angelegt werden, wie z. B. die Einspritzleitung und die Überlaufleitung von Kondensationen, so sollen sie in abdeckbaren Kanälen unter Flur, und zwar möglichst leicht zugänglich untergebracht werden.

Der von den Kraftmaschinen zu fordernde Ungleichförmigkeitsgrad ist davon abhängig, ob eine Anlage für reinen Kraftbetrieb, für reinen Lichtbetrieb oder für gemischten Betrieb bestimmt ist. Auch kommt hier die Art der anzutreibenden Maschinen sowie die Art der Kraftübertragung, ob mechanisch oder elektrisch, in Betracht. Im allgemeinen erfordern gemischte Betriebe den kleinsten Ungleichförmigkeitsgrad, weil die mit Kraftbetrieben verbundenen Kraftschwankungen ungünstige Rückwirkungen auf die Netzspannung und damit auf die Lichtanlage zur Folge haben können. Eine Trennung von Kraft- und Lichtanlage wäre hier die technisch beste Lösung, sollte aber womöglich wegen der Erhöhung der Anlage- und Betriebskosten vermieden werden. Durch richtige Wahl der Betriebsmaschinen und Regulatoren lassen sich unzulässig große Rückwirkungen auch fast stets vermeiden.

Bei Projektierung von Kraftanlagen kommt sodann noch in Betracht, ob die Kraftmaschinen unmittelbar mit den anzutreibenden Maschinen zu kuppeln sind, oder ob der Antrieb durch Riemen oder Seile erfolgt. Bei Riemenantrieb ist allenfalls auch die Art des Abtriebes, ob einseitig oder zweiseitig, zu berücksichtigen; z. B. bei Lokomobilen.

Die in früheren Jahren als besonders wichtig betrachtete Forderung, daß größere Kraftwerke in nächster Nähe der Hauptverbrauchsstellen anzulegen sind, hat seit der Ausführung großer elektrischer Fernübertragungen an Bedeutung verloren. Allgemein läßt sich hier nur sagen, daß die Lage des Kraftwerkes so zu wählen ist, daß die gesamten Betriebskosten, die hauptsächlich von den Kosten des Brennstoffs an den verschiedenen, für die Zentrale in Betracht kommenden

---

<sup>1)</sup> Hieraus darf jedoch nicht etwa gefolgert werden, daß stehend gebaute Maschinen allgemein zweckmäßiger sind als liegende; vgl. in dieser Hinsicht Abschn. 57.



Stellen und von den Kosten der Fernübertragung abhängig sind, ein Minimum werden.

Bezüglich der Größe der aufzustellenden Einheiten gehen die Ansichten der Betriebsleiter vielfach auseinander; vgl. Abschn. 79.

Bei größeren Elektrizitätswerken wird der gesamte Betrieb von einer Stelle, meistens der Schalttafel, aus einheitlich geleitet. Von hier aus muß zu diesem Zweck mittels geeigneter Instrumente ein Überblick über den Gang des ganzen Kraftwerkes möglich sein. Nötigenfalls müssen durch elektrische Fernmelder, Befehlsübermittler und dergl. die notwendigen Anweisungen nicht nur nach dem Maschinenhaus, sondern auch nach dem Kesselhaus und dem Pumpenhaus sowie den entlegeneren Schalträumen usw. gegeben werden können. Für unvorhergesehene Fälle kann bei ausgedehnten Anlagen noch eine Telephonanlage eingerichtet werden. Auch eine elektrische Fernbetätigung der Maschinen von der Schalttafel aus, z. B. Tourenverstellvorrichtung zum Parallelschalten, Sicherheitsschnellschlußvorrichtung für Dampfturbinen u. dergl., ist hier zu empfehlen.

Die Unterbringung der Schalttafel samt Schaltanlage geschieht bei kleinen Elektrizitätswerken stets im Maschinenraum. Bei großen Werken wird die eigentliche Schaltanlage in getrennten Räumen, vielfach sogar in einem besonderen Gebäude untergebracht und durch elektrische oder mechanische Fernübertragung betätigt, einesteils mit Rücksicht auf den bedeutenden Umfang der Schaltanlage, andernteils um mehr Licht, größere Unabhängigkeit der inneren Ausgestaltung des Schalthauses vom Maschinenhaus sowie die Möglichkeit der Ausdehnung nach allen Seiten zu gewinnen. Man ist hierbei schon so weit gegangen, daß man auch die Betätigungs-Schalttafel von dem Maschinenraum getrennt hat; vgl. in dieser Hinsicht die Ausführungen in der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1911, S. 2167. Es wird dort darauf hingewiesen, daß es nicht notwendig sei, daß der Schalttafelwärter die Maschinen sehen kann. Es sei im Gegenteil richtiger, den Wärter von Beeinflussungen, die durch Geräusche im Maschinenhaus entstehen, fernzuhalten und ihn zu veranlassen, seine Maßnahmen lediglich nach den Angaben der Instrumente zu treffen. Es seien Fälle bekannt geworden, in denen plötzlich auftretende Fehler an den Maschinen zu falschen Schaltungen Veranlassung gegeben haben. Die zwischen Maschinenhaus und Schalttafel bzw. Schalthaus erforderliche Verständigung betreffe nur das An- und Abstellen der Maschinen und deren Belastung. Diese einfache Nachrichtenübertragung erfolge am besten durch Befehlsübermittler oder ähnliche Einrichtungen. Wenn das Schalthaus noch durch einen Gang mit dem Maschinenhaus verbunden werde, so stehe außerdem einer unmittelbaren Verständigung nichts im Wege. Eine solche Verbindung empfehle sich schon wegen der leichteren Überwachung durch den Kontrollbeamten.

Durch Unterbringung der Schalttafel in einem besonderen Gebäude entstehen etwas höhere Anlagekosten. Ganz abgesehen

hiervon kann man jedoch über die Zweckmäßigkeit einer solchen Anordnung verschiedener Ansicht sein. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der Betriebsleiter steht wohl mit Recht auf dem Standpunkt, daß die Schaltbühne im Maschinenhaus unterzubringen ist, und daß der Schalttafelwärter sehen soll, was im Maschinenraum vorgeht. Die Verständigung zwischen Maschinen- und Schalttafelwärter durch unmittelbare Zeichengebung ist doch in der Regel bequemer als diejenige mittels Befehlsübermittler und dergl. Auch hat die Unterbringung der Schaltbühne im Maschinenraum noch den Vorzug, daß die Kontrolle seitens des Betriebsleiters eine bequemere ist und daß bei vorübergehender Abwesenheit des Schalttafelwärters der Maschinenwärter zuspringen und die Bedienung der Schalttafel mit übernehmen kann.

Ein Irritieren des Schalttafelwärters durch Störungen im Maschinenraum ist kaum zu befürchten. Ein solches Irritieren tritt viel eher ein, wenn der Schalttafelwärter nicht sehen kann, was im Maschinenraum vorgeht.

Zuzugeben ist ja wohl, daß bei langen Maschinenhäusern der Überblick von der Schaltbühne aus unzulänglich ist, und daß sich der Schalttafelwärter nicht mehr durch Winken, Zurufen oder dergl. mit den Maschinenwärtern verständigen kann. In solchen Fällen sind elektrische Befehlsübermittler nicht zu vermeiden. Immerhin aber ist es auch hier wertvoll, von der Schaltbühne aus in den Maschinenraum sehen zu können.

Die Lichtfrage kann bei Zuhilfenahme von Oberlicht- und Dachbeleuchtung gänzlich außer Betracht bleiben.

Nach alledem dürfte die Unterbringung der dauernd zu bedienenden Schalttafel in einem besonderen Gebäude auch in Zukunft die Ausnahme bilden.

Bezüglich der Anordnung der Schaltbühne im Maschinenraum kann man verschiedener Ansicht sein. Den besten Überblick gewährt bei längeren Maschinenhäusern die Unterbringung in der Mitte einer Längswand. Und zwar ist bei Dampfanlagen diejenige Längswand am besten geeignet, die der gemeinsamen Trennungswand zwischen Kessel- und Maschinenhaus gegenüberliegt. Hier gestaltet sich die Unterbringung des eigentlichen Schaltraumes am einfachsten, da man bei Verlegung der Sammelschienenstränge keinerlei Rücksicht auf die Dampfleitungen zu nehmen hat. Auch vermeidet man in diesem Fall die Erwärmung der Sammelschienen durch die von den Dampfleitungen ausstrahlende Wärme und braucht zudem nicht mit der Möglichkeit zu rechnen, daß bei Undichtheit oder einem Bruch der Rohrleitung die Sammelschienenstränge durch austretenden Dampf gefährdet werden.

Wird die Unterbringung der Schaltbühne an einer Stirn- bzw. Giebelwand vorgezogen, so ist hierfür diejenige Stirnseite zu wählen, die für die Erweiterung nicht in Betracht kommt.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß es sich aus wirtschaftlichen Gründen empfiehlt, bei Projektierung von Kraftanlagen auch die zur

Betriebskontrolle erforderlichen Einrichtungen, wie Thermometer, Manometer, Vakuumeter, Tachometer usw. vorzusehen; vgl. auch Abschn. 93, 106 und 107. Diese Kontrolleinrichtungen sind womöglich zentralisiert und für das Bedienungspersonal gut übersichtlich anzubringen.

### **63. Behördliche und sonstige Vorschriften für Dampfanlagen.**

#### **Allgemeines.**

Da durch unsachgemäße Anlage und Betrieb von Dampfkesseln eine große Gefahr für die Umgebung einer solchen Anlage entstehen kann, so haben sich fast alle Kulturstaaten zur Herausgabe gesetzlicher Bestimmungen und Verordnungen, nach denen die Ausführung, Aufstellung und Bedienung der Dampfkessel zu erfolgen hat, entschlossen. Bei uns in Deutschland gelten seit dem 10. Januar 1910 die vom Bundesrat erlassenen „Allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln“ vom 17. Dezember 1908. Außer diesen Bestimmungen sind noch gewisse Sondervorschriften (Ausführungsbestimmungen) der verschiedenen Bundesstaaten zu beachten.

Jeder neu oder erneut zu genehmigende Dampfkessel ist einer Bauprüfung und einer Wasserdruckprobe zu unterziehen. Außerdem bedarf er nach § 24 der Gewerbeordnung einer gewerbepolizeilichen Genehmigung. Hierbei wird die Anlage daraufhin geprüft, ob sie den bestehenden bau-, feuer- und gesundheitspolizeilichen Vorschriften entspricht. Dem Konzessionsgesuch sind eine Beschreibung und eine Zeichnung der Dampfkesselanlage, sowie ein Lageplan und ein Bauriß, je in dreifacher Ausfertigung, sämtliche mit Datum und Unterschrift versehen, beizufügen. Nach der Genehmigung der Anlage hat noch deren Abnahmeuntersuchung (Dampfprobe) stattzufinden. Mit der Überreichung der Abnahmebescheinigung durch die Behörde erhält der Besitzer die endgültige Berechtigung, die Kesselanlage in Betrieb zu nehmen. Ist das Genehmigungsverfahren erledigt und die Anlage in Betrieb genommen, so untersteht der Kessel den in den einzelnen Bundesstaaten vorgeschriebenen regelmäßigen Revisionen.

Die im Reichsgesetzblatt vom 9. Januar 1909 veröffentlichten Reichsvorschriften sind nachstehend im Wortlaut wiedergegeben. Hierbei wurden die in den Anlagen I und II enthaltenen Material- und Bauvorschriften sowie die in den Anlagen III bis VII enthaltenen Vordrucke weggelassen.

Da einzelne Paragraphen der Reichsvorschriften verschiedene Auslegung zulassen, so möge hier auf das Werk „Bestimmungen über Anlegung und Betrieb von Dampfkesseln, erläutert von H. Jäger“, Carl Heymanns Verlag in Berlin, verwiesen werden.

## Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Landdampfkesseln.

### I. Geltungsbereich der Bestimmungen.

#### § 1.

1. Als Dampfkessel im Sinne der nachstehenden Bestimmungen gelten alle geschlossenen Gefäße, die den Zweck haben, Wasserdampf von höherer als der atmosphärischen Spannung zur Verwendung außerhalb des Dampftwicklers zu erzeugen.

2. Als Landdampfkessel (Dampfkessel) gelten außer den an Land benutzten feststehenden und beweglichen Dampfkesseln auch die vorübergehend auf schwimmenden und im Wasser beweglichen Bauten aufgestellten Dampfkessel.

3. Den Bestimmungen für Landdampfkessel werden nicht unterworfen:

- a) Behälter, in denen Dampf, der einem anderen Dampftwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird (Dampfüberhitzer);
- b) Kessel, die mit einer Einrichtung versehen sind, welche verhindert, daß die Dampfspannung  $\frac{1}{2}$  Atmosphäre Überdruck übersteigen kann (Niederdruckkessel). Als Einrichtungen dieser Art gelten:
  - a) ein unverschließbares, vom Wasserraum ausgehendes Standrohr von nicht über 5000 mm Höhe und mindestens 80 mm Lichtweite;
  - β) ein vom Dampfraum ausgehendes, nicht abschließbares Rohr in Heberform oder mit mehreren auf- und absteigenden Schenkeln, dessen aufsteigende Äste bei Wasserfüllung zusammen nicht über 5000 mm, bei Quecksilberfüllung nicht über 370 mm Länge haben dürfen, wobei die Lichtweite dieser Rohre so bemessen werden muß, daß auf 1 qm Heizfläche (§ 3 Abs. 3) ein Rohrquerschnitt von mindestens 350 qmm entfällt. Die Lichtweite der Rohre muß mindestens 30 mm betragen und braucht 80 mm nicht zu überschreiten;
  - γ) jede andere von der Zentralbehörde des zuständigen Bundesstaats genehmigte Sicherheitsvorrichtung.
- c) Zwergkessel, das heißt Dampftwickler, deren Heizfläche  $\frac{1}{10}$  qm und deren Dampfspannung 2 Atmosphären Überdruck nicht übersteigt, sofern sie mit einem zuverlässigen Sicherheitsventil ausgerüstet sind.

4. Für die Kessel in Eisenbahnlokomotiven bleiben die auf Grund der Artikel 42 und 43 der Reichsverfassung erlassenen besonderen Bestimmungen in Kraft.

### II. Bau.

#### § 2.

#### Kesselwandungen.

1. Jeder Dampfkessel muß in bezug auf Baustoff, Ausführung und Ausrüstung den anerkannten Regeln der Wissenschaft und Technik entsprechen. Als solche Regeln gelten bis auf weiteres die in den Anlagen I und II zusammengestellten Grundsätze, welche entsprechend den Bedürfnissen der Praxis und den Ergebnissen der Wissenschaft auf Antrag oder nach Anhörung einer durch Vereinbarung der verbündeten Regierungen anerkannten Sachverständigenkommission fortgebildet werden.

2. Die von den Heizgasen berührten Teile der Wandungen der Dampfkessel dürfen nicht aus Gußeisen oder Temperguß hergestellt werden; andere nur, sofern ihre lichten Querschnitte kreisförmig sind und ihre lichte Weite 250 mm nicht übersteigt. Für höhere Dampfspannungen als 10 Atmosphären Überdruck ist Gußeisen oder Temperguß in keinem Teile der Kesselwandungen gestattet. Formflußeisen darf für alle nicht im ersten Feuerzuge liegenden Teile der Wandungen benutzt werden. Auf Gehäusewandungen von Dampf-

zylindern, die mit dem Dampfkessel verbunden sind, finden die vorstehenden Bestimmungen keine Anwendung.

3. Als Wandungen der Dampfkessel gelten die Wandungen derjenigen Räume, welche zwischen den Absperrventilen (§ 6 Abs. 1, 2 und 3) liegen. Den Kesselwandungen sind die mit ihnen verbundenen Anschlußteile gleich zu achten.

4. Die Verwendung von Messingblech ist nur für Feuerrohre gestattet, deren lichte Weite 80 mm nicht übersteigt.

### § 3.

#### Feuerzüge.

1. Die Feuerzüge der Dampfkessel müssen an ihrer höchsten Stelle mindestens 100 mm unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserstande liegen. Bei Dampfkesseln, deren Wasseroberfläche kleiner als das 1,3fache der gesamten Rostfläche ist, muß dieser Abstand mindestens 150 mm betragen. Bei Innenzügen ist der Mindestabstand über den von den Heizgasen berührten Blechen zu messen.

2. Die Bestimmungen über die Höhenlage der Feuerzüge finden keine Anwendung auf Dampfkessel, deren von den Heizgasen berührte Wandungen ausschließlich aus Wasserrohren von weniger als 100 mm Lichtweite oder aus derartigen Rohren und den zu ihrer Verbindung angewendeten Rohrstücken bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Teiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser gespülte Kesselfläche, welche von den Heizgasen vor Erreichung der vom Dampf gespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzuge mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzuge mindestens vierzigmal so groß ist als die gesamte Rostfläche. Bei Dampfkesseln ohne Rost ist der 4fache Betrag des Querschnitts des ersten Feuerzugs, unter Ausschluß des verengten Querschnitts über der Feuerbrücke, als der Rostfläche gleichstehend zu erachten.

3. Als Heizfläche der Dampfkessel gilt der auf der Feuerseite gemessene Flächeninhalt der einerseits von den Heizgasen, andererseits vom Wasser berührten Wandungen.

4. Als künstlicher Luftzug gilt jeder durch andere Mittel als den Schornsteinzug erreichte Luftzug, welcher bei saugender Wirkung in der Regel mehr als 25 mm Wassersäule, gemessen hinter dem letzten Feuerzuge, bei Preßluft mehr als 30 mm Wassersäule, gemessen unter dem Roste, beträgt.

## III. Ausrüstung.

### § 4.

#### Speisevorrichtungen.

1. Jeder Dampfkessel muß mit mindestens zwei zuverlässigen Vorrichtungen zur Speisung versehen sein, die nicht von derselben Betriebsvorrichtung abhängig sind. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Dampfkessel werden hierbei als ein Kessel angesehen.

2. Jede der Speisevorrichtungen muß imstande sein, dem Kessel doppelt soviel Wasser zuzuführen, als seiner normalen Verdampfungsfähigkeit entspricht. Bei Pumpen, die unmittelbar von der Hauptbetriebsmaschine angetrieben werden (Maschinenspeisepumpen), genügt das  $1\frac{1}{2}$  fache der normalen Verdampfungsfähigkeit. Zwei oder mehrere Speisevorrichtungen, die zusammen die geforderte Leistung ergeben, sind als eine Speisevorrichtung anzusehen. Maschinenspeisepumpen werden, wenn die Kessel beim Stillstande der Maschine auch noch anderen Zwecken dienen, nur dann als zweite Speisevorrichtung angesehen, wenn es dem regelmäßigen Betrieb entspricht, daß die Maschinen zum Speisen in Gang gesetzt werden.

3. Handpumpen sind nur zulässig, wenn das Produkt aus der Heizfläche in Quadratmeter und der Dampfspannung in Atmosphären Überdruck die Zahl 120 nicht übersteigt.

4. Die unmittelbare Benutzung einer Wasserleitung an Stelle einer der Speisevorrichtungen ist zulässig, wenn der nutzbare Druck der Wasserleitung am Kessel jederzeit mindestens 2 Atmosphären höher als der genehmigte Dampfdruck im Kessel ist.

#### § 5.

##### Speiseventile und Speiseleitungen.

1. In jeder zum Dampfkessel führenden Speiseleitung muß möglichst nahe am Kesselkörper ein Speiseventil (Rückschlagventil) angebracht sein, das bei Abstellung der Speisevorrichtungen durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird.

2. Die Speiseleitung muß möglichst so beschaffen sein, daß sich der Dampfkessel bei undichtem Rückschlagventil nicht durch die Speiseleitung entleeren kann. Haben Speisevorrichtungen gemeinschaftliche Sauge- oder Druckleitung, so muß jede Speisevorrichtung von der gemeinschaftlichen Leitung abschließbar sein. Übereinander liegende Verbundkessel mit getrennten Wasserräumen sowie Dampfkessel mit verschieden hohem Betriebsdrucke müssen je für sich gespeist werden können.

#### § 6.

##### Absperr- und Entleerungsvorrichtungen.

1. Jeder Dampfkessel muß mit einer Vorrichtung versehen sein, durch die er von der Dampfleitung abgesperrt werden kann. Wenn mehrere Kessel, die für verschiedene Dampfspannung genehmigt sind, ihre Dämpfe in gemeinschaftliche Dampfleitungen abgeben, so müssen die Anschlüsse der Kessel mit niedrigerem Drucke an die gemeinsame Dampfleitung unter Zwischenschaltung eines Rückschlagventils erfolgen. Durch die Anwendung von Druckminderventilen oder Druckreglern wird das Rückschlagventil nicht entbehrlich gemacht.

2. Jeder Dampfkessel muß zwischen dem Speiseventil und dem Kesselkörper eine Absperrvorrichtung erhalten, auch wenn das Speiseventil abschließbar ist.

3. Jeder Dampfkessel muß mit einer zuverlässigen Vorrichtung versehen werden, durch die er entleert werden kann.

4. Die Speiseabsperrvorrichtungen und die Entleerungsvorrichtungen müssen gegen die Einwirkung der Heizgase geschützt sein und ebenso wie alle anderen Absperrvorrichtungen (§ 5 Abs. 2, § 6 Abs. 1) so angebracht werden, daß der verantwortliche Wärter sie leicht bedienen kann.

#### § 7.

##### Wasserstandsvorrichtungen.

1. Jeder Dampfkessel muß mit mindestens zwei geeigneten Vorrichtungen zur Erkennung seines Wasserstandes versehen sein, von denen wenigstens die eine ein Wasserstandsglas sein muß. Schwimmer und Schmelzpfropfen sowie Spindelventile, die nicht durchstoßbar sind oder sich ganz herausdrehen lassen, sind als zweite Vorrichtung nicht zulässig. Die Vorrichtungen müssen gesonderte Verbindungen mit dem Innern des Kessels haben. Es ist jedoch gestattet, sie an einem gemeinschaftlichen Körper anzubringen, oder, falls zwei Wasserstandsgläser gesondert voneinander durch Rohre mit dem Kessel verbunden werden, die Dampfrohre durch eine gemeinsame Öffnung in den Kessel zu führen, wenn die Öffnung mindestens dem Gesamtquerschnitte beider Rohre gleich ist.

2. Werden die Wasserstandsvorrichtungen an einem gemeinschaftlichen Körper angebracht, so müssen dessen Verbindungen mit dem Wasser- und Dampftraume mindestens je 6000 qmm lichten Querschnitt haben. Werden die Wasserstandsvorrichtungen einzeln durch Rohre mit dem Kessel verbunden, so müssen die Verbindungsrohre ohne scharfe Krümmungen geführt sein, unter

Vermeidung von Wasser- und Dampfsäcken. Gerade, nach dem Kessel durchstoßbare Verbindungsrohre müssen mindestens 20 mm, gebogene Verbindungsrohre bei Kesseln bis zu 25 qm Heizfläche mindestens 35 mm, über 25 qm Heizfläche mindestens 45 mm lichten Durchmesser haben. Verbindungsrohre sind gegen die Einwirkung der Heizgase zu schützen. Gebogene Zuleitungsrohre im Innern des Kessels zum Anschluß an die Wasserstandsvorrichtungen sind nicht gestattet.

3. Die Lichtweiten der Wasserstandsgläser sowie die Bohrungen der Wasserstandsvorrichtungen müssen mindestens 8 mm betragen. Die Hähne und Ventile der Wasserstandsvorrichtungen müssen so eingerichtet sein, daß man während des Betriebs in gerader Richtung durch die Vorrichtungen hindurchstoßen kann. Wasserstandshahnköpfe müssen so ausgeführt sein, daß das Dichtungsmaterial nicht in das Glas gepreßt werden kann.

4. Alle Hahnkegel der Wasserstandsvorrichtungen müssen sich ganz durchdrehen lassen. Die Durchgangsrichtung muß bei allen Hähnen deutlich auf dem Hahnkopfe gekennzeichnet sein. Die Bohrung der Hahnkegel an Wasserstandsvorrichtungen muß so beschaffen sein, daß sich der Durchgangsquerschnitt beim Nachschleifen nicht vermindert.

5. Werden Probierröhne oder Probierventile als zweite Vorrichtung angewendet, so ist die unterste dieser Vorrichtungen in der Ebene des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes anzubringen. Die Höhenlage der Wasserstandsgläser ist so zu wählen, daß der höchste Punkt der Feuerzüge mindestens 30 mm unterhalb der unteren sichtbaren Begrenzung des Wasserstandsglases liegt. Dieses Erfordernis gilt nicht für Kessel, deren von den Heizgasen berührte Wandungen ausschließlich aus Wasserrohren von weniger als 100 mm Lichtweite oder aus solchen Rohren und den zu ihrer Verbindung angewendeten Rohrstücken bestehen.

6. Es müssen Einrichtungen für ständige, genügende Beleuchtung der Wasserstandsvorrichtungen während des Betriebs der Dampfkessel vorhanden sein. Die Wasserstandsvorrichtungen müssen im Gesichtskreise des für die Speisung verantwortlichen Wärters liegen und von seinem Standorte leicht zugänglich sein.

### § 8.

#### Wasserstandsmarke.

1. Der für den Dampfkessel festgesetzte niedrigste Wasserstand ist durch eine an der Kesselwandung anzubringende feste Strichmarke von etwa 30 mm Länge, die von den Buchstaben N. W. begrenzt wird, dauernd kenntlich zu machen. Die Strichmarke ist bei der Bauprüfung des Dampfkessels unter Berücksichtigung des dem Kessel bei der Aufstellung etwa zu gebenden Gefälls festzulegen. Ihre Höhenlage ist durch Angabe ihres Abstandes von einem jederzeit erreichbaren Kesselteil in der über die Abnahmeprüfung aufzunehmenden Bescheinigung dann zu sichern, wenn die Marke nicht sichtbar bleibt.

2. Werden die Wasserstandsvorrichtungen unmittelbar an der Kesselwandung angebracht, so ist neben oder hinter jedem Wasserstandsglas in Höhe der Strichmarke ein Schild mit der Bezeichnung „Niedrigster Wasserstand“ mit einem bis nahe an das Wasserstandsglas reichenden wagrechten Zeiger anzubringen. Werden die Wasserstandsvorrichtungen an besonderen Wasserstandskörpern oder Rohren befestigt, so ist mit diesen in Höhe der Strichmarke neben oder hinter jedem Wasserstandsglase das vorbezeichnete Schild mit dem Zeiger zu verbinden. Für Dampfkessel mit weniger als 25 qm Heizfläche kann, wenn es an Platz mangelt, die Bezeichnung „Niedrigster Wasserstand“ in N. W. abgekürzt werden. Die Schilder sind dauerhaft, aber weder mit den Schrauben der Armaturgegenstände noch an der Bekleidung zu befestigen.

### § 9.

#### Sicherheitsventil.

1. Jeder feststehende Dampfkessel ist mit wenigstens einem zuverlässigen Sicherheitsventil, jeder bewegliche Dampfkessel mindestens mit zwei solchen

Ventilen zu versehen. Die Sicherheitsventile müssen zugänglich und so beschaffen sein, daß sie jederzeit gelüftet und auf ihrem Sitze gedreht werden können. Bei Ventilen, die durch Hebel und Gewicht belastet werden, darf der auf jedes Ventil durch den Dampf ausgeübte Druck 600 kg nicht überschreiten. Die Belastungsgewichte der Ventile müssen je aus einem Stücke bestehen. Sind zwei Ventile vorgeschrieben, so muß ihre Belastung unabhängig voneinander erfolgen. Der Dampf darf den Ventilen nicht durch Rohre zugeführt werden, die innerhalb des Kessels liegen. Geschlossene Ventilgehäuse müssen in ihrem tiefsten Punkte mit einer nicht abschließbaren Entwässerungsvorrichtung versehen sein. Bei Hebelventilen ist die Stellung des Gewichts durch Splinte, bei Federventilen die Spannung der Federn durch Sperrhülsen oder feste Scheiben zu sichern.

2. Die Sicherheitsventile dürfen höchstens so belastet werden, daß sie bei Eintritt der für den Kessel festgesetzten Dampfspannung den Dampf entweichen lassen. Ihr Querschnitt muß bei normalem Betrieb imstande sein, so viel Dampf abzuführen, daß die festgesetzte Dampfspannung höchstens um  $\frac{1}{10}$  ihres Betrags überschritten wird. Sind zwei Sicherheitsventile vorgeschrieben oder bedingt die Größe des Kessels mehrere Ventile, so muß ihr Gesamtquerschnitt dieser Anforderung entsprechen. Änderungen in den Belastungsverhältnissen, die den Druck des Ventilkegels gegen den Sitz erhöhen, dürfen nur durch die amtlichen Sachverständigen vorgenommen werden. Über jede Änderung der bei der amtlichen Abnahme festgesetzten Belastung ist von dem dazu Berechtigten ein Vermerk in das Revisionsbuch (§ 19) aufzunehmen.

#### § 10.

##### Manometer.

Mit dem Dampftraume jedes Dampfkessels muß ein zuverlässiges, nach Atmosphären (§ 12) geteiltes Manometer verbunden sein. Dieser Bestimmung wird auch durch Anschluß des Manometers an den Dampftraum eines dem § 7 Abs. 2 entsprechenden besonderen Wasserstandskörpers genügt. An dem Zifferblatte des Manometers ist die festgesetzte höchste Dampfspannung durch eine unveränderliche, in die Augen fallende Marke zu bezeichnen. Das Manometer muß die Ablesung des bei der Druckprobe anzuwendenden Probedrucks (§§ 12 und 13) gestatten. Es muß so angebracht sein, daß es gegen die vom Kessel ausstrahlende Hitze möglichst geschützt ist und daß seine Angaben vom Kesselwärter jederzeit ohne Schwierigkeiten beobachtet werden können. Die Leitung zum Manometer muß mit einem Wassersacke versehen und zum Ausblasen eingerichtet sein.

#### § 11.

##### Fabrikschild.

1. An jedem Dampfkessel muß die festgesetzte höchste Dampfspannung, der Name und Wohnort des Fabrikanten, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung auf eine leicht erkennbare und dauerhafte Weise angegeben sein.

2. Diese Angaben sind auf einem metallenen Schilde (Fabrikschild) anzubringen, das mit versenkt vernieteten kupfernen Stiftschrauben so am Kessel befestigt werden muß, daß es auch nach der Ummantelung oder Einmauerung des letzteren sichtbar bleibt.

### IV. Prüfung.

#### § 12.

Bauprüfung, Druckprobe und Abnahme neu oder erneut zu genehmigender Dampfkessel.

1. Jeder neu oder erneut zu genehmigende Dampfkessel ist vor der Inbetriebnahme von einem zuständigen Sachverständigen einer Bauprüfung, einer Prüfung mit Wasserdruck und der nach § 24 Abs. 3 der Gewerbeordnung vorgeschriebenen Abnahmeprüfung zu unterziehen. Die Bauprüfung und Druck-



probe müssen vor der Einmauerung oder Ummantelung des Kessels ausgeführt werden; sie sind möglichst miteinander zu verbinden. Die Bauprüfung kann jedoch auf Antrag des Fabrikanten auch während der Herstellung des Dampfkessels vorgenommen werden. Bei neu zu genehmigenden Dampfkesseln kann, wenn seit der letzten inneren Untersuchung noch nicht zwei Jahre verflossen sind, nach dem Ermessen des Sachverständigen von der Durchführung dieser Bestimmungen insoweit abgesehen werden, als eine erneute Prüfung für die Erneuerung der Genehmigung nicht erforderlich ist.

2. Die Bauprüfung erstreckt sich auf die planmäßige Ausführung der Abmessungen, den Baustoff und die Beschaffenheit des Kesselkörpers. Bei ihrer Ausführung ist der Dampfkessel äußerlich und, soweit es seine Bauart gestattet, auch innerlich zu untersuchen. Vor Ausführung der Prüfung ist dem Sachverständigen bei neuen Dampfkesseln der Nachweis darüber zu erbringen, daß der zu den Wandungen des Kessels verwendete Baustoff nach Maßgabe der Anlage I geprüft worden ist. Über die Bauprüfung hat der Sachverständige ein Zeugnis nach Maßgabe der Anlage III auszustellen und mit diesem den Materialnachweis und — falls nicht eine bereits genehmigte Zeichnung vorgelegt wird — die den Abmessungen des Dampfkessels zugrunde gelegte Zeichnung zu verbinden. Vom Lieferer sind im letzteren Falle zwei Zeichnungen des Dampfkessels zur Verfügung des Sachverständigen zu halten. Bei erneut zu genehmigenden Dampfkesseln hat der Sachverständige in dem Zeugnis über die Bauprüfung zugleich ein Gutachten darüber abzugeben, mit welcher Dampfspannung der Kessel zum Betriebe geeignet erscheint.

3. Die Wasserdruckprobe erfolgt bei Dampfkesseln bis zu 10 Atmosphären Überdruck mit dem  $1\frac{1}{2}$ -fachen Betrage des beabsichtigten Überdrucks, mindestens aber mit 1 Atmosphäre Mehrdruck, bei Dampfkesseln über 10 Atmosphären Überdruck mit einem Drucke, der den beabsichtigten um 5 Atmosphären übersteigt. Die Kesselwandungen müssen während der ganzen Dauer der Untersuchung dem Probedrucke widerstehen, ohne undicht zu werden oder bleibende Formveränderungen aufzuweisen. Sie sind für undicht zu erachten, wenn das Wasser bei dem Probedruck in anderer Form als der von feinen Perlen durch die Fugen dringt. Über die Prüfung mit Wasserdruck hat der Sachverständige ein Zeugnis nach Maßgabe der Anlage IV auszustellen.

4. Unter dem Atmosphärendrucke wird der Druck von einem Kilogramm auf das Quadratcentimeter verstanden.

5. Nachdem die Bauprüfung und die Wasserdruckprobe mit befriedigendem Erfolge stattgefunden haben, sind die Niete des Fabrikschildes (§ 11) von dem zuständigen Sachverständigen mit dem amtlichen Stempel zu versehen, der in dem Prüfungszeugnis über die Wasserdruckprobe (siehe Anlage IV) abzudrucken ist. Einer Erneuerung des Stempels bedarf es bei alten, erneut zu genehmigenden Dampfkesseln nicht, wenn der alte Stempel noch gut erhalten ist und mit dem amtlichen Stempel des Sachverständigen übereinstimmt.

6. Die endgültige Abnahme der Dampfkesselanlage muß unter Dampf erfolgen. Dabei ist zu untersuchen, ob die Ausführung der Anlage den Bedingungen der erteilten Genehmigung entspricht. Nach dem befriedigenden Ausfalle dieser Untersuchung und der Behändigung der Abnahmebescheinigung (siehe Anlage V) oder einer Zwischenbescheinigung darf die Kesselanlage ohne weiteres in Betrieb genommen werden, soweit die baupolizeiliche Abnahme der etwa zur Kesselanlage gehörigen Baulichkeiten stattgefunden und zu keinen Bedenken Anlaß gegeben hat.

### § 13.

#### Druckproben nach Hauptausbesserungen.

1. Dampfkessel, die eine Hauptausbesserung erfahren haben, oder durch Wassermangel oder Brandschaden überhitzt worden sind, müssen vor der Wiederinbetriebnahme von einem zuständigen Sachverständigen einer Prüfung mit Wasserdruck in gleicher Höhe wie bei neu aufzustellenden Dampfkesseln unterzogen werden. Der völligen Bloßlegung des Kessels bedarf es in solchem Falle in der Regel nicht.

2. Von der Außerbetriebsetzung eines Dampfkessels zum Zwecke einer Hauptausbesserung des Kesselkörpers hat der Kesselbesitzer oder sein Stellvertreter der zur regelmäßigen Prüfung des Dampfkessels zuständigen Stelle Anzeige zu erstatten. Die gleiche Pflicht liegt dem Kesselbesitzer oder seinem Vertreter ob, wenn ein Dampfkessel durch Wassermangel oder Brandschaden überhitzt worden ist.

#### § 14.

##### Prüfungsmanometer.

1. Der bei der Prüfung ausgeübte Druck muß durch ein von dem zuständigen Sachverständigen amtlich geführtes Doppelmanometer festgestellt werden.

2. An jedem Dampfkessel muß sich in der Nähe des Manometers (§ 10) am Manometerrohr ein mit einem Dreiweghahn versehener Stutzen zur Anbringung des amtlichen Manometers befinden. Dieser Stutzen muß bei beweglichen Kesseln einen ovalen Flansch von 60 mm Länge und 25 mm Breite besitzen. Die Weite der Schlitzes zur Einlegung der Befestigungsschrauben und die Öffnung des Stutzens muß 7 mm, die Länge der Schlitzes 20 mm betragen.

### V. Aufstellung.

#### § 15.

##### Aufstellungsort.

1. Dampfkessel für mehr als 6 Atmosphären Überdruck und solche, bei denen das Produkt aus der Heizfläche (§ 3 Abs. 3) in Quadratmeter und der Dampfspannung in Atmosphären Überdruck für einen oder mehrere gleichzeitig im Betriebe befindliche Kessel zusammen mehr als 30 beträgt, dürfen unter Räumen, die häufig von Menschen betreten werden, nicht aufgestellt werden. Das gleiche gilt für die Aufstellung von Dampfkesseln über Räumen, die häufig von Menschen betreten werden, mit Ausnahme der Aufstellung über Kellerräumen. Innerhalb von Betriebsstätten und in besonderen Kesselräumen ist die Aufstellung solcher Dampfkessel unzulässig, wenn die Räume mit fester Wölbung oder fester Balkendecke versehen sind. Feste Konstruktionsteile über einem Teile des Kesselraums, die den Zwecken der Rostbeschickung dienen, sind nicht als feste Balkendecken anzusehen. Trockeneinrichtungen oberhalb des Dampfkessels sowie das Trocknen auf dem Kessel sind nicht zulässig. Bei eingemauerten Dampfkesseln, deren Plattform betreten wird, muß oberhalb derselben eine mittlere verkehrsfreie Höhe von mindestens 1800 mm vorhanden sein.

2. Dampfkessel, die in Bergwerken unterirdisch oder auf Kraftfahrzeugen aufgestellt werden, und solche, welche ausschließlich aus Wasserrohren von weniger als 100 mm Lichtweite oder aus derartigen Rohren und den zu ihrer Verbindung angewendeten Rohrstücken bestehen, unterliegen den vorstehenden Bestimmungen nicht, Dampfkessel letzterer Art auch dann nicht, wenn sie mit Schlammsammlern und mit Oberkesseln, die nur als Dampfsammler dienen, versehen sind. Auf Wasserkammerrohrkessel mit Rohren unter 100 mm Lichtweite finden die Bestimmungen des Abs. 1 dann keine Anwendung, wenn ihre Rohre nahtlos hergestellt sind, die Wandungen ihrer Oberkessel von den Heizgasen nicht berührt werden und ihr Dampfdruck 6 Atmosphären Überdruck nicht übersteigt.

#### § 16.

##### Kesselmauerung.

Zwischen dem Mauerwerke, das den Feuerraum und die Feuerzüge feststehender Dampfkessel einschließt, und den dieses umgebenden Wänden muß ein Zwischenraum von mindestens 80 mm verbleiben, der oben abgedeckt und an den Enden verschlossen werden darf. Die Feuerzüge müssen durch genügend weite Einfahröffnungen zugänglich und in der Regel so groß bemessen sein, daß sie befahrbar sind. Werden die Feuerzüge benachbarter Kessel durch eine gemeinsame Mauer getrennt, so ist diese mindestens 340 mm dick herzustellen. Das Kesselmauerwerk darf nicht zur Unterstützung von Gebäudeteilen benutzt werden.

## VI. Bewegliche Dampfkessel und Kleinkessel.

### § 17.

#### Bewegliche Dampfkessel.

Als bewegliche Dampfkessel gelten solche, deren Benutzung an wechselnden Betriebsstätten erfolgt. Als bewegliche Dampfkessel dürfen nur solche Dampfenwickler betrieben werden, zu deren Aufstellung und Inbetriebnahme die Herstellung von Mauerwerk, das den Kessel umgibt, nicht erforderlich ist.

### § 18.

#### Kleinkessel.

Kleinkessel, das sind Dampfenwickler, bei denen das Produkt aus der Heizfläche in Quadratmeter und der Dampfspannung in Atmosphären Überdruck die Zahl 2 nicht übersteigt, gelten hinsichtlich ihres Aufstellungsorts als bewegliche Kessel, auch wenn sie von Mauerwerk umgeben sind und an einem Betriebsorte zu dauernder Benutzung aufgestellt werden.

## VII. Allgemeine Bestimmungen.

### § 19.

#### Aufbewahrung der Kesselpapiere.

1. Zu jedem Dampfkessel gehören:

- a) Eine Ausfertigung der Urkunde über seine Genehmigung nach Maßgabe der Anlage VI nebst den zugehörigen Zeichnungen und Beschreibungen.

Mit der Urkunde sind die Bescheinigungen über die Bauprüfung, die Wasserdruckprobe und die Abnahme (§ 12) zu verbinden. Letztere Bescheinigung muß einen Vermerk über die zulässige Belastung der Sicherheitsventile enthalten. Gelangen in einer Anlage mehrere Dampfkessel von gleicher Größe, Form, Ausrüstung und Dampfspannung gleichzeitig zur Aufstellung, so ist für diese nur eine Urkunde erforderlich.

- b) Ein Revisionsbuch nach Maßgabe der Anlage VII, das die Angaben des Fabrikschildes (§ 11) enthält. Die Bescheinigungen über die im § 13 vorgeschriebenen Prüfungen und die periodischen Untersuchungen müssen in das Revisionsbuch eingetragen oder ihm derart beigefügt werden, daß sie nicht in Verlust geraten können.

2. Die Genehmigungsurkunde nebst den zugehörigen Anlagen oder beglaubigte Abschriften dieser Papiere, sowie das Revisionsbuch sind an der Betriebsstätte des Dampfkessels aufzubewahren und jedem zur Aufsicht zuständigen Beamten oder Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen. Auf die Dampfkessel von Kraftfahrzeugen und Feuerspritzen findet diese Bestimmung keine Anwendung, wenn ihr Betrieb den Polizeibehörden und den zuständigen Kesselsachverständigen ihres Heimatsortes angemeldet ist.

### § 20.

#### Entbindung von einzelnen Bestimmungen.

1. Bei Kleinkesseln (§ 18) ist es zulässig:

- a) von der Anbringung einer zweiten Speisevorrichtung,  
 b) von dem Speiseventil (Rückschlagventil),  
 c) von der Anbringung einer zweiten Wasserstandsvorrichtung abzusehen,  
 d) nur ein Sicherheitsventil anzuwenden, auch wenn der Kessel beweglich betrieben wird,  
 e) die Lichtweiten der Wasserstandsgläser und die Bohrungen der Wasserstandsvorrichtungen auf 6 mm zu ermäßigen.

2. Im übrigen sind die Zentralbehörden der einzelnen Bundesstaaten befugt, in einzelnen Fällen und für einzelne Kesselarten von der Beachtung der Bestimmungen der §§ 2 bis 19 und des § 21 zu entbinden.

§ 21.

Übergangsbestimmungen.

1. Bei Dampfkesseln, die zur Zeit des Inkrafttretens dieser Bestimmung auf Grund der bisher geltenden Vorschriften genehmigt sind, kann eine Abänderung ihres Baues, ihrer Ausrüstung oder Aufstellung nach Maßgabe dieser Bestimmungen so lange nicht gefordert werden, als sie einer erneuten Genehmigung nicht bedürfen.

2. Im übrigen finden die vorstehenden Bestimmungen für die Fälle der erneuten Genehmigung von Dampfkesseln mit der Maßgabe Anwendung, daß dabei von der Durchführung der Bestimmungen des § 2 Abs. 1 und 4 und des § 7 Abs. 5 zweiter Satz abgesehen werden kann. Bei der Genehmigung alter Dampfkessel, deren Materialbeschaffenheit nicht nachgewiesen wird, ist eine Festigkeit von höchstens 30 kg auf das Quadratmillimeter anzunehmen.

§ 22.

Schlußbestimmungen.

1. Die Bekanntmachung, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln vom 5. August 1890, wird aufgehoben, insoweit sie nicht für bestehende Dampfkesselanlagen Geltung behält.

2. Die Bestimmungen des § 21 Abs. 2 über die zulässige Materialbeanspruchung alter Dampfkessel treten sofort in Kraft. Im übrigen treten die vorstehenden Bestimmungen erst ein Jahr nach ihrer Veröffentlichung in Wirksamkeit. Dampfkessel, die bereits vor diesem Zeitpunkte nach den vorstehenden Bestimmungen gebaut und angelegt werden, sind nicht zu beanstanden.

**Sicherheitsvorschriften für bewegliche Dampfkessel (bewegliche Kraftmaschinen mit Dampferzeuger)<sup>1)</sup>.**

Erlassen von der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften.

§ 1.

I. Bei dem Betrieb beweglicher Dampfkessel außerhalb von Gebäuden sind nachstehende Entfernungen des Rauchrohrs und der zur Heizung dienenden Teile des Kessels einzuhalten:

- a) von Gebäuden mit feuersicheren Umfassungswänden und harter Dachung ohne Docken mindestens 1 m von der Traufkante, sofern die Gebäude keine leicht entzündlichen Gegenstände, mindestens 3 m von der Traufkante, sofern sie solche Gegenstände enthalten;
- b) von Gebäuden mit nicht feuersicheren Umfassungswänden oder mit weicher Dachung oder Dockendachung mindestens 5 m von der Traufkante;
- c) von Schobern, Mieten, Holzvorräten, Waldbeständen mindestens 5 m.

Die vorstehend angegebenen Entfernungen gelten bei Heizung der Kessel mit Koks, Steinkohle und Steinkohlenbriketts. Werden zur Feuerung Braunkohlen, Torf, Holz oder andere zum Funkenwerfen neigende Brennstoffe benutzt, so sind mindestens die doppelten Entfernungen einzuhalten.

<sup>1)</sup> Außer diesen für ganz Deutschland gültigen Vorschriften sind noch die polizeilichen Verordnungen der verschiedenen Bundesstaaten sowie die Unfallverhütungsvorschriften der verschiedenen Berufsgenossenschaften zu beachten.

II. Der Betrieb beweglicher Dampfkessel innerhalb von Gebäuden mit weicher Dachung oder Dockendachung oder in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt ist verboten.

III. In Anbauten von Gebäuden mit weicher Dachung oder Dockendachung oder in Räumen, die neben solchen mit leicht entzündlichem Inhalt liegen, ist der Betrieb beweglicher Dampfkessel nur gestattet, wenn nach Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt feuersichere oder mit feuersicherem Material vollständig bekleidete Wände und Decken vorhanden sind, die, abgesehen von Transmissionsdurchlässen, öfFnungslos sein müssen. Die Durchführung von Transmissionswellen durch solche Wände und Decken müssen feuersicher abgedichtet werden; Seile und Treibriemen, welche durch eine Wand oder Decke hindurchgeführt werden, sind mit Kästen aus nicht brennbarem Material zu umschließen, soweit sie in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt laufen. Die Wände des Aufstellungsraums nach Räumen ohne leicht entzündlichen Inhalt und nach außen sind mindestens auf 1,5 m über dem Fußboden feuersicher oder mit feuersicherem Material bekleidet herzustellen; Türen in diesen Wänden müssen mindestens auf 1,5 m über dem Fußboden aus Eisen oder Holz mit Eisenbeschlag, Fenster, mit Ausnahme solcher in Außenwänden, aus Drahtglas sein. Der Fußboden muß feuersicher sein.

IV. Der Schornstein beweglicher Dampfkessel, die innerhalb von Gebäuden betrieben werden, muß so hoch ins Freie geführt werden, daß seine Ausmündung bei weicher Dachung oder Dockendachung anstoßender Gebäude mindestens 5 m, bei harter Dachung mindestens 1,5 m über die Firsten der Dachflächen hinausragt. Brennbare Gegenstände müssen von metallenen Rauchröhren mindestens 0,5 m entfernt bleiben. Dieser Abstand kann bei der Durchführung durch das Dach auf 0,25 m ermäßigt werden, wenn der Ausschnitt im Dach eine Blechverkleidung erhält.

V. Auf freistehende provisorische Bretterschuppen zum Schutze beweglicher Dampfkessel finden sinngemäß die Bestimmungen des Absatzes IV Anwendung und die des Absatzes II dann Anwendung, wenn ihr Abstand von benachbarten Gebäuden mit leicht entzündlichem Inhalt oder weicher Dachung oder Dockendachung, von Schobern oder Mieten weniger als 5 m beträgt.

VI. Die Umgebung der beweglichen Dampfkessel ist beim Betrieb in einem Umkreise von mindestens 5 m von anderen als zur Heizung bestimmten, leicht entzündlichen Gegenständen frei zu halten, unbeschadet der Bestimmung im Absatz II, daß der Betrieb beweglicher Dampfkessel in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt verboten ist.

## § 2.

Jeder bewegliche mit festem Brennstoff geheizte Dampfkessel muß versehen sein mit einer wirksamen Einrichtung zur Vermeidung des Funkenauswurfs (z. B. Funkenfänger) und mit einem durch eine Klappe verschließbaren Aschenfall. Der Aschenkasten ist mit Wasser gefüllt zu halten. Neben dem beweglichen Dampfkessel muß ein mit Wasser gefülltes Gefäß vorhanden sein, in welches die Schlacken zu werfen sind.

## § 3.

Nach Beendigung oder bei zeitweiser Einstellung des Betriebs darf der Kessel nicht ohne Aufsicht gelassen werden, bevor nicht das Brennmaterial und die Asche erkaltet oder unter Vermeidung von Feuersgefahr gelöscht sind; das Herausziehen des Feuers ist verboten. Ebenso ist zu verfahren, wenn bewegliche Kessel nach Beendigung des Betriebes in das Innere von Gebäuden gebracht werden.

## § 4.

Wenn bewegliche Dampfkessel in der Nähe von Gebäuden mit weicher Dachung, von Schobern, Mieten, Waldbeständen oder anderen leicht entzündlichen Gegenständen betrieben werden, so muß bei starkem Winde der Betrieb unter Beachtung der Vorschriften des § 3 eingestellt werden, sobald eine Gefahr für die benachbarten Gebäude, Schober usw. durch Funkenflug vorhanden ist.

§ 5.

Als feuersichere Wände im Sinne dieser Vorschriften gelten neben massiven und Betonwänden Monier- und Rabitzwände, Gips- und Kunststeinplattenwände, sofern die Fugen dicht verstrichen sind, und Wellblechwände. Bekleidung aus solchem Material, mit Eisenblech oder mit Drahtputz gilt als feuersichere Bekleidung. Vorstehende Bestimmungen finden auf Decken und Fußböden sinngemäße Anwendung.

## 64. Behördliche und sonstige Vorschriften für Verbrennungsmaschinen-Anlagen.

### Bedingungen der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften<sup>1)</sup>.

**Sicherheitsvorschriften für stationäre Motoren, welche mit Benzin, Benzol, Gasolin, Ligroin, Naphtha oder anderen flüssigen Kohlenwasserstoffen betrieben werden, deren Entflammungspunkt unter dem des Reichstest-Petroleums liegt.**

Gültig für Motoren ohne Gaserzeuger.

1. Der Motor darf nur in einem Raume, in welchem keine leicht entzündlichen Gegenstände vorhanden sind, und zwar nur auf feuersicherer Unterlage aufgestellt sein. Wo diese Unterlage nicht mindestens 30 cm nach allen Richtungen über den Motor vorsteht, ist hölzerner Fußboden bis auf die genannte Entfernung mit Eisenblech zu bekleiden. Oberhalb des Motors müssen Holzwerk und brennbare Gegenstände mindestens 1 m, seitlich mindestens 30 cm entfernt sein. Der Motor und sein Brennstoffzuleitungsrohr müssen von geheizten Öfen und Ofenröhren mindestens 1 m entfernt bleiben.

2. Ist zur Inbetriebsetzung des Motors eine Vorwärmampe erforderlich, so darf im Motorraume nur das Tagesquantum an Brennstoff für diese Lampe, und zwar nur in einer explosions sicheren Handkanne aufbewahrt werden.

3. Der Brennstoffbehälter, d. i. das Gefäß, welches den zum unmittelbaren Betriebe des Motors erforderlichen Bedarf an Kohlenwasserstoff enthält, muß aus Eisen hergestellt und außerhalb des Motorraums im Freien oder in einem keinem anderen Zwecke dienenden, gut gelüfteten und nicht anders als durch Dampf oder Warmwasser geheizten Raume untergebracht sein, der nur durch elektrisches Glühlicht, durch Davysche Sicherheitslaternen oder durch außerhalb angebrachte, mit dichtschießender Glasscheibe abgetrennte Lichtquelle beleuchtet werden darf. Der Raum, in welchem der Brennstoffbehälter sich befindet, muß nach Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt feuersichere oder mit feuersicherem Material vollständig bekleidete Wände, die abgesehen von Transmissionsdurchlässen öfnungslos sein müssen, und ebensolche oder doch mit nicht brennbarem Material bekleidete öfnungslose Decke haben. Die Durchführung von Transmissionswellen oder Rohrleitungen durch solche Wände und Decken muß feuersicher abgedichtet werden; Seile und Treibriemen, welche durch eine Wand oder Decke durchgeführt werden, sind mit Kästen aus nicht brennbarem Material zu umschließen, soweit sie in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt laufen. Die Wände des Aufstellungsraums nach Räumen ohne leicht entzündlichen Inhalt und nach außen sind mindestens auf 1,5 m über dem Fußboden feuersicher oder mit feuersicherem Material bekleidet herzustellen; Türen in diesen Wänden müssen mindestens auf 1,5 m über dem Fußboden aus Eisen oder Holz mit Eisenbeschlag, Fenster, mit Ausnahme solcher in Außenwänden,

<sup>1)</sup> Außer diesen für ganz Deutschland gültigen Vorschriften sind noch die polizeilichen Verordnungen der verschiedenen Bundesstaaten, vor allem die den Verkehr mit Mineralölen betreffenden, sowie die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften zu beachten.

aus Drahtglas sein. Der Fußboden muß feuersicher sein. Hat der Motor elektrische oder Kompressionszündung und wird er ohne Vorwärmampe in Betrieb gesetzt, so kann der Brennstoffbehälter auch im Motorraume selbst untergebracht werden, falls letzterer den vorstehend für Brennstoffbehälterräume gegebenen Vorschriften entspricht.

4. Das Auspuffrohr muß in feuersicherer Weise vom Motor abgeleitet und vom Brennstoffzuleitungsrohre in sicherer Entfernung gehalten werden.

5a. Das Füllen des Brennstoffbehälters darf nur mittels geschlossener Rohrleitung unter Benutzung von vollständig dichten Pumpen oder flammenstickender gepreßter Gase (z. B. Kohlensäure) aus einem eisernen Behälter erfolgen, welcher im Brennstoffbehälterraum, in einem feuersicher abgetrennten Raum oder im Freien zu lagern ist, sonst nur mittels explosions sicherer Handkannen.

5b. Der sonstige Vorrat an Kohlenwasserstoff darf 500 kg nicht übersteigen und muß in schmiedeeisernen Fässern aufbewahrt werden, welche in besonderem, feuersicher abgetrennten, entweder gar nicht oder den vorstehend unter Punkt 3 gegebenen Vorschriften entsprechend beleuchteten, gut gelüfteten Raume oder im Freien in einer gemauerten, mit Eisendeckel abgedeckten Grube zu lagern sind. Abweichungen bedürfen besonderer Vereinbarung.

6. Als feuersichere Wände im Sinne dieser Vorschrift gelten neben massiven und Betonwänden Monier- und Rabitzwände, Gips- und Kunststeinplattenwände, sofern die Fugen dicht verstrichen sind. Bekleidung mit solchem Material, mit Eisenblech oder mit Drahtputz gilt als feuersichere Bekleidung. Vorstehende Bestimmungen finden auf Decken und Fußböden sinngemäße Anwendung.

#### **Sicherheitsvorschriften für stationäre Motoren, welche mit Petroleum oder flüssigen Kohlenwasserstoffen betrieben werden, deren Entflammungspunkt über dem des Reichstest-Petroleums liegt.**

1. Der Motor darf nur mit Reichstest-Petroleum oder mit einem Brennstoff, dessen Entflammungspunkt über dem des Reichstest-Petroleums liegt, gespeist werden.

2. Der Motor darf nur in einem Raume, in welchem keine leicht entzündlichen Gegenstände vorhanden sind, und zwar nur auf feuersicherer Unterlage aufgestellt sein. Wo diese Unterlage nicht mindestens 30 cm rings um den Fuß des Motors vorsteht, ist hölzerner Fußboden bis auf die genannte Entfernung mit Eisenblech zu bekleiden. Oberhalb des Motors müssen Holzwerk und brennbare Gegenstände mindestens 1 m, seitlich mindestens 30 cm entfernt bleiben.

3. Der Motor und die den Brennstoff enthaltenden Gefäße müssen von geheizten Öfen und Ofenröhren mindestens 1 m entfernt bleiben.

4. Das Auspuffrohr muß in feuersicherer Weise vom Motor abgeleitet werden.

5. Der Vorrat an Brennstoff darf 500 kg nicht übersteigen und muß in einem entweder gar nicht oder nur durch elektrisches Glühlicht, durch Davysche Sicherheitslaternen oder durch außerhalb angebrachte, mit dichtschießender Glasscheibe abgetrennte Lichtquelle beleuchteten Raume oder im Freien in einer gemauerten, mit Eisendeckel abgedeckten Grube lagern. Abweichungen bedürfen besonderer Vereinbarung.

#### **Sicherheitsvorschriften für Sauggeneratorgasanlagen zum Betriebe von Gasmotoren.**

1. Der Gaserzeugungsapparat (Generator nebst Reinigungsapparaten und — wo vorhanden — Gaskessel) muß in einem gut ventilierten und mit feuersicherem Fußboden versehenen Raume, in welchem keine leicht entzündlichen Gegenstände vorhanden sind, aufgestellt sein.

2. Der Motor darf, falls er sich nicht zusammen mit dem Gaserzeugungsapparat in dem gleichen Raume befindet, nur in einem weder zur Lagerung noch zur Verarbeitung leicht entzündlicher Gegenstände dienenden Raum, und zwar nur auf feuersicherer Unterlage aufgestellt sein. Wo diese Unterlage nicht mindestens 30 cm nach allen Richtungen über den Motor vorsteht, ist hölzerner Fußboden bis auf die genannte Entfernung mit Eisenblech zu bekleiden.

Der Motor muß elektrische oder Kompressionszündung besitzen.

3. Holzwerk sowie sonstige brennbare Gegenstände müssen oberhalb des Generators mindestens 1 m und seitlich mindestens 30 cm ferngehalten werden. Wo diese Entfernungen nicht innegehalten werden können, müssen Schutzvorrichtungen durch freihängende oder stehende starke Eisenbleche angebracht werden.

4. Das Auspuffrohr des Motors, das Abzugsrohr und — wo vorhanden — das Entlüftungsrohr müssen in feuersicherer Weise von der Anlage abgeleitet und ebenso durch Wände, Decken und Dächer geführt sein.

5. Während der Betriebspausen ist die Verbindung zwischen Generator und Reinigungsapparaten zu schließen und dagegen diejenige zwischen Generator und Abzugsrohr herzustellen, so daß die Verbrennungsprodukte ins Freie geleitet werden.

6. Reinigungsarbeiten an den Gas enthaltenden Apparaten und Rohrleitungen dürfen nur bei Tageslicht, bei Außenbeleuchtung oder bei Innenbeleuchtung durch elektrisches Glühlicht oder Davysche Sicherheitslaternen und auch dann erst vorgenommen werden, wenn:

- a) der Generator, sofern er noch glühende Kohlen enthält, in der unter Ziffer 5 vorgeschriebenen Weise von den Reinigungsapparaten abgesperrt und mit dem Abzugsrohre (Kaminleitung) in Verbindung gebracht worden ist;
- b) das Gas aus allen Apparaten und Leitungen mittels eines Ventilators oder durch den auslaufenden Motor vollständig entfernt worden ist;
- c) im Falle der Entfernung des Gases durch den auslaufenden Motor der Motor zuvor entlastet und eine Öffnung an demjenigen Teil der Anlage, welcher sich dem Generator zunächst befindet (Kühler, Skrubber bzw. Reiniger), für den Eintritt der Luft freigegeben worden ist.

7. Beim Entschlacken und Entleeren des Generators sind die glühenden Schlacken und Aschenteile sofort abzulöschen und in eisernen Gefäßen oder Schiebkarren alsbald aus den Gebäuden zu entfernen und mindestens 4 m von massiven und mindestens 8 m von nicht massiven Gebäuden entfernt im Freien oder in ausgemauerten, mit eisernen Deckplatten versehenen Gruben oder sonstigen feuersicher abgeschlossenen Räumen zu lagern. Bei zweimaliger Ablöschung der Schlacken ermäßigen sich die angegebenen Entfernungen auf die Hälfte.

### **Sicherheitsvorschriften für bewegliche Explosionsmotoren (bewegliche Kraftmaschinen mit Explosionsmotoren).**

#### **§ 1.**

I. Bei dem Betrieb beweglicher Explosionsmotoren außerhalb von Gebäuden muß das Auspuffrohr von Motoren mit elektrischer oder Kompressionszündung

von Schobern, Mieten, Waldbeständen und anderen leicht entzündlichen Gegenständen oder von der Traufkante von Gebäuden mit weicher Dachung oder Dockendachung mindestens 3 m entfernt bleiben.

Werden die Motoren mit leichten Kohlenwasserstoffen (mit einem Entflammungspunkt unter 21 Grad Celsius, Benzol, Gasolin, Benzin, Ligroin, Naphtha) mit offener Zündung oder mit Glührohr betrieben, so ist mindestens der doppelte Abstand einzuhalten.



II. Der Betrieb beweglicher Explosionsmotoren innerhalb von Gebäuden unterliegt nachstehenden Beschränkungen:

1. Der Motor darf nur in einem keinen anderen Zwecken dienenden, gut gelüfteten und nicht anders als durch Dampf oder Warmwasser geheizten Raum ohne leicht entzündlichen Inhalt aufgestellt werden. Der Aufstellungsraum muß nach Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt feuersichere oder mit feuersicherem Material vollständig bekleidete Wände, die, abgesehen von Transmissionsdurchlässen, öfFnungslos sein müssen und ebensolche oder doch mit nicht brennbarem Material bekleidete öfFnungslose Decke haben. Die Durchführung von Transmissionswellen und Rohrleitungen durch eine solche Wand oder Decke muß feuersicher abgedichtet werden; Seile und Treibriemen, welche durch eine Wand oder Decke durchgeführt werden, sind mit Kästen aus nicht brennbarem Material zu umschließen, soweit sie in Räumen mit leicht entzündlichem Inhalt laufen. Die Wände des Aufstellungsraumes nach Räumen ohne leicht entzündlichen Inhalt und nach außen sind mindestens auf 1,5 m über dem Fußboden feuersicher oder mit feuersicherem Material bekleidet herzustellen; Türen in diesen Wänden müssen mindestens auf 1,5 m über dem Fußboden aus Eisen oder Holz mit Eisenbeschlag, Fenster, abgesehen von solchen in Außenwänden, aus Drahtglas sein. Der Fußboden muß feuersicher sein. Der Motorraum darf nur durch elektrisches Glühlicht, durch Davysche Sicherheitslaternen oder durch außerhalb angebrachte, mit dichtschießender Glasscheibe abgetrennte Lichtquelle beleuchtet werden.
2. Kann das Auspuffrohr nicht in einen vorhandenen, anderen Zwecken nicht dienenden massiven Schornstein eingeführt werden, so muß es aus dem Gebäude herausgeleitet werden. Brennbare Gegenstände müssen dabei von dem Rohr mindestens 0,5 m und von seiner Mündung mindestens 1 m entfernt gehalten werden. Ersterer Abstand kann bei seiner Durchführung durch das Gebäude auf 0,25 m ermäßigt werden, wenn der Ausschnitt eine Blechverkleidung erhält.

III. Die Umgebung der Motoren ist beim Betrieb im Umkreise von mindestens 3 m von leicht entzündlichen Gegenständen frei zu halten, unbeschadet der Bestimmung im Absatz II, daß im Motorenraum leicht entzündliche Gegenstände nicht vorhanden sein dürfen.

### § 2.

I. Die Behälter für flüssige Brennstoffe an den Motoren müssen so angebracht sein, daß eine gefährliche Erwärmung der Flüssigkeiten selbst bei andauerndem Betrieb ausgeschlossen ist. Die Behälter sind aus widerstandsfähigem Metall herzustellen und müssen einen explosions sicheren Verschuß erhalten, der beim Füllen nicht entfernt zu werden braucht und nur entfernt werden darf, wenn der Motor außer Betrieb ist. Gläserne Flüssigkeitsstand-Anzeiger sind gegen Verletzung sorgfältig zu schützen und absperrbar einzurichten.

II. Die Motoren müssen mit elektrischer oder Kompressionszündung versehen sein. Glührohrzündung ist nur bei Spiritus- und Petroleummotoren gestattet, wobei um die Flamme und das Glührohr ein Eisengehäuse anzubringen ist, dessen ÖfFnungen mit engmaschigem Drahtgeflecht abzuschließen sind.

III. Das Anlaßgefäß von beweglichen Spiritusmotoren darf nicht mehr als 1,5 ltr Flüssigkeit fassen.

### § 3.

I. Das Füllen der Behälter für flüssige Brennstoffe an den Motoren darf nur mittels explosions sicheren Handkannen von höchstens 20 ltr Inhalt oder mittels geschlossener Rohrleitung unter Benutzung von vollständig dichten Pumpen oder flammenstickender gepreßter Gase (z. B. Kohlensäure) erfolgen. Ein für die Füllung des Motorbehälters benutztes Brennstoff-Vorratsfaß muß

mindestens 3 m vom Motor im Motorenraum oder in einem besonderen feuersicher abgetrennten Raum oder im Freien lagern. Das Füllen der Behälter darf nur beim Stillstand der Motoren und nur bei Tageslicht, Außenbeleuchtung des Raumes, bei elektrischem Glühlicht oder bei Davyschen Sicherheitslaternen vorgenommen werden.

II. Bei Ausbesserungsarbeiten an Motoren mit elektrischer Zündung sind die Leitungsdrähte aus den Klemmen zu lösen.

III. Bewegliche Motoren mit Vergasern, die durch offene Flammen geheizt werden, dürfen in der Nähe leicht entzündlicher Gegenstände nicht angelassen werden.

#### § 4.

I. Auf dem Motor darf nicht mehr als eine Brennstoffmenge von 200 kg geführt werden.

II. Das sonstige Lager an Brennstoff darf 500 kg nicht übersteigen. Petroleum muß in einem nicht mit offenem Licht zu betretenden Raum oder im Freien mindestens 10 m von Gebäuden und leicht entzündlichen Gegenständen gelagert werden. Leichte Kohlenwasserstoffe müssen in eisernen Behältern aufbewahrt werden, die in einem besonderen feuersicher abgetrennten Raum, der nur nach den Bestimmungen im Absatz II des § 1 beleuchtet werden darf, oder im Freien in einer gemauerten, mit eisernem Deckel abgedeckten, von Gebäuden und leicht entzündlichen Gegenständen mindestens 10 m entfernten Grube zu verwahren sind. Abweichungen von diesen Bestimmungen bedürfen der besonderen Vereinbarung.

#### § 5.

Als feuersichere Wände im Sinne dieser Vorschriften gelten neben massiven und Betonwänden Monier- und Rabitzwände, Gips- und Kunststeinplatten, sofern die Fugen dicht verstrichen sind, und Wellblechwände. Bekleidung mit solchem Material, mit Eisenblech oder mit Drahtputz gilt als feuersichere Bekleidung. Vorstehende Bestimmungen finden auf Decken und Fußböden sinngemäße Anwendung.

### **Polizeiverordnung über den Verkehr mit Mineralölen<sup>1)</sup>.**

#### § 1.

Die gegenwärtige Polizeiverordnung findet Anwendung auf Rohpetroleum und dessen Destillationsprodukte (leichtsiedende Öle, Leuchtöle und leichte Schmieröle), aus Braunkohlenteer oder Steinkohlenteer bereitete flüssige Kohlenwasserstoffe (Photogen, Solaröl, Benzol usw.) und Schieferöle.

#### § 2.

Die im § 1 aufgeführten Flüssigkeiten werden, wenn sie bei einem Barometerstande von 760 mm bei einer Erwärmung auf weniger als 21 Grade des hundertteiligen Thermometers entflammbare Dämpfe entwickeln, zur Klasse I, wenn sie solche bei einer Erwärmung von 21 bis 65 Graden entwickeln, zur Klasse II, von 65 bis zu 140 Graden entwickeln, zur Klasse III gerechnet. Öle mit höherem Entflammungspunkt sind den Bestimmungen dieser Verordnung nicht unterworfen.

#### I. Abschnitt.

#### **Vorschriften für Klasse I<sup>2)</sup>.**

#### § 3.

I. In den zum dauernden Aufenthalt und in den zum regelmäßigen Verkehr von Menschen bestimmten Räumen, insbesondere in Wohnräumen, Schlaf-

<sup>1)</sup> Gültig seit 1. April 1906 für das Königreich Preußen. In den übrigen Bundesstaaten sind ähnliche Verordnungen erlassen.

<sup>2)</sup> z. B. Benzin.

räumen, Küchen, Korridoren, Treppenhäusern und Kontoren, in Gast- und Schankwirtschaften dürfen, sofern nicht im nachstehenden etwas anderes bestimmt ist, nicht mehr als insgesamt 15 kg der Flüssigkeiten aufbewahrt werden.

II. Die Aufbewahrung darf in den im Absatz I genannten Räumen nur in geschlossenen Gefäßen erfolgen. Gefäße zur Aufbewahrung größerer Mengen als 2 kg müssen aus verzinnem, verzinktem oder verbleitem Blech hergestellt sein; ihre Öffnungen sind durch sicher mit dem Gefäß verbundene, haltbare Einsätze (feinmaschige Drahtnetze oder andere, gleich wirksame Mittel) gegen das Hindurchschlagen von Flammen zu sichern. Die Nähte der Gefäße müssen, sofern sie nicht durch Nietung, Hartlötung oder Schweißung hergestellt sind, doppelt gefalzt und gelötet sein. Dicht verschlossene Gefäße müssen ein Sicherheitsventil (Federventil, Schmelzplatte) haben, das bei Erhitzung der Gefäße eine schädliche Dampfspannung verhütet. Das Umfüllen von einem Gefäß in ein anderes darf nur bei Tageslicht, bei Außenbeleuchtung, bei elektrischem Glühlicht oder unter Benutzung von elektrischen oder Davyschen Sicherheitslampen erfolgen.

#### § 4.

I. In den Verkaufs- und sonstigen Geschäftsräumen der Kleinhändler dürfen insgesamt 30 kg der Flüssigkeiten aufbewahrt werden, wenn diese Räume in keiner Verbindung mit Räumen der im § 3 Absatz I gedachten Art stehen oder von ihnen rauch- und feuersicher abgeschlossen sind, jedoch dürfen Verkaufs- oder sonstige zur Aufbewahrung von Flüssigkeiten dieser Klasse dienende Geschäftsräume mit Kontoren in Verbindung stehen, wenn sie zusammen von den übrigen im § 3 Absatz I genannten Räumen rauch- und feuersicher abgeschlossen sind.

Werden vorstehende Bestimmungen nicht erfüllt, so sind die Lagermengen in den Verkaufs- und sonstigen Geschäftsräumen der Kleinhändler gemäß § 3 Abs. I zu beschränken.

II. Hinsichtlich der Aufbewahrung und des Umfüllens gelten die Vorschriften der §§ 3 Absatz II und 13 Absatz II.

#### § 5.

I. Mengen von mehr als 30 kg, aber nicht mehr als 300 kg dürfen nur nach vorausgegangener Anzeige an die Ortspolizeibehörde gelagert werden.

II. Sie dürfen in Kellern oder zur ebenen Erde gelegenen Räumen, die durch massive Wände und Decken von allen übrigen Räumen geschieden sind, keine Abflüsse nach außen (Straßen, Höfen usw.), keine Heizvorrichtungen und Schornsteinöffnungen und reichliche Lüftung haben, gelagert werden, sofern die Aufbewahrung in eisernen Fässern oder in hart gelöteten oder genieteten Metallgefäßen mit luftdichtem Verschuß unter Beachtung der Bestimmungen im § 13 Absatz II erfolgt.

Kellerräume, die eine unmittelbare Verbindung mit solchen Treppenhäusern besitzen, welche den einzigen Zugang zu höher liegenden, zum regelmäßigen Aufenthalt oder zum Verkehr von Menschen bestimmten Räumen bilden, sowie Kellerräume, die zum Lagern von Zündwaren oder Explosivstoffen dienen, dürfen zur Lagerung nicht benützt werden. Der zur Lagerung dienende Teil der Räume muß mit einer aus undurchlässigem und feuersicherem Baustoff hergestellten Sohle und Umwehrung von solcher Höhe umgeben sein, daß der Raum innerhalb der Umwehrung die aufbewahrten Flüssigkeiten vollständig aufzunehmen vermag. Die Türen der Lagerräume müssen nach außen aufschlagen und rauch- und feuersicher sein.

III. Das Umfüllen der Flüssigkeiten in solchen Lagerräumen darf nur mittels Hahn oder Pumpe bei Tageslicht, bei Beleuchtung durch unter Luftabschluß brennende Glühlampen mit dichtschießenden Überglocken, die auch die Fassung einschließen, oder bei dicht von dem Raume abgeschlossener Außenbeleuchtung erfolgen. Schalter und Widerstände dürfen in dem Raume nicht vorhanden sein. Das Anzünden von Feuer oder Licht, sowie das Rau-

chen in dem Lagerraum ist untersagt. Diese Vorschrift ist an den Eingangstüren zum Lagerraum in augenfälliger, dauerhafter Weise anzubringen.

IV. Die Lagerung der Flüssigkeiten in anderen als in den in Abs. II bezeichneten Umschließungen ist nur im Freien oder in besonderen Schuppen, die auf eingefriedigten Grundstücken errichtet werden, gestattet. Bei der Lagerung im Freien muß das Fortfließen der Flüssigkeiten durch Tieferlegung der Sohle oder durch eine aus feuersicherem Baustoff hergestellte Umwehrung verhindert werden. Auf die Schuppen finden die Vorschriften der Absätze II und III dieses Paragraphen sinngemäß Anwendung.

Das Betreten der Lagerstätte durch Unbefugte muß in augenfälliger Weise durch Anschlag verboten, Lagergefäße im Freien müssen vor mutwilliger Beschädigung durch Vorübergehende geschützt sein.

#### § 6.

I. Mengen von mehr als 300 kg, aber nicht mehr als 2000 kg bei beliebiger Umschließung oder von nicht mehr als 50 000 kg bei Aufbewahrung in Tanks dürfen nur mit Erlaubnis der Ortspolizeibehörde gelagert werden. Diese Erlaubnis ist je nach der Menge der zu lagernden Flüssigkeiten und der örtlichen Beschaffenheit der Lagerstätte an die Bedingung der Freilassung einer Schutzzone von 20 bis 30 m zu knüpfen.

Im übrigen sind die nach den örtlichen Verhältnissen notwendigen Vorschriften in sinngemäßer Anwendung der Bestimmungen des § 7 festzusetzen.

II. Falls besondere Umstände es als angängig erscheinen lassen<sup>1)</sup>, kann die Lagerung von Mengen bis zu 2000 kg ausnahmsweise nach den Bestimmungen des § 5 Absatz II, III und IV gestattet werden, sofern die Aufbewahrung der Flüssigkeiten in eisernen Fässern oder in Metallgefäßen mit Sicherheitsverschluß (s. § 3 Abs. II) erfolgt und sich über dem Lagerraum keine zum Aufenthalt oder Verkehr von Menschen bestimmten Räume befinden.

#### § 7.

Mengen von mehr als 2000 kg bei beliebiger Umschließung oder von mehr als 50 000 kg in Tanks dürfen nur auf besonderen Lagerhöfen und nur mit Erlaubnis der Landespolizeibehörde gelagert werden. Diese Erlaubnis ist, falls nicht besondere Umstände einzelne Abweichungen als zulässig erscheinen lassen, an die nachstehenden Bedingungen zu knüpfen:

a) Mengen über 50 000 kg dürfen nur in Tanks aufbewahrt werden.

b) Der zur Aufbewahrung der Flüssigkeiten benutzte Teil des Lagerhofes muß entweder tiefer als das umliegende Gelände angelegt oder mit einem kräftigen, rasenbelegten Erdwall von mindestens 0,5 m Kronenbreite umgeben werden. Der durch die Tieferlegung der Lagersohle oder durch die Umwallung gebildete Raum muß dreiviertel der größten zu lagernden Menge an Flüssigkeiten aufzunehmen imstande und auf allen Seiten mit einer Schutzzone von 50 m Breite umgeben sein. Sofern die Schutzzone nicht auf dem eigenen Gelände des Betriebsunternehmers liegt, hat letzterer nachzuweisen, daß die Bebauung des außerhalb seines Geländes liegenden Teils für die Dauer des Bestehens des Lagerhofes durch rechtsgültige Verträge oder in anderer Weise (Flüsse, Kanäle oder dergl.) ausgeschlossen ist.

---

<sup>1)</sup> Als solche Umstände können die Fälle angesehen werden, in denen in den Lagerräumen kein offenes Umfüllen stattfindet, die Flüssigkeiten vielmehr in Gebinden mit der Umschließung abgegeben werden, oder in denen das Umfüllen oder die Beförderung der Flüssigkeit in den Verkaufsraum mittels gepreßter flammensticker Gase (z. B. Kohlensäure) erfolgt. (Erlaß der Herren Minister für Handel und Gewerbe und des Innern vom 29. Mai 1905.)

Für die Vorratsgefäße greifen aber dafür bei den nach § 6 Abs. II zu gewährenden Ausnahmen die im Vergleich zu § 5 Abs. II schärferen Bestimmungen des § 3 Abs. II über Sicherheitsverschlüsse Platz.

Als Lagerhof gilt der Raum zwischen den äußeren oberen Böschungskanten der die Lagerstätte bildenden Erdgrube oder Umwallung einschließlich der Schutzzone.

Die Erdwälle dürfen weder durch Ausgänge noch durch Auslässe für die Tagewässer unterbrochen werden. Übergänge über die Umwallung müssen feuersicher hergestellt werden.

c) Werden zur Aufbewahrung der Flüssigkeiten innerhalb des vertieft angelegten oder umwallten Teils des Lagerhofs Schuppen benutzt, so müssen dieselben, soweit sie nach den baupolizeilichen Vorschriften aus Holz erbaut werden dürfen, außen mit guter Dachpappe bekleidet, ferner mit feuersicherer Bedachung, ordnungsmäßig angelegten und zu unterhaltenden Blitzableitern und mit genügenden Lüftungseinrichtungen versehen werden. Die Fenster der Schuppen sind durch Drahtgitter zu sichern oder mit Drahtglas zu verglasen.

Tanks müssen vor ihrer Benutzung durch Füllen mit Wasser auf ihre Dichtigkeit geprüft werden<sup>1)</sup> und sind mit ordnungsmäßig anzulegenden und zu unterhaltenden Blitzableitern zu versehen, die, falls die Tanks aus Eisen bestehen, mit den Eisenmassen der Tanks zu verbinden sind. Am höchsten Punkte jedes Tanks ist ein bei freistehenden Tanks nach unten führendes eisernes Lüftungsrohr von angemessener Weite anzubringen, das in solcher Entfernung von der Erdoberfläche ausmünden muß, daß die aus dem Rohr entweichenden Gase nicht durch Unvorsichtigkeit entzündet werden können. Innerhalb des Rohrs sind, gleichmäßig verteilt, mindestens drei engmaschige Drahtnetze aus Kupfer oder einem anderen nicht rostenden Metall so anzubringen, daß sie leicht nachgesehen und erneuert werden können.

d) In der Schutzzone des Lagerhofes dürfen weder Bauwerke errichtet noch Fässer aus brennbarem Material gelagert werden. Dagegen dürfen Abfüllschuppen, Wiege- und Pumpenhäuser, letztere auch, wenn sie mit Benzin-, Petroleum- oder Gasmotoren ausgerüstet sind, unter denselben Bedingungen wie Lagerschuppen innerhalb des umwallten Teils des Lagerhofs angelegt werden, Reparatur- und Böttcherhaus, Wiege- und Pumpenhaus auch außerhalb der Umwallung, sofern die Schutzzone von diesen Häusern abgerechnet wird.

Außerhalb des Lagerhofes sind alle den Zwecken desselben dienliche Anlagen, insbesondere auch Dampfkesselanlagen und Gebäude mit folgenden Einschränkungen gestattet:

1. Sofern auf dem außerhalb des Lagerhofs von seinen Nebenanlagen in Anspruch genommenen Gelände eine Wohnung für einen die Aufsicht über den Lagerhof führenden Angestellten, z. B. für einen besonderen Wächter, angelegt werden soll, so muß der Hofraum derselben durch eine 2 m hohe Mauer von den übrigen Gebäuden abgetrennt werden. Der Hofraum oder die Wohnung müssen einen Ausgang unmittelbar ins Freie besitzen. Die Bestimmungen der Ziffer e dieses Paragraphen treten für dieses Gebäude bei genauer Beachtung der von der Landespolizeibehörde in jedem solchen Falle besonders vorzuschreibenden Sicherheitsmaßregeln außer Kraft.

2. Abfüllschuppen außerhalb des Lagerhofs müssen mit massiven, nicht durch Öffnungen unterbrochenen Umfassungsmauern von solcher Höhe oder mit so vertiefter Sohle ausgeführt werden, daß die in Schuppen befindlichen Flüssigkeiten nicht nach außen ablaufen können. Welche Mengen abgefüllter Flüssigkeiten sich jeweilig in Abfüllschuppen befinden dürfen, setzt die Landespolizeibehörde bei Erteilung der Erlaubnis fest. Außerdem bleibt es der Landespolizeibehörde überlassen, wegen einer Zufahrt für Löscheräte Bestimmung zu treffen.

<sup>1)</sup> Und zwar etwa 8 bis 10 Tage lang. Bei der landespolizeilichen Genehmigung neuer Petroleumtanks ist diese Forderung allgemein zu stellen und ferner der Vorbehalt zu machen, daß die Genehmigung erlischt, wenn die Anlage länger als 6 Monate außer Betrieb gewesen ist. (Erlass der Herren Minister der öffentlichen Arbeiten und für Handel und Gewerbe vom 10. Januar 1906.)

e) Auf dem von dem Lagerhof und seinen Nebenanlagen in Anspruch genommenen Gelände darf nur bei Tageslicht oder elektrischer Beleuchtung, in den Schuppen auch bei Außenbeleuchtung mit zuverlässigen, polizeilich geprüften Lampen gearbeitet werden. Das Anzünden der letzteren muß außerhalb des Lagerhofes erfolgen. Die Fenster, an denen Außenbeleuchtung angebracht ist, dürfen nicht zu öffnen sein. Bogenlicht darf nur im Freien unter Verwendung unten dicht abgeschlossener Glocken, elektrisches Glühlicht gemäß § 5 Abs. III innerhalb von Räumen nur bei Anwendung kräftiger Schutzglocken benutzt werden. Die elektrischen Beleuchtungs- und die Blitzableiteranlagen sind vor der Inbetriebnahme und je in Jahresfrist durch einen polizeilich anerkannten Sachverständigen auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen.

Feuer oder offenes Licht darf innerhalb des Lagerhofes, außer wo solches durch diese Verordnung ausdrücklich gestattet ist, nicht brennen, auch darf dasselbst nicht geraucht werden. Das Einbringen von Zündwaren in den Lagerhof ist untersagt. Diese Vorschriften sind an allen Zugängen zu dem vom Lagerhof und seinen Nebenanlagen in Anspruch genommenen Gelände in augenfälliger Weise durch dauerhafte Anschläge bekannt zu machen.

f) Die zur Aufbewahrung der Flüssigkeiten dienenden Erdgruben, Schuppen oder Tanks dürfen nur dann unmittelbar in oder auf gewachsenem Boden angelegt werden, wenn dieser hinreichende Undurchlässigkeit und Tragfähigkeit besitzt. Sind diese nicht vorhanden, so müssen mindestens die Sohle des umwallten oder vertieften Lagerhofes, des Faßlagers und der Abfüllschuppen aus undurchlässigem Material hergestellt und Tanks hinreichend fundamentiert werden. Ergeben sich später Tatsachen, die auf eine Verunreinigung des Bodens oder Grundwassers außerhalb des Lagerhofes durch die auf demselben und in den Nebenanlagen desselben gelagerten Fässer und Flüssigkeiten schließen lassen, so ist der Betriebsunternehmer auf Erfordern der örtlichen Polizeibehörde gehalten, diesen Übelständen abzuhelpfen.

g) Werden zur Lagerung Tanks benutzt, die durch ein Mannloch befahren werden können, so sind auf dem Lagerhofe zwei Rettungsseile und zwei mit selbsttätigem Luftzutritt wirkende Atmungsapparate bereit zu halten. Die Tanks sind vor dem Befahren durch Einführen von Dampf, Preßluft oder Sauerstoff gut zu lüften.

h) Das Betreten des Lagerhofes außerhalb der Arbeitszeit ist außer dem Wächter nur den hierzu vom Betriebsunternehmer ermächtigten Aufsichtspersonen unter Benutzung polizeilich geprüfter und in gutem Zustande befindlicher Sicherheitslampen zu gestatten.

## § 8.

Die Beförderung von Glasballons mit Flüssigkeiten der Klasse I in Wagenladungen ist nur unter Beobachtung folgender Vorsichtsmaßregeln gestattet:

a) Die Ballons müssen mit Stroh, Heu, Kleie, Sägemehl, Infusorienerde oder ähnlichen lockeren Stoffen in Körben, Kübeln oder Kisten fest verpackt sein und die Aufschrift „Feuergefährlich“ tragen.

b) Der Wagen muß mit einer gut zu befestigenden Schutzdecke versehen sein und im Schritt fahren.

c) Jeder Wagen muß außer dem Führer von einer erwachsenen Person begleitet werden. Diesen Personen ist das Rauchen auf dem Wagen streng zu verbieten.

d) Wenn Flüssigkeit ausfließt, so hat eine der leitenden Personen sofort der Polizeibehörde Anzeige zu machen, während die andere die Verbreitung der Flüssigkeit durch Aufstreuen von Sand tunlichst zu hindern und das Publikum fernzuhalten hat, bis die zur Beseitigung der Gefahr erforderlichen polizeilichen Anordnungen getroffen sind.

e) Für die Beförderung einzelner Glasballons auf Wagen finden nur die Vorschriften unter Ziffer a und b Anwendung.

## II. Abschnitt.

### Vorschriften für die Klasse II<sup>1)</sup>.

#### § 9.

In den im § 3 Absatz I bezeichneten Räumen dürfen nicht mehr als 25 kg der Flüssigkeiten aufbewahrt werden.

#### § 10.

In den Verkaufs- und sonstigen Geschäftsräumen der Kleinhändler dürfen insgesamt bis zu 50 kg Flüssigkeiten dieser Klasse in beliebigen geschlossenen Gefäßen, größere Mengen bis zu 200 kg im Faß aufbewahrt werden. — Bei Verwendung von geschlossenen, mit Abfüllvorrichtung versehenen Metallgefäßen, die unter Benutzung von Pumpen oder flammenstickenden gepreßten Gasen mit Vorratsfässern in Nebenräumen oder Kellern in Verbindung stehen, darf die Gesamtmenge dieses Vorrats bis zu 600 kg betragen. Bei anderer Art der Abfüllung dürfen gleiche Mengen nur auf Höfen, in Schuppen oder solchen Kellern gelagert werden, die von angrenzenden Räumen feuersicher abgeschlossen sind.

#### § 11.

I. Mengen von mehr als 600 kg, aber nicht mehr als 10 000 kg, dürfen nach erfolgter Anzeige an die Ortspolizeibehörde in Räumen zu ebener Erde oder in Kellern unter Beachtung der Vorschriften des § 5 Absatz II und III, jedoch ohne Beschränkung der Aufbewahrung in eisernen Fässern oder in Metallgefäßen, oder nach § 5 Absatz IV gelagert werden.

II. Mengen von mehr als 10 000 kg, aber nicht mehr als 50 000 kg, dürfen nur mit Erlaubnis der Ortspolizeibehörde gelagert werden.

Bei Aufbewahrung solcher Mengen in Tanks ist eine Schutzzone dann nicht erforderlich, wenn die Behälter ganz unter der Erde eingegraben sind. In allen andern Fällen sind die nach den örtlichen Verhältnissen notwendigen Bedingungen unter Anlehnung an die im § 7 enthaltenen Vorschriften mit der Maßgabe vorzuschreiben, daß die Schutzzone je nach den örtlichen Verhältnissen bei freistehenden Tanks bis auf 5 m, bei Lagerung in anderer Umschließung bis auf 10 m beschränkt werden kann.

III. Mengen von mehr als 50 000 kg dürfen nur mit landespolizeilicher Erlaubnis gelagert werden. Dabei finden die Vorschriften des § 7 b—h mit der Maßgabe Anwendung, daß die Schutzzone bei einer 500 000 kg nicht übersteigenden Menge je nach den örtlichen Verhältnissen bis auf 20 m beschränkt werden kann.

## III. Abschnitt.

### Vorschriften für die Klasse III<sup>2)</sup>.

#### § 12.

I. Bei der Lagerung von Mengen von nicht mehr als 10 000 kg in Fässern ist das Fortfließen der Flüssigkeit durch Tieferlegung der Sohle oder durch eine aus undurchlässigem und feuersicherem Baustoff hergestellte Umwehrung zu verhindern.

II. Mengen von mehr als 10 000 kg, aber nicht mehr als 50 000 kg, dürfen nach erfolgter Anzeige an die Ortspolizeibehörde auf besonderen Lagerhöfen oder in Lagerhäusern aufbewahrt werden.

Soweit nicht auf Lagerhöfen in demjenigen Teil, in dem die Flüssigkeit aufbewahrt wird, durch Tieferlegung der Sohle dafür gesorgt ist, daß die Flüssigkeiten im Falle des Auslaufens nicht fortfließen können, ist der Lagerhof mit einer massiven Mauer oder einem genügend starken Erdwall zu um-

<sup>1)</sup> z. B. Petroleum.

<sup>2)</sup> z. B. Paraffin- und ähnliche Putzöle, leichte Schmieröle.

geben. Bei Unterbrechungen derselben ist durch genügend hohe Bordschwellen das Fortfließen von Öl zu verhindern. Zur Beleuchtung der Lagerhöfe müssen geschlossene Laternen benutzt werden.

Lagerhäuser müssen massiv und mit feuersicherer Bedachung gebaut werden und so beschaffen sein, daß das Ausfließen der Flüssigkeiten aus dem Lagerhause im Falle eines Brandes verhindert wird. Die Lagerräume dürfen keinen Zugang zu anderen Räumen haben, ihre Zugänge müssen unmittelbar ins Freie führen. Hinsichtlich der Beleuchtung und der Benutzung von Feuer und Licht sind die Vorschriften des § 5 Absatz III maßgebend.

Der Ortpolizeibehörde bleibt es überlassen, wegen einer Zufahrt für Löschgerätschaften Bestimmung zu treffen. Das Betreten der Lagerhöfe und Lagerräume außerhalb der Arbeitszeit ist nur gemäß den Bestimmungen des § 7 h den daselbst bezeichneten Personen zu gestatten.

III. Die Aufbewahrung von Mengen von mehr als 50000 kg unterliegt den Bestimmungen des § 11 Absatz III mit der Maßgabe, daß die Schutzzone bei einer 500000 kg nicht übersteigenden Menge je nach den örtlichen Verhältnissen bis auf 10 m eingeschränkt werden kann.

#### IV. Abschnitt.

##### Gemeinsame Bestimmungen.

###### § 13.

I. Werden der Klasse nach verschiedene unter diese Verordnung fallende Flüssigkeiten miteinander oder mit anderen leicht entzündlichen Flüssigkeiten (Spiritus, Ätherarten, Spritlacken und dergl.) in demselben Raume oder in solchen Räumen, welche nicht feuersicher voneinander getrennt sind, zusammen gelagert, so finden, unbeschadet der für die anderen leicht entzündlichen Flüssigkeiten etwa bestehenden besonderen Vorschriften, auf die Gesamtmenge aller leicht entzündlichen Flüssigkeiten hinsichtlich des Lagerraumes die für die leichtest entflammbare Flüssigkeit geltenden Vorschriften Anwendung. Die Beschaffenheit der Gefäße bestimmt sich nach der Art und Menge der einzelnen Flüssigkeiten.

In den Verkaufsräumen und sonstigen Geschäftsräumen der Kleinhändler dürfen Mineralöle miteinander oder mit anderen leicht entzündlichen Flüssigkeiten bis zu einer Gesamtmenge von 150 kg aufbewahrt werden. Darunter dürfen sich bis zu 30 kg Mineralöle der Klasse I befinden, wenn die Vorschriften des § 4 erfüllt sind; im anderen Falle bestimmt sich die Höchstmenge letzterer Flüssigkeit nach § 3.

II. An den in den Lagerräumen zur Aufbewahrung der Flüssigkeiten dienenden Gefäßen oder auf besonderen dabei angebrachten Tafeln muß die leicht lesbare und nicht verwischbare Aufschrift „Feuergefährlich“ und eine Bezeichnung angebracht sein, die die Tara und das Fassungsvermögen nach dem Gewicht derjenigen Flüssigkeit angibt, für welche die Gefäße dienen. Bei Berechnung der gelagerten Flüssigkeiten werden auch die nur teilweise gefüllten Gefäße nach ihrem vollen Fassungsvermögen berechnet.

###### § 14.

I. Leere Fässer aus brennbarem Material dürfen in denjenigen Fällen, in welchen ein Lagerhof ganz oder teilweise (vgl. § 11, 12) nach den Vorschriften des § 7 angelegt werden muß, außerhalb der Schutzzone in beliebigen Mengen gelagert werden, jedoch müssen die Stapel je nach den örtlichen Verhältnissen 5—10 m von den Grenzen und allen Gebäuden entfernt bleiben. Den Behörden, welche die Erlaubnis zu erteilen haben, bleibt es überlassen, für Löschgerätschaften fahrbare Zuwege anzuordnen.

II. Welche Mengen leerer Fässer aus brennbarem Material in anderen Fällen aufgestapelt werden dürfen, unterliegt der Festsetzung der örtlichen Polizeiverwaltung mit der Maßgabe, daß Faßstapel von mehr als 1500 Fässern nur



zulässig sind, wenn sie 5—10 m von Gebäuden entfernt bleiben und für Lösch gerätschaften fahrbare Zuwege besitzen oder vollständig isoliert im Freien angelegt werden.

## V. Abschnitt.

### Übergangs- und Schlußbestimmungen.

#### § 15.

I. Diese Verordnung findet keine Anwendung auf die Aufbewahrung der in § 1 bezeichneten Flüssigkeiten in den der Aufsicht der Bergbehörden unterstehenden Betrieben und in solchen an den Gewinnungsstätten des Rohpetroleums sowie auf die Mitnahme der Flüssigkeiten in Motorwagen. Für die Aufbewahrung und Verarbeitung in gewerblichen Anlagen, die unter den § 16 der Reichsgewerbeordnung fallen, hat die genehmigende Behörde für den Verkehr auf Zollhöfen und in Güterschuppen auf Bahnhöfen sowie Tankwagen auf Ladegleisen die daselbst zuständige Aufsichtsbehörde die Bedingungen festzusetzen.

II. Die Verordnung findet auf andere, nicht im Absatz I genannte gewerbliche Anlagen, in denen die Flüssigkeiten bearbeitet oder zu technischen Zwecken verwendet werden, mit der Maßgabe Anwendung, daß Menge und Art der Lagerung der zum Gewerbebetriebe bestimmten Flüssigkeiten, unbeschadet der etwa für diese Betriebe ergangenen oder noch zu erlassenden besonderen Vorschriften, von der örtlichen Polizeiverwaltung nach Anhörung der zuständigen Gewerbeinspektion festzusetzen sind.

#### § 16.

I. Sind die in den §§ 3—14 getroffenen Vorschriften erfüllt, so dürfen in bestehenden, zur Lagerung von Flüssigkeiten polizeilich angemeldeten oder genehmigten Lagerräumen und Lagerhöfen die durch diese Verordnung festgesetzten Höchstmengen nach Anmeldung bei der zuständigen Behörde ohne weiteres gelagert werden.

II. Im übrigen müssen die beim Inkrafttreten dieser Verordnung vorhandenen Lagerräume, Lagerhöfe und gewerblichen Anlagen innerhalb zweier Jahre den Bestimmungen dieser Verordnung entsprechend eingerichtet werden.

Die Bestimmungen über die Schutzzone sowie diejenigen des § 7 d und f finden auf bestehende Anlagen keine Anwendung.

#### § 17.

Ausnahmen von den Bestimmungen dieser Verordnung können auf Antrag durch die Landespolizeibehörden genehmigt werden.

#### § 18.

Übertretungen dieser Verordnung werden, sofern nicht die Bestimmungen des Strafgesetzbuches, insbesondere § 367 Nr. 6, Anwendung finden, mit Geldstrafe bis zu 60 M. oder entsprechender Haft bestraft.

#### § 19.

Diese Polizeiverordnung tritt am 1. April 1906 in Kraft. Mit diesem Zeitpunkt treten alle ihr etwa entgegenstehenden Verordnungen, soweit sie nicht hafenzpolizeilicher Natur sind, sowie die frühere den gleichen Gegenstand betreffende Landespolizeiverordnung vom 7. Februar 1903 außer Kraft.

## Grundsätze für die Einrichtung und den Betrieb von Wassergas- und Halbwassergasanlagen einschließlich der Sauggasanlagen<sup>1)</sup>.

1. Die Vorrichtungen zur Darstellung und Reinigung des Wassergases oder Halbwassergases sind in hohen, hellen Räumen aufzustellen, welche durch

<sup>1)</sup> Gültig für das Königreich Preußen; vgl. Ministerialblatt der Handels- und Gewerbe-Verwaltung, Berlin 1912, S. 15.

Seiten- und Dachentlüftung so ausgiebig entlüftet sind, daß eine Ansammlung von Gasen darin ausgeschlossen ist.

Apparate, die einen offenen Wasserverschluß haben oder während des Betriebs der Generatoren oder sonstiger mit Feuerungen versehener Einrichtungen (Dampfkessel oder dergl.) zeitweise geöffnet werden müssen, wie z. B. Reinigerkästen, Teerausscheider, Druckregler usw., müssen entweder in besonderen Gebäuden oder in solchen Räumen untergebracht werden, welche durch Brandmauern vom Generatorraum getrennt sind. Die künstliche Beleuchtung dieser Räume darf nur durch eine zuverlässig gegen das Gebäude abgeschlossene Außenbeleuchtung oder durch eine elektrische Beleuchtung bewirkt werden, die den Sicherheitsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker für explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume entsprechend eingerichtet ist. In diesen Räumen dürfen keine offenen Flammen brennen, auch keine Zigarren oder Pfeifen.

2. Die Sohle der Betriebsräume darf höchstens 1,5 m unter Erdoberfläche liegen; die Betriebsräume dürfen sich nicht unter Räumen befinden, die zum dauernden Aufenthalte von Menschen bestimmt sind, auch dürfen sie nicht mit Wohnräumen in Verbindung stehen. Sie dürfen nicht zu anderen Zwecken irgendwelcher Art benutzt werden. Zutritt zu ihnen dürfen nur die zur Bedienung und Beaufsichtigung der Gasanlage bestimmten Personen haben.

Die Türen der Betriebsräume müssen nach außen aufschlagen.

3. Wo an den Füllöffnungen der Generatoren keine Doppelverschlüsse vorhanden sind, ist für Abführung der aus ihnen tretenden Gase ins Freie (über Dach) derart zu sorgen, daß die bedienenden Personen von ihnen nicht betroffen werden können. Die Gase sind bei ihrem Austritt aus dem Generator durch Dauerflammen oder auf andere Weise zur Entzündung zu bringen. Zur Verhütung von Explosionen in den Generatoren sind die Absperrvorrichtungen für Dampf und Luft mit denen für das Gas durch eine Sicherheitsverriegelung zu verbinden.

Sämtliche Apparate sind mit Druckmessern zu verbinden, die an einer für den Generatorarbeiter leicht zu übersehenden Stelle angebracht sein müssen.

4. Die sämtlichen Teile der Gasanlage (Generatoren, Reiniger, Rohrleitungen usw.) müssen vollkommen dicht hergestellt sein und in diesem Zustande dauernd erhalten werden. Die Apparate und Rohrleitungen müssen in allen Teilen bequem zugänglich sein. Die Leitungsröhren zu den Verwendungsstellen des Gases sind mit mindestens  $\frac{1}{2}$  Atm. Überdruck zu prüfen. Es ist möglichst zu vermeiden, daß Hauptleitungen unter oder in der Nähe von geschlossenen, zum Aufenthalte von Menschen dienenden Räumen verlegt werden.

Das Zurückschlagen von Flammen in die Apparate oder Leitungen ist durch geeignete Sicherheitsvorrichtungen zu verhindern.

5. Alle durch strahlende Wärme belästigenden Apparate, Rohrleitungen, Maschinenteile usw. sind zu verkleiden oder in geeigneter Weise zu kühlen. Eine in der kälteren Jahreszeit etwa erforderlich werdende Heizung der unter Nr. 1 Absatz 2 bezeichneten Räume darf nur durch Dampf oder Wasser erfolgen.

6. Gasbehälter sind entweder im Freien oder in solchen Räumen aufzustellen, die den Anforderungen der Nummern 1 und 2 entsprechen. Freistehende Behälter sind in mindestens 4 m Entfernung von Gebäuden und Grundstücksgrenzen zu errichten. Es sind Vorrichtungen zu treffen, durch die das Einfrieren der Gasbehälter mit Sicherheit vermieden wird.

Eine Heizung der Räume, in denen Gasbehälter stehen, darf nur durch Dampf oder Wasser erfolgen.

7. Mit den Gasen gespeiste Kraftmaschinen dürfen nur in gut gelüfteten Räumen aufgestellt werden, die anderen als den zur Bedienung der Anlage bestimmten Personen nicht zu regelmäßigem Aufenthalte dienen.

8. Werden die Gase in geschlossenen Räumen zum Löten, Schmelzen oder zu sonstigen Zwecken verwendet, so ist dauernd für eine wirksame Lüftung dieser Räume zu sorgen. Wo es technisch möglich ist, sind die Verbrennungsgase an der Entstehungsstelle abzuführen und fortzuleiten.

9. Wo Wassergas völlig gereinigt, also geruchlos Verwendung findet, ist es mit einem geeigneten Riechstoff (z. B. Mercaptan, Carbylamin) zu vermengen, um es beim Austritt aus undichten Stellen der Leitungen usw. bemerkbar zu machen.

10. Die bei der Reinigung der Gase fallenden Abwässer sind so zu behandeln, daß sie geruchlos und neutral abfließen. Rückstände sind so zu beseitigen, daß Belästigungen der Nachbarschaft vermieden werden.

11. Es sind Vorkehrungen zu treffen, welche die Nachbarschaft gegen den Auswurf von Ruß, Rauch, Flugasche und Funken schützen.

12. Durch den Betrieb der Maschinen und Apparate, insbesondere der Gebläse, dürfen keine störenden und belästigenden Geräusche oder Erschütterungen auf die Nachbarschaft übertragen werden.

13. Die Bedienung und Wartung der Gasanlagen darf nur zuverlässigen, über 18 Jahre alten Personen übertragen werden.

14. Bei allen größeren Anlagen ist ein Sauerstoffrettungsapparat in stets gebrauchsfähigem Zustande bereit zu halten.

## 65. Behördliche Vorschriften für Wasserkraftanlagen<sup>1)</sup>.

Die Errichtung von Wasserkraftanlagen an öffentlichen oder privaten Flüssen sowie die Vornahme von Änderungen an denselben, die Einfluß auf den Verbrauch des Wassers, die Wassermenge, das Gefälle oder die Höhe des Oberwassers haben, bedürfen der Genehmigung der Verwaltungsbehörden. Diese vorherige Genehmigung ist vorgeschrieben durch die Gewerbeordnung und das Wassergesetz.

Der Genehmigungsantrag ist bei der zuständigen Verwaltungsbehörde (in Bayern das Bezirksamt, in dessen Bezirk die Anlage liegt) unter Vorlage von Plänen und einer Beschreibung einzureichen. Art und Umfang der beizugebenden Pläne bestimmen in Bayern die Vollzugsvorschriften des Wassergesetzes (§ 115).

Die Verwaltungsbehörde prüft zunächst, ob und unter welchen Bedingungen die Benützung des Wassers überhaupt erlaubt werden kann. Diese Prüfung hat den Zweck, die Interessen der Allgemeinheit an dem Gewässer zu wahren. Es werden hierbei alle für die Landeskultur in Betracht kommenden Behörden (Straßen- und Flußbauämter, Forstämter, Kulturbauämter, Fischereisachverständige) gutachtlich einvernommen. Hierauf erfolgt die Erlaubniserteilung zur Wasserbenützung unter Festlegung der im allgemeinen Interesse (Schiffahrt, Flößerei, Be- und Entwässerungen, Flußverbesserungen, Gesundheit) zu stellenden Bedingungen.

Nach Erteilung dieser Erlaubnis beginnt das eigentliche Genehmigungsverfahren. Das Projekt wird öffentlich ausgeschrieben und die Beteiligten zur Tagfahrt geladen. Unter Beteiligten sind hierbei alle diejenigen zu verstehen, deren Interessen durch die Neuanlage

<sup>1)</sup> Im nachfolgenden wurde der Gang des Verfahrens nach den bayerischen Bestimmungen kurz skizziert unter Weglassung aller nebensächlichen Modifikationen. Für die anderen deutschen Bundesstaaten sowie auch für Österreich, Italien und die Schweiz sind die Bestimmungen im wesentlichen die gleichen.

berührt werden; in erster Linie kommen in Betracht die oberhalb und unterhalb liegenden Triebwerkbesitzer, die angrenzenden Grundbesitzer (wegen Hebung und Senkung des Grundwassers), Wasserbezugsberechtigte (Wiesenbewässerung, Kanalisationsspülung, gewerbliche Betriebe) Flößerei-, Trift-, Schifffahrts- und Fischereiberechtigte.

Die Verwaltungsbehörde sucht bei der Tagfahrt die entgegengesetzten Interessen zu vermitteln. Einsprüche gegen das Projekt, die nur auf privatrechtlichen Titeln beruhen, werden dabei auf den Zivilrechtsweg verwiesen.

Nach Erledigung der Tagfahrt und der dabei zutage getretenen Einwendungen erläßt die Verwaltungsbehörde an den Antragsteller den Bescheid über die Genehmigung der Anlage.]

In Betracht kommende Gesetze:

1. Reichsgewerbeordnung § 16—21.
2. Bayerisches Wassergesetz vom 23. März 1907, Art. 43, 50—58.  
Hierzu Vollzuvorschriften (Min.-Bek. vom 3. Dez. 1907) § 114 u. f.

## 66. Projektierung von Dampfkesselanlagen.

Wie bereits im Abschn. 54 erwähnt wurde, bevorzugt man heute für größere Kraftwerke fast ausschließlich Wasserrohrkessel, da dieses Kesselsystem bei geringstem Platzbedarf und raschster Betriebsbereitschaft die höchsten Dampfdrücke und Beanspruchungen zuläßt. Flammrohrkessel kommen meist nur für kleinere Anlagen sowie dort in Betracht, wo mit Rücksicht auf die Art des Betriebes, z. B. bei Entnahme größerer Mengen Heißdampf, Großwasserraumkessel erforderlich sind. Doppelkessel, auch kombinierte Kessel genannt, kommen nur noch ausnahmsweise und Heizröhrenkessel fast nur für Lokomotiven, Lokomotiven und Schiffe zur Anwendung.

Handfeuerung ist heute nur noch für kleine Kessel oder allenfalls Reservekessel üblich. Die am häufigsten angewendeten automatischen Feuerungen sind die Wurfapparate (bei Flammrohrkesseln) und die Ketten- oder Wanderroste (bei Wasserrohrkesseln). Die neuerdings vielfach angewendeten sog. Wanderplanroste, auch Bündelroste genannt, haben gegenüber den gewöhnlichen Kettenrosten den Vorzug, daß defekte Roststäbe bequem während des Betriebes ausgewechselt werden können. Dagegen haben diese Roste den Nachteil, daß sich zwischen den Roststäben leicht Asche und Schlacke festsetzt, weil sich hier die Roststäbe nicht gegeneinander verdrehen<sup>1)</sup>. Kommt noch hinzu, daß die Höhe der Roststäbe zu klein bemessen wird, so ist deren Kühlung durch die Frischluft eine ungenügende; die Folge ist alsdann ein rasches Verbrennen der Stäbe.

<sup>1)</sup> Neuerdings sind Wanderroste bekannt geworden, z. B. D. R. P. 259521, die neben dem Vorteil der raschen Auswechselbarkeit der schadhafte Roststäbe den weiteren besitzen, daß die Stäbe wie bei den Kettenrosten ineinandergreifen und sich selbsttätig reinigen.

Bei Projektierung von Kesselanlagen sind die bestehenden behördlichen Vorschriften (Abschn. 63) zu beachten.

Vorweg sei bemerkt, daß bei großen Kesselanlagen und unter sonst gewöhnlichen Verhältnissen auf je 8 Kessel mindestens ein Reservekessel aufzustellen ist; bei kleineren Anlagen pflegt man auf 4 Kessel einen Reservekessel zu rechnen. Bisweilen verzichtet man auch ganz auf eine Reserve und forciert bei Außerbetriebsetzung eines Kessels die übrigen Aggregate entsprechend. Da die dauernd zulässige Höchstbeanspruchung moderner Hochleistungskessel meist um  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  größer ist als die normale Leistung, so kann man von je 4 Kesseln einen stilllegen und die normale Dampfmenge vorübergehend mit den 3 übrigen Kesseln erzeugen. Bei ganz kleinen Anlagen, die gewöhnlich nur einen einzigen Kessel betreiben, beträgt die Reserve bis zu 100 %.

Bei größeren Kesselanlagen ist es üblich, die Kessel in zwei Reihen mit gegenüberliegenden Fronten aufzustellen (Fig. 110). Es hat dies den Vorzug, daß die Feuerungen von dem Mittelgang aus gut übersehen und bedient werden können, und daß der Bedienungsraum vor den Kesseln, der bei Kettenrostfeuerungen so breit sein muß, daß die Roste ganz ausgefahren werden können, nur einmal notwendig ist. Man spart infolgedessen an Grundfläche und an den Kosten für das Kesselhaus. Außerdem hat diese Art der Aufstellung noch den Vorzug, daß über dem Mittelgang ein für beide Kesselreihen gemeinsamer Bunker untergebracht werden kann, und daß nur eine Bekohlungseinrichtung notwendig ist.

Die einzelnen Kessel können paarweise zusammengebaut werden, falls nicht die Einrichtungen zum Abblasen der Rohre und sonstige Reinigungseinrichtungen oder die zu große Breite des Kettenrostes, der von der Seite bedient werden muß, dies verbieten. Durch Vereinigung von je zwei Kesseln zu einem Block spart man an Platz und braucht zudem etwas weniger Mauerwerk, da an Stelle zweier Seitenmauern nur eine einzige, wenn auch etwas stärkere Zwischenmauer nötig ist. Endlich verringert man dadurch die Maueroberflächen und damit die Größe der Strahlungsverluste. Bei großen Wasserrohrkesseln mit Doppelkettenrost muß jeder Kessel getrennt aufgestellt werden, falls die Roste nicht von der Rückseite her zugänglich sind, da hier zur Beobachtung des Rostes und allenfalls zur Nachhilfe von Hand (bei Schlackenansammlungen) ein beiderseitiger Bedienungsangang notwendig ist.

Um bei zu raschem Vorschub des Kettenrostes ein vorzeitiges Verbrennen des Stauers zu verhindern, kann sich unter Umständen eine Kühlung desselben mittels Wassers oder mittels Dampfschleiers empfehlen.

Vielfach wird neuerdings der Ekonomiser unmittelbar mit dem Kessel zusammengebaut. Man verringert dadurch den Platzbedarf, insbesondere wenn man den Ekonomiser nach der Schiffskesselbauart direkt über dem Kessel anordnet (Fig. 1). Auch wird dadurch die

Größe der ausstrahlenden Maueroberflächen vermindert, desgleichen die Widerstände, insofern als die Rauchgaswege verkürzt werden und die Rauchgase eine ihrer natürlichen Bewegung entsprechende gleichmäßig aufsteigende Richtung erhalten.

Versieht man jeden Kessel mit besonderem Kamin (künstlicher Zug), so bilden Kessel, Ekonomiser und Kamin ein einheitliches Ganzes. Man verringert auf diese Weise die Grundfläche des Kesselhauses auf ein Minimum, womit gleichzeitig der Vorteil kürzerer Rohrleitungen verbunden ist.

Bei Kesseln mit darüber angeordnetem Ekonomiser sowie bei Steilrohrkesseln ist durch Anordnung von Galerien und Treppen dafür zu sorgen, daß man überall bequem hinzukommen kann, wo eine zeitweilige Bedienung oder Reinigung notwendig ist.

Besitzt jeder Kessel seinen eigenen Ekonomiser, so ist für den letzteren kein Umgang erforderlich, da der Ekonomiser gleichzeitig mit dem Kessel gereinigt wird. Wo jedoch für zwei oder mehr Kessel ein gemeinsamer Ekonomiser vorhanden ist, muß ein Umgang vorgesehen werden, damit eine Reinigung des Ekonomisers während des Kesselbetriebes möglich ist.

Der über dem Mittelgang zwischen den beiden Kesselreihen angeordnete Bunker (Fig. 110) kann aus Eisen oder Eisenbeton hergestellt sein. In der Regel wird er so groß bemessen, daß er den Kohlenbedarf für 2—3 Tage zu fassen vermag. Neuerdings ist man, um an Anlagekosten zu sparen, davon abgekommen, den Bunker so groß zu machen und dabei ins andere Extrem verfallen, indem man einzelne kleine Bunker (Kohlentaschen) anordnet, die für etwa zweistündigen Betrieb ausreichend sind<sup>1)</sup>. Derartige Kohlentaschen fallen so leicht aus, daß sie ohne wesentliche Verstärkung der Dachkonstruktion an diese angehängt werden können und einer Unterstützung durch besondere Pfeiler nicht bedürfen. Dies ist ohne Zweifel ein Vorteil, zumal man bei Aufstellung neuer Kessel nicht an die Pfeilerentfernung gebunden ist und infolgedessen auch andere, z. B. größere Kessel aufstellen kann. Auch wird durch kleine Bunker der Zutritt von Licht und Luft weniger beeinträchtigt. Andererseits bietet ein großer Bunker den Vorteil, daß man den Betrieb bei einer Störung an der Transportvorrichtung noch längere Zeit weiterführen kann. Wenn auch gut durchgebildete mechanische Kohlenförderanlagen heute sehr viel betriebssicherer sind als in früheren Jahren, so ist doch zu berücksichtigen, daß sich Defekte, wenn erst einige Jahre verflossen sind, öfters einzustellen pflegen. In solchen Fällen ist alsdann ein ausreichend großer Bunker von großem Wert, da es andernfalls bei längerer Störung an der Bekohlungsanlage vorkommen kann, daß die Kohle mittels Handkarren ins Kesselhaus transportiert werden muß. Bunker mit größerem Fassungsvermögen verdienen deshalb stets den Vorzug. Hierbei dürfte

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1911, S. 2124.

es in den meisten Fällen genügen, wenn der Bunker für 12—24 Stunden ausreicht. Zweistündiger Vorrat ist jedoch durchaus ungenügend, namentlich bei Störungen an der Förderanlage während der Nachtzeit.

Die Bunkerform muß im übrigen derart gewählt werden, daß im Bunker keine toten, unausgenützten Partien entstehen. Tote Räume, in denen die Kohle lange Zeit liegen bleibt, sind schon mit Rücksicht auf die Entstehung von Bunkerbränden zu vermeiden. Zu diesem Zweck ist die Bunkerform dem Rutschwinkel der Kohle anzupassen. Nicht selten wird dies außer acht gelassen und die Bunkerform ausschließlich nach Festigkeitsrücksichten bestimmt. Außerdem ist eine genügende Anzahl von Fallrohren vorzusehen, und zwar sind die nach beiden Seiten abzweigenden Fallrohre möglichst gegeneinander zu versetzen. Bei Kesseln mit Doppelrost ist es nicht zu empfehlen, für jeden Kessel nur ein einziges Fallrohr, das unten gegabelt wird, anzuordnen, da hierbei der Abstand zwischen den Fallrohren zu groß ausfällt.

Gemauerte Schornsteine werden größtenteils außerhalb des Kesselhauses aufgestellt. Hierbei ist der Aufstellungsort so zu wählen, daß der Schornstein bei späterer Erweiterung der Anlage nicht hinderlich ist. Bisweilen wird der Schornstein auch unmittelbar in das Gebäude eingebaut. Treten hierbei die Rauchgase von zwei Seiten in den Schornstein ein, so ist zur Verhinderung von Wirbelbildung, die beim Zusammentreffen zweier Rauchgasströme den Zug des Kamins erheblich beeinträchtigen würde, der Einbau einer ausreichend hohen Mauerzunge notwendig. Eine solche Zunge empfiehlt sich schon mit Rücksicht darauf, daß beim Reinigen der einen Kesselbatterie keine Belästigung der Kesselputzer durch Rauchgase stattfindet.

Der Schornstein sollte genügend reichlich bemessen werden. Allzugroße Weite beeinträchtigt die Zugwirkung; vgl. Abschn. 55. Bei sehr starker Vergrößerung eines Werkes wäre es deshalb nicht zweckmäßig, den Schornstein von vornherein so groß auszuführen, daß er auch bei vollem Ausbau des Werkes noch genügt. In diesem Fall ist es schon aus wirtschaftlichen Gründen richtiger, späterhin einen zweiten oder dritten Schornstein aufzustellen.

Im übrigen ist zu bemerken, daß an der Höhe des Schornsteins nicht gespart werden sollte. Besser soll der Schornstein etwas zu hoch, als zu niedrig ausgeführt sein.

Bei Anlage des Rauchfuchses ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß späterhin die Erweiterung des Kesselhauses ohne Betriebsstörung möglich ist. Man sollte deshalb Fuchsanschlüsse, die in Zukunft notwendig werden, von vornherein vorsehen, indem man Schieber oder leichte Mauern einbaut. Neu aufzustellende Kessel können dann ohne Störung des Betriebes angeschlossen werden.

Von großer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des Betriebes ist eine sachgemäße und solide Ausführung der Rohrleitung und ihrer Nebenapparate, wie Absperrventile, Ausdehnungsvorrichtungen, Wasserabscheider, Rohrbruchventile usw.

Die Rohrleitungen bestehen bei den heute üblichen hohen Spannungen und Temperaturen aus nahtlosen und patentgeschweißten Schmiedeeisenrohren. Als Dichtungsmaterial für die Flanschverbindungen wird Klingerit oder ähnliches Material verwendet, bisweilen auch Metaldichtungen.

An geraden Rohren können die Flanschen fest, an gekrümmten hingegen mit Rücksicht auf das Passen der Schraubenlöcher lose angebracht sein. Häufig wird aber auch bei geraden Rohren der eine Flansch beweglich ausgeführt. Zwei lose Flanschen werden dagegen aus Preisrücksichten nur selten angewendet. Die Verbindung zwischen Rohr und Flansch bzw. Rohr und Bordring (Bund) erfolgt in der Regel durch Aufwalzen, seltener durch Aufschweißen.

Die Bemessung der Rohrleitungen geschieht auf Grund der vom Verein deutscher Ingenieure aufgestellten „Normalien zu Rohrleitungen für Dampf von hoher Spannung“<sup>1)</sup>.

Für die Bestimmung des zweckmäßigsten Leitungsdurchmessers sind der Druckverlust und der Wärmeverlust in der Leitung sowie die Anschaffungskosten maßgebend. Je größer die Länge der Rohrleitung ist, desto größer fällt der Druckverlust sowie der Wärmeverlust aus. Je größer andererseits der Leitungsdurchmesser gewählt wird, desto kleiner ist der Druckverlust, desto größer fällt jedoch wiederum der Abkühlungsverlust aus.

Für gewöhnlich ist es zweckmäßiger, die Abkühlungsverluste und die Anschaffungskosten tunlichst herabzudrücken, wenngleich hierbei der Druckverlust in der Leitung etwas größer ausfällt. Denn es ist zu beachten, daß die höchsten Druckverluste nur vorübergehend zur Zeit der höchsten Belastung auftreten, während die Wärmeverluste ständig vorhanden sind. Abkühlungs- bzw. Kondensationsverluste sind aber in wirtschaftlicher Hinsicht nachteiliger als Druckverluste. Die Mehrkosten für Brennstoff, um den Dampfdruck in den Kesseln um den Betrag des Druckverlustes zu erhöhen, sind unbedeutend. Dies ist insbesondere bei Anlagen mit geringem Belastungsfaktor zu berücksichtigen. Betragen z. B. die Wärmeverluste  $1\frac{1}{2}\%$  des Wärmeverbrauches der vollbelasteten Anlage, so entspricht dies bei einem Belastungsfaktor von 0,2 bereits  $7,5\%$  des gesamten Kohlenverbrauches. Man läßt deshalb heute bei Dampfturbinenanlagen maximale Dampfgeschwindigkeiten von 50—80 m/sk zu. Hierbei ist jedoch mit Rücksicht auf das ruhige Verhalten der Rohrleitung vorausgesetzt, daß Änderungen in der Durchgangsrichtung des Dampfes möglichst vermieden werden, und daß nur Schieber zur Anwendung kommen. Bei diesen kommt die zweimalige Richtungsänderung des Dampfes, wie sie bei jedem Ventil vorhanden ist, in Wegfall; außerdem haben Schieber den Vorzug, daß deren Widerstand (Druckverlust) wesentlich geringer ist als derjenige von Ventilen.

Die Schieber erstklassiger Firmen sind heute so gut durchgebildet,

---

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1912, S. 1480.



daß vom betriebstechnischen Standpunkt aus nichts gegen deren Verwendung zu sagen ist. Zwar hört man häufig Klagen über Undichtigkeiten der Schieber; jedoch beziehen sich solche zum großen Teil auf minderwertige Fabrikate. Diesen gegenüber sind Ventile allerdings im Vorteil. Ein undichtes Ventil kann ohne Schwierigkeit vom Kesselwärter nachgeschliffen oder gegebenenfalls nachgedreht werden. Bei Schiebern hingegen ist ein Nachdichten weniger einfach, da hier die Dichtungsplatten sehr sorgfältig aufgetuscht werden müssen.

Neuerdings baut die Firma Borsig ein Klappenventil, das mit dem Schieber den Vorzug gemeinsam hat, daß der volle Querschnitt freigegeben und die Durchgangsrichtung des Dampfes nicht geändert wird. Das Klappenventil hat außerdem den Vorzug, daß es leicht nachgeschliffen und im Betriebe leicht geöffnet und geschlossen werden kann. Bei Schiebern ist es, namentlich bei Verwendung von hochüberhitztem Dampf, schon vorgekommen, daß sie sich festklemmten und weder geöffnet, noch geschlossen werden konnten.

Bei Anlagen mit Kolbenmaschinen geht man mit Rücksicht auf die pulsierende Dampfentnahme der Maschinen im allgemeinen nicht über Dampfgeschwindigkeiten von 20—25 m/sk hinaus.

Um die Verluste durch Wärmeausstrahlung möglichst zu verringern, legt man heute mit Recht großen Wert auf beste Isolierung der Rohrleitungen nebst Flanschen, Wasserabscheidern, Ventilen usw.

Die Rohrleitungsanlagen großer Kraftwerke müssen im Interesse eines gesicherten Betriebes mit größter Sorgfalt entworfen werden. Komplikationen in der Rohrleitungsanlage sind möglichst zu vermeiden. Je einfacher und kürzer die Rohrleitung, desto billiger und betriebssicherer ist sie. Die Betriebssicherheit wird auch dadurch erhöht, daß die Zahl der Schieber und Ventile nach Möglichkeit verringert wird. Desgleichen sollte die Zahl der Flanschen möglichst gering sein, weil dieselben immer eine gewisse Beaufsichtigung und Wartung verlangen.

Die früher beliebten Ringleitungen, die an jeder Stelle für den Durchgang der gesamten Dampfmenge bemessen sind, erfordern, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen, reichliche Querschnitte und eine große Zahl von Absperrorganen, damit jeder Kessel, oder — wenn man sich mit geringerer Sicherheit begnügt — doch mindestens je zwei Kessel abgetrennt werden können. Ringleitungen sind daher in der Anschaffung teuer und bedingen große Abkühlungsverluste. Man führt sie deshalb heute nur noch selten aus. Auch Doppelleitungen kommen heute nicht mehr so oft zur Anwendung, wie in früheren Jahren. Man wendet sie gewöhnlich nur für große Kraftwerke an, wenn höchste Betriebssicherheit verlangt wird und wenn einfache Leitungen zu große Querschnitte bekämen.

In der Regel begnügt man sich bei dem heutigen vorzüglichen Rohrleitungsmaterial mit einfachen Leitungen. Hierbei werden die Kessel durch ein gemeinsames Sammelrohr miteinander verbunden, von dem aus die Leitungen nach den einzelnen Maschinen abzweigen.

In zweireihigen Kesselhäusern, die senkrecht zum Maschinenhaus liegen, wird je ein Rohrstrang längs einer Kesselreihe geführt. Man kann sich alsdann ohne größere Mehrkosten eine beschränkte Reserve dadurch schaffen, daß die beiden Rohrstränge in der Nähe ihrer freien Enden durch eine Hilfsleitung verbunden werden, die für den Dampf von zwei oder drei Kesseln bemessen ist.

Findet an einem Maschinensatz oder einem Kessel eine Störung statt, so muß man in der Lage sein, das betreffende Aggregat mit Hilfe von Absperrorganen von der übrigen Anlage abzutrennen, ohne daß hierbei der abgesperrte Rohrweig erhebliche Abkühlungsverluste verursacht.

Besondere Sorgfalt erfordert die Wahl der Festpunkte und die Führung der Rohrleitung. Die Wahl der Festpunkte hat möglichst derart zu erfolgen, daß die Ausdehnungsmöglichkeit der Rohrleitung nach beiden Seiten die gleiche ist. Um bei den heute üblichen hohen Dampftemperaturen die Entstehung gefährlicher Materialspannungen in der Rohrleitung zu vermeiden, soll diese in sich selbst eine gewisse Elastizität bzw. Nachgiebigkeit besitzen, indem sie entsprechend im Winkel verlegt wird. Wo die natürliche Elastizität der Rohrleitung nicht genügt, hilft man sich durch Einschaltung von Ausgleichsstücken, wie Bogenrohren, Kugelgelenkrohren seltener Stopfbüchsenrohren. Für Bogenrohre ist Schmiedeeisen zu verwenden, da sich Kupfer für überhitzten Dampf nicht eignet. Im übrigen vertragen Bogenrohre nur kleinere Ausdehnungen, sofern man sie nicht nach dem System Hartmann aus einer Anzahl kleiner Rohre zusammensetzt oder sie mit ovalem Querschnitt oder gewellt ausführt.

Da sich beim Inbetriebsetzen der Anlage, bei geringer Überhitzung auch während des Betriebes, Dampf in der Leitung kondensiert, so ist das Kondensat an den tiefsten Stellen der Leitung abzuschneiden. Wassersäcke in der Rohrleitung sind möglichst zu vermeiden. Wo sich diese jedoch nicht umgehen lassen, sind sie zu entwässern. Auch die Ventile sind gegebenenfalls mit einer Entwässerung zu versehen.

Für größere Anlagen empfehlen sich an Stelle der Kondenstöpfe sog. Dampfwasserrückleiter, die über dem Kessel montiert werden und das — vollständig ölfreie — Rohrleitungskondensat direkt und ohne wesentliche Wärmeverluste wieder in den Kessel einführen. Wo die Kesselanlage nicht genügend tief liegt, ist statt des Rückleiters eine Kondensatpumpe zu verwenden. Letztere kann durch einen im Kondenswasser-Sammelgefäß angeordneten Schwimmer automatisch an- und abgestellt werden (Fig. 107).

Bei hochliegender Rohrleitung ist zur Bedienung der Absperrorgane eine Bedienungsgalerie anzuordnen, sofern man es nicht vorzieht, die Absperrorgane von unten aus zu betätigen. Letzteres ist jedenfalls besser. Liegt die Rohrleitung im Keller, so sollen einige Absperrorgane vom Maschinenhausflur aus zu betätigen sein, damit bei einem Rohrbruch im Maschinenhaus die betreffenden, aus dem

Kesselhaus kommenden Dampfzuleitungen abgesperrt werden können. Es ist nämlich damit zu rechnen, daß bei Eintritt eines Rohrbruches kein Maschinist in den Keller gehen wird, um die nötigen Absperungen vorzunehmen.

Um bei einem Rohrbruch die Entleerung des Kesselinhaltes zu verhüten, werden bei größeren Anlagen bzw. bei längeren Rohrleitungen sog. Rohrbruch- oder Selbstschlußventile in den Verbindungen zwischen den Kesseln und der Hauptleitung angeordnet.

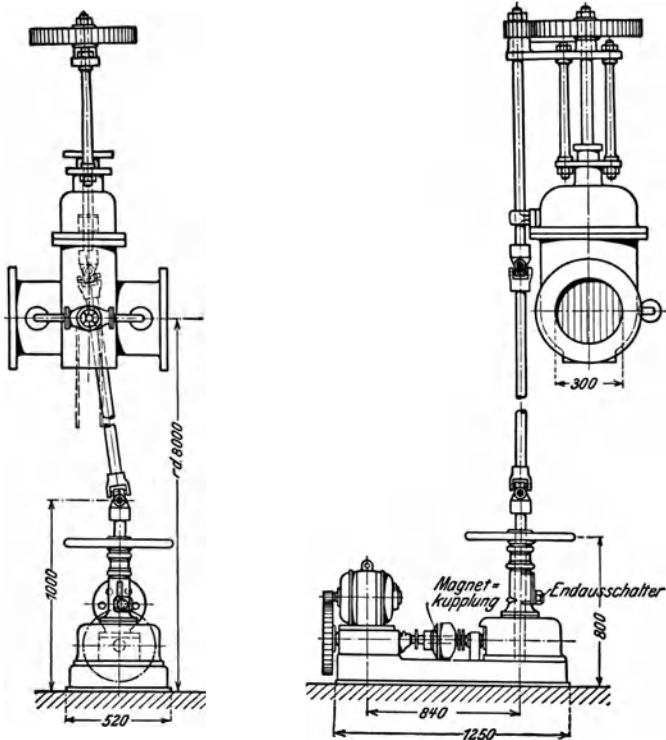


Fig. 81 und 82. Elektrisch betätigter Hauptabsperrschieber der Firma Seiffert & Co. A.-G., Berlin.

Maßstab 1 : 40.

Speziell in Deutschland haben sich Rohrbruchventile noch verhältnismäßig wenig eingeführt. Sie haben den Nachteil, daß sie bei starker Dampfentnahme unter Umständen von selbst schließen, insbesondere wenn sie empfindlich eingestellt sind. Ist letzteres jedoch nicht der Fall, so kann es bei Eintritt eines Bruches am Ende einer langen und engen Leitung vorkommen, daß das Ventil überhaupt nicht funktioniert, da infolge des Leitungswiderstandes die Dampfgeschwindigkeit nicht die erforderliche Höhe erreicht. Für Leitungen über etwa 150 mm Lichtweite kommen Rohrbruchventile überhaupt nicht

mehr in Betracht. Die Kraft, mit der das Ventil geschlossen wird, ist alsdann so groß, daß eine Zertrümmerung der Rohrleitung zu befürchten ist. Schon bei verhältnismäßig geringer Weite hört sich das Schließen eines Rohrbruchventiles wie ein Kanonenschuß an. Für große Leitungen sind an Stelle von Rohrbruchventilen Hauptabsperrschieber mit elektrisch betriebener Schließvorrichtung zu empfehlen, die von beliebiger Stelle in Betrieb gesetzt werden können; vgl. Abb. 81 und 82.

Zur Speisung der Kessel verwendet man meist Kolbenpumpen, seltener Injektoren, da bei diesen zu viel Luft in den Kessel kommt. Erstere können von der Maschine (ev. mittels Transmission) angetrieben werden; ihr Antrieb kann auch durch Dampf oder elektrisch erfolgen. Seit einigen Jahren kommen für größere Kesselanlagen Zentrifugalpumpen zur Anwendung, die meist elektrisch angetrieben werden; mitunter werden auch, um von der Stromlieferung ganz unabhängig zu sein, Turbospeisepumpen angewendet, wobei der Abdampf der kleinen Antriebsturbine unmittelbar zum Erwärmen des Speisewassers ausgenützt wird. Zentrifugalpumpen haben den Vorzug der Billigkeit, des geringen Raumbedarfs, der geringen Empfindlichkeit gegen Staub, sowie denjenigen, daß sie während der ganzen Betriebsdauer ohne Bedienung bei geringstem Ölverbrauch durchlaufen können, und daß die Regulierung der Fördermenge in einfacher Weise dadurch erfolgt, daß man Drosselklappen oder Schieber an den einzelnen Kesseln von Hand oder automatisch mehr oder weniger öffnet. Bei gänzlich geschlossenen Schiebern oder bei gleichzeitigem Absperrern sämtlicher Kessel, d. h. im Leerlauf der Pumpe, kann eine schädliche Drucksteigerung nicht entstehen. Hierbei beträgt der Kraftverbrauch etwa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  des normalen.

Kolbenpumpen sind meist als Dampfpumpen ausgebildet. Wenn auch die Kolbenpumpe an sich einen günstigeren Wirkungsgrad hat als die Zentrifugalpumpe, so verursacht andererseits der Dampfantrieb einen hohen Dampfverbrauch; vgl. Abschn. 43<sup>1)</sup>). Demgegenüber wird die Zentrifugalpumpe meist auf elektrischem Wege von der Hauptmaschine aus angetrieben. Der zusätzliche Dampfverbrauch der Hauptmaschine ist aber sehr gering, wodurch der schlechtere Wirkungsgrad der Zentrifugalpumpe wieder ausgeglichen wird. Im übrigen spielt der etwas größere Kraftverbrauch der Zentrifugalpumpe meist keine Rolle gegenüber den oben erwähnten Vorteilen.

Die Saughöhe einschl. der Reibungsverluste in der Leitung soll bei Kolbenpumpen und Zentrifugalpumpen, Speisung mit kaltem Wasser vorausgesetzt, nicht über 6 m, bei Injektoren nicht über etwa 2 m betragen. Je geringer die Saughöhe, desto geringer ist die Gefahr, daß die Saugwassersäule abreißt und daß durch Flanschver-

<sup>1)</sup> Der hohe Dampfverbrauch der Kolbenpumpe spielt allerdings keine Rolle, wenn, wie dies heute meist üblich ist, der Pumpenabdampf zum Vorwärmen des Speisewassers ausgenützt wird. Verloren ist nur das ölhaltige Kondensat des Abdampfes.

bindungen Luft eingesaugt wird. Bei Speisung heißen Wassers von über  $50^{\circ}\text{C}$  sind stets Pumpen, keine Injektoren mehr, vorzusehen. Dieselben eignen sich auch noch für Wasser bis  $100^{\circ}\text{C}$ , wenn man nur dafür sorgt, daß das Wasser von der Pumpe nicht angesaugt werden muß — da in diesem Fall der der Wassertemperatur entsprechende Dampfdruck von der theoretischen Saughöhe von 10 m in Abzug kommt —, sondern ihr zufließt. Naturgemäß muß man hierbei, wenigstens bei Kolbenpumpen, auf geringe Umlaufzahl, kurze, wenig gekrümmte und genügend weite Rohrleitungen bedacht sein.

Die Wassergeschwindigkeit in der Saugleitung kann bei Normalbelastung zu etwa 1 m/sk, diejenige in der Druckleitung zu etwa  $1\frac{1}{2}$  m/sk angenommen werden. Zu empfehlen sind bei Kolbenpumpen reichlich bemessene Saugwindkessel unmittelbar an der Pumpe. Druckwindkessel sind nur dann wirksam, wenn sie genügend Luft enthalten. Zu diesem Zweck ist ein zeitweises Schnüffeln nötig, da das Wasser die Luft unter dem hohen Druck nach und nach absorbiert. Nicht selten wird hier der Fehler begangen, daß zu viel geschnüffelt wird. Das Schnüffeln soll aber bei Kesseln stets auf das Mindestmaß beschränkt bleiben, schon mit Rücksicht auf die Gefahr von Luftkorrosionen; vgl. Abschn. 94. Außerdem wird durch im Dampf enthaltene Luft das Vakuum der Maschinen verschlechtert.

Man ist deshalb bestrebt, das Schnüffeln tunlichst ganz zu vermeiden. Damit jedoch in diesem Fall die Wirkungslosigkeit des Druckwindkessels wenig schadet, soll man darauf bedacht sein, die Speisedruckleitungen möglichst kurz auszuführen, da alsdann der Dampfkessel selbst gewissermaßen als Druckwindkessel wirkt. Fernerhin soll man keine einfachwirkenden Pumpen, sondern zwei-, drei- oder vierfachwirkende anwenden, weil bei diesen die Wasserbewegung in den Speiseleitungen an sich eine gleichmäßigere ist.

Bei einfachwirkenden Pumpen, wie sie für kleine Kesselanlagen in Frage kommen, und bei längeren Druckleitungen läßt sich auf die ausgleichende Wirkung des Druckwindkessels in der Regel nicht verzichten, weil sonst in der Pumpe und in der Speiseleitung infolge der ungleichmäßigen Wasserbewegung Stöße auftreten. Damit hier der Windkessel seinen Zweck auf die Dauer erfüllt, muß er einen genügend großen Luftraum besitzen. Außerdem muß durch eine entsprechende Wasserführung innerhalb des Windkessels dafür gesorgt werden, daß ein unmittelbares Mitreißen von Luft nicht stattfindet. Es gelangt alsdann nur die vom Wasser absorbierte Luft, deren Menge, insbesondere bei heißem Wasser, eine verhältnismäßig geringe ist, in den Kessel.

Neuerdings werden wohl auch Entlüftungseinrichtungen in die Speisedruckleitungen eingebaut, die die mechanisch mitgeführte (nicht absorbierte) Luft automatisch abführen.

Die Speisedruckleitung wird aus Sicherheitsgründen in der Regel als Ringleitung ausgebildet, um den Kesseln das Speisewasser auf verschiedenen Wegen zuführen zu können. Hierbei ist für den Fall

der Außerbetriebsetzung des Economisers noch ein zweiter Rohrstrang für direkte Speisung vorzusehen. Diese Reserveleitung braucht jedoch keine Ringleitung zu sein.

Damit die Speisung der Kessel möglichst gleichmäßig erfolgt, verwendet man bei größeren Anlagen — weniger zur Erhöhung der Betriebssicherheit, als vor allem zur Entlastung der Heizer bei stark wechselndem Dampfverbrauch — häufig selbsttätige Speiseeinrichtungen. Hierbei bekommt jeder Kessel einen automatisch arbeitenden Wasserstandsregler. Außerdem wird an der Speisepumpe ein für sämtliche Kessel gemeinsamer, unter der Einwirkung des Druckes in der Speiseleitung stehender Druckregler vorgesehen, der zu verhindern hat, daß bei plötzlicher Abnahme des Dampfverbrauches eine gefährliche Drucksteigerung in der Speiseleitung eintritt. Der ganze Speisevorgang erfolgt also automatisch. Wenn die Kesselanlage teilweise oder ganz entlastet wird, so sperrt der Druckregler den Dampfzutritt zur Speisepumpe teilweise oder ganz ab, so daß die Pumpe langsamer läuft oder ganz stillsteht.

Da die Wasserstandsregler verhältnismäßig empfindliche Apparate darstellen, die leicht versagen können, so ist auch bei deren Vorhandensein eine regelmäßige Beobachtung der Wasserstände seitens des Kesselwärters unerlässlich.

Der Speisewasserbehälter wird teils in Schmiedeisen oder Eisenbeton und — insbesondere bei Anordnung unter Flur — teils gemauert oder in Beton ausgeführt. Je nach Größe der Kesselanlage gelangen ein oder zwei Behälter zur Aufstellung. In Fällen, in denen zwei Behälter gewählt werden, ordnet man die anschließenden Rohrleitungen zweckmäßig so an, daß ein Behälter allein oder beide parallel benutzt werden können. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, einen Behälter während des Betriebes zu entleeren, zu reinigen und allenfalls auszubessern oder — bei Schmiedeisenbehältern — den Rostschutzanstrich zu erneuern.

Im allgemeinen ist aus Platzrücksichten die vertiefte Anordnung des Speisebehälters vorzuziehen. Diese Anordnung hat den weiteren Vorzug, daß hierbei das Kondensat nicht hochzuheben ist. Nur in Fällen, in denen das Speisewasser hohe Temperatur besitzt und infolgedessen den Speisepumpen zulaufen muß, wird notgedrungen der Speisebehälter erhöht aufgestellt und zweckmäßig in Schmiedeisen ausgeführt.

Für Dampfturbinenanlagen verwendet man neuerdings zur Reinigung des Zusatzwassers an Stelle der sonst üblichen Wasserreiniger mit Vorteil Destillierapparate<sup>1)</sup>. Diese Apparate, für die als Heizmittel Frischdampf, und zwar überhitzter Dampf verwendet wird, ergeben zweifellos das reinste Wasser und arbeiten sehr wirtschaftlich. Da nämlich die zur Verdampfung des Zusatzwassers aufgewendete Wärme zurückgewonnen und das Kondensat des Heizdampfes wieder

---

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 463.

verwendet wird, so ist hier im wesentlichen nur der durch Strahlung verlorene Wärmebetrag aufzuwenden.

Da bei modernen Hochleistungskesseln mit ihren hohen Gas-temperaturen die zur Regulierung der Überhitzung dienenden Klappen und Schieber leicht defekt werden, so wendet man neuerdings auch besondere Überhitzer- oder Temperatur-Regler an. Ob jedoch Konstruktionen von der Art, wie sie in der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1912, S. 1946 beschrieben sind, eine zweckentsprechende Lösung darstellen, mag dahingestellt bleiben. Abgesehen davon, daß ein im Wasserraum des Oberkessels befindliches Rippenrohr den Wasserinhalt des Kessels vermindert, setzt sich der Raum zwischen den Rippen mit der Zeit voll Schlamm, so daß eine öftere Reinigung notwendig wird. Auch erscheint es bedenklich, Flanschverbindungen im Wasserraum anzuordnen, da bei allenfallsiger Undichtheit Wasser in das Rippenrohr eindringen und sich dem Dampf beimischen kann. Und endlich ist es möglich, daß das Hindurchführen eines Rohres durch den Unterteil des Oberkessels Undichtheiten und unter Umständen eine Entleerung des Oberkessels zur Folge hat. Weniger bedenklich sind Rohrdurchdringungen im Dampfraum, da sich der Austritt von Dampf eher bemerkbar macht.

Derartige Temperatur-Regler lassen sich vermeiden, wenn man den Überhitzer im Nebenschluß anordnet. Hierbei werden die Regulierklappen bzw. -schieber nicht vor, sondern hinter dem Überhitzer in die Kesselzüge eingebaut, kommen also mit den heißesten Gasen nicht mehr in Berührung. Diese Anordnung hat zur Voraussetzung, daß die Heizgase beim Durchgang durch den Überhitzer einen oder mehrere Kesselzüge überspringen, so daß der Weg durch den Überhitzer geringeren Widerstand bietet. Wärmetechnisch bedeutet zwar das Ausschalten eines Teils der Heizfläche einen Verlust, jedoch ist derselbe ganz unbedeutend. Bei voller Belastung der Kesselanlage geht ohnedies nur ein Teil der Rauchgase durch den Überhitzer, bei Teilbelastung hingegen könnte an sich die Heizfläche des Kessels kleiner sein, so daß in diesem Fall das Ausschalten eines Teils der Kesselheizfläche nicht nachteilig ist. Zudem ist zu berücksichtigen, daß die den Überhitzer verlassenden heißen Gase den hinteren Kesselpartien, die infolge des geringen Temperaturgefälles zur Dampfleistung wenig beitragen, zugute kommen.

Bei Nebenschlußanordnung des Überhitzers ist vor diesem noch ein Schieber vorzusehen, der aber ganz primitiv ausgeführt sein kann, da er nur dazu nötig ist, um den Überhitzer zwecks Reparatur ausschalten zu können. Auch dient dieser Schieber beim Frischenheizen des Kessels dazu, den Überhitzer, solange er noch nicht durch Dampf gekühlt wird, vor dem Verbrennen zu schützen.

Allgemein sei noch bemerkt, daß als Regulierorgane besser Schieber als Klappen geeignet sind. Letztere bekommen bei großen Kesseln lange Achsen, die sich bei höheren Temperaturen durchbiegen. Alsdann läßt sich die Klappe nicht mehr drehen. Verwendet

man jedoch freihängende bzw. freitragende Schieber, so ist eine Deformation nicht zu befürchten, zumal bei Nebenschlußanordnung, wo die Schieber in einer weniger heißen Zone liegen.

Da man heute bestrebt ist, auch bei geringer Belastung einer Anlage mit möglichst hoher Überhitzung zu arbeiten, so ist es von Wichtigkeit, daß die Heizfläche des Überhitzers genügend reichlich bemessen wird. Gerade bei schwacher Belastung ist eine genügende Überhitzung besonders wichtig, weil der Temperaturverlust in der Rohrleitung infolge geringer Dampfgeschwindigkeit ohnedies ein größerer ist und der Dampfverbrauch der Maschinen somit zunimmt.

Endlich sei noch bemerkt, daß es vom wirtschaftlichen Standpunkt aus zweckmäßig ist, die zur Betriebskontrolle erforderlichen Einrichtungen vorzusehen; vgl. in dieser Hinsicht Abschn. 106. Wird ein selbsttätiger registrierender Kohlensäuremesser aufgestellt, so empfiehlt es sich, denselben durch entsprechend verlegte Gasrohre sowohl an das Kesselende (vor dem Rauchschieber), als auch an den Ekonomiser anzuschließen. Man ist alsdann mit einem einzigen Apparat imstande, den Kohlensäuregehalt hinter dem Kessel, vor dem Ekonomiser sowie gegebenenfalls hinter demselben zu bestimmen. Man kann ein und denselben Kohlensäuremesser auch für verschiedene Kessel verwenden. Nur bei ganz großen Kesseln wird es sich empfehlen, für jeden Kessel einen besonderen registrierenden Kohlensäuremesser vorzusehen.

## 67. Projektierung von Kolbendampfmaschinen-Anlagen.

Nach den Ausführungen in den Abschnitten 62, 66, 70 und 77 bleibt hier nur noch folgendes zu erwähnen:

Die Frischdampfleitung von den Kesseln zur Maschine ist möglichst so anzulegen, daß das Leitungskondensat frei abfließen kann. Es ist deshalb zweckmäßig, der Leitung von den Kesseln zum Wasserabscheider vor der Maschine ein geringes Gefälle zu geben.

Während des Betriebes bildet sich zwar bei genügend hoher Dampfüberhitzung kein Leitungskondensat. Jedoch ist dies beim Stillstand (infolge Undichtheit des Hauptabsperrentils am Kessel) sowie während des Anwärmens der Rohrleitung und der Maschine der Fall. Beim Anwärmen entsteht oft so viel Kondenswasser, daß es der selbsttätige Kondenswasserableiter nicht mehr zu bewältigen vermag. Es empfiehlt sich deshalb, an den Wasserabscheider vor der Maschine eine Hilfs-Entwässerungsleitung anzuschließen, deren Absperrhahn von Hand bedient wird. Eine solche Entwässerungsleitung ist schon um deswillen erwünscht, damit man den Kondensstopf nötigenfalls während des Betriebes auswechseln kann. Häufig wird die Hilfs-Entwässerung unmittelbar in die Kondensatableitung hinter dem Kondensstopf eingeführt.

Wird mit Auspuff gearbeitet, so muß die Auspuffleitung am tiefsten Punkt entwässert werden, da es sonst unter Umständen beim



Anlassen der Maschine vorkommen kann, daß das Kondensat, das sich während des Anwärmens in der Auspuffleitung angesammelt hat, in die Zylinder zurückgesaugt wird und einen Wasserschlag verursacht. Zur Entwässerung der Auspuffleitung genügt im allgemeinen ein einfaches Rohr von etwa 1" engl. Lichtweite; Absperrhahnen oder dergl. sind hier nicht nötig.

Am oberen Ende der Auspuffleitung ist ein Schalldämpfer mit Wasserfang und Kondenswasserableitung vorzusehen.

Für Kolbenmaschinen wird in der Regel Einspritzkondensation angewendet. Oberflächenkondensation kommt hier gemäß Abschn. 70 außer für Schiffsanlagen höchstens für Gleichstrommaschinen oder dort in Betracht, wo das Warmwasser der Kondensation für Heiz- oder Badezwecke verwendet wird. Der Einspritzkondensator samt der Luftpumpe wird gewöhnlich unter Flur angeordnet. Muß die Luftpumpe in größerer Entfernung von der Dampfmaschine aufgestellt werden, so ist es von Wichtigkeit, den Kondensator möglichst nahe beim Dampfzylinder unterzubringen. Der Druckverlust in der Leitung vom Kondensator bis zur Pumpe ist nämlich geringer als derjenige in der Abdampfleitung vom Zylinder zum Kondensator.

Bemerkt sei, daß die Überlaufleitung der Luftpumpe mit Gefälle anzulegen ist, und daß sie bei großer Länge genügend weit gewählt werden muß. Lange und enge Überlaufleitungen wirken ungünstig auf den Gang der Pumpe zurück; letztere stößt hierbei und die Klappen halten schlecht.

Da es bei einer Störung in der Kondensationsanlage vorkommen kann, daß dieselbe außer Betrieb gesetzt werden muß, so ist dafür zu sorgen, daß jederzeit auf Auspuffbetrieb umgeschaltet werden kann. Dies erreicht man durch Anordnung eines Wechselventils oder besser, wenn genügend Platz vorhanden ist, durch Anordnung zweier Schieber, weil alsdann der bedeutende Druckverlust in dem Wechselventil (3—4 cm QS) vermieden wird, da Schieber immer den vollen Rohrquerschnitt freigeben.

Soll eine Kondensationsmaschine längere Zeit mit Auspuff betrieben werden, so ist ihre Kompression entsprechend zu verringern. Zu diesem Zweck sind die Auslaßexzenter oder Auslaßnocken verstellbar einzurichten.

An dieser Stelle seien auch die besonders in letzter Zeit immer häufiger werdenden Umbauten älterer Sattedampfmaschinenanlagen in solche für den Betrieb mit Heißdampf erwähnt. Ältere Werke, die noch mit Sattedampfmaschinen ausgerüstet sind, befinden sich gegenüber neueren Anlagen mit Heißdampfbetrieb oft erheblich im Nachteil, so daß unter Umständen ihre Konkurrenzfähigkeit den Übergang zu dem wirtschaftlicheren Heißdampfbetrieb notwendig macht. Hierbei ist es mit Rücksicht auf die Anschaffungskosten sowie mit Rücksicht auf Betriebsstörungen und Platzverhältnisse nicht immer zu empfehlen, die bestehende Anlage vollständig zu entfernen oder in Reserve zu stellen. Es kann sich vielmehr ein Umbau der vorhandenen

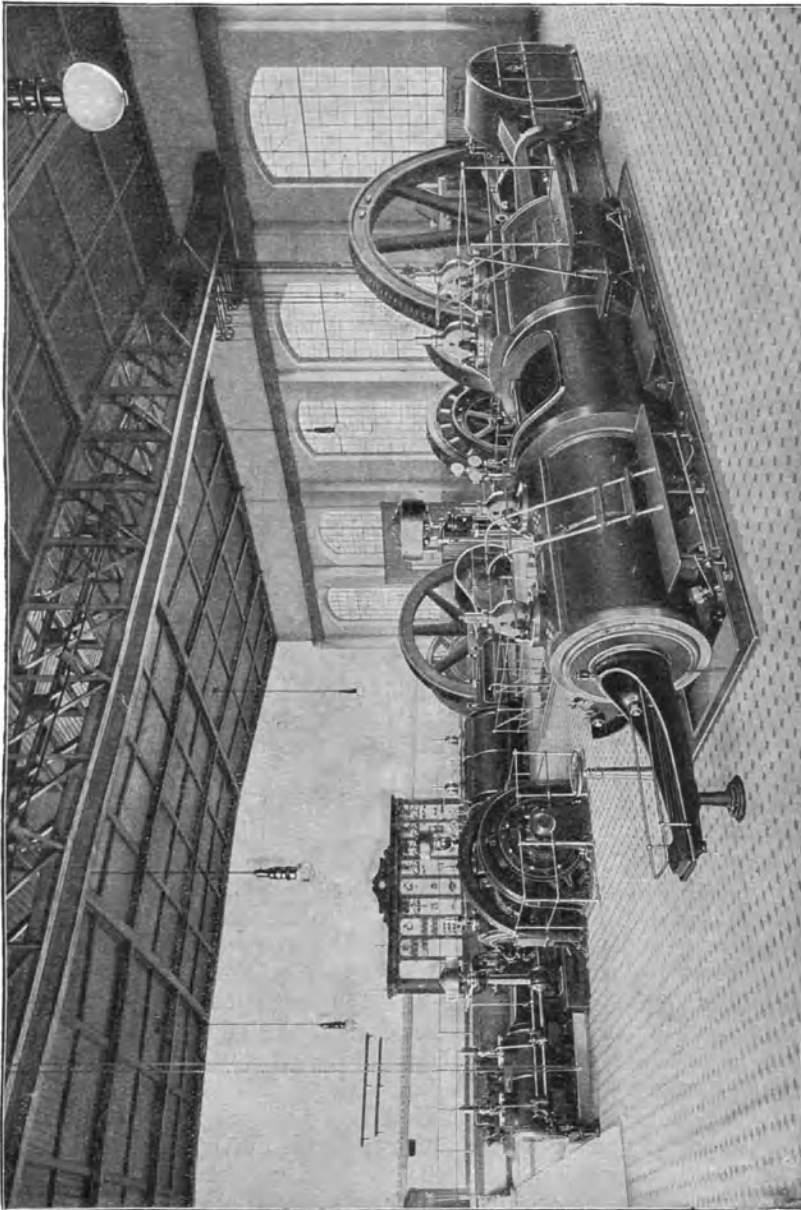


Fig. 88. Elektrische Zentrale einer chemischen Fabrik in Weisßig, enthaltend drei direkt mit Dynamos gekuppelte Tandem-Heißdampfmaschinen von 600, 700 und 1200 PS., sowie eine Einzylinder-Kondensationsmaschine von 200 PS., sämtlich ausgeführt von der Ascherslebener Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Aschersleben.

Maschinen als zweckmäßiger erweisen. Gut erhaltene Sattedampfmaschinen lassen sich nämlich ohne besondere Schwierigkeiten in Heißdampfmaschinen umbauen. Ein solcher Umbau läßt sich bei Tag- und Nachtarbeit meistens in kurzer Zeit — etwa 4—5 Tagen — ausführen und kann bei richtiger Wahl des Zeitpunktes häufig ganz ohne Betriebsstörung erfolgen.

Durch Umbau einer Sattedampfanlage in eine solche für Heißdampf bis zu  $350^{\circ}\text{C}$  wird nahezu die gleiche Wirtschaftlichkeit wie bei einer vollständig neuen Heißdampfanlage erreicht. Die Ersparnisse, die sich im einzelnen Falle erzielen lassen, schwanken naturgemäß je nach dem Grade der Mängel, die die bestehende Anlage aufzuweisen hat. Ein derartiger Umbau macht sich meist schon nach kurzer Zeit bezahlt, bei Dauerbetrieb unter Umständen schon nach einem Jahr.

Durch den Umbau der Maschinenanlage wird gleichzeitig eine Entlastung der Kesselanlage erreicht. Nicht selten kommt es bei rasch wachsenden Betrieben vor, daß die Kesselanlage für die gesteigerten Ansprüche nicht mehr ausreicht. Die Aufstellung weiterer Kessel verursacht aber nicht nur erhebliche Kosten, sondern verlangt auch genügend Platz und Schornsteinzug. Hieran fehlt es aber häufig, so daß alsdann die Erweiterung der Kesselanlage auf Schwierigkeiten stößt. In solchen Fällen bietet sich in dem Übergang vom Sattedampf- zum Heißdampfbetrieb ein Ausweg. Die für Heißdampf umgebaute Sattedampfmaschine braucht wesentlich weniger Dampf. Dazu kommt noch eine weitere Dampfersparnis durch den nahezu gänzlichen Wegfall des Leitungskondensats. Es kann infolgedessen nach dem Umbau ein mehr oder weniger großer Teil der Kessel außer Betrieb gesetzt oder für Erweiterungen oder andere Zwecke benützt werden.

Sind die Kessel überlastet und arbeiten infolgedessen mit schlechterem Wirkungsgrad, so wird durch den Übergang zum Heißdampfbetrieb wieder normale Beanspruchung herbeigeführt und allenfalls noch ein Teil der Kesselheizfläche für Vergrößerung oder andere Zwecke frei.

Bei dem Umbau von Sattedampfmaschinen wird deren Hochdruckzylinder samt Kolben durch einen solchen für hohe Überhitzung ersetzt. Sattedampfmaschinen vertragen nämlich nur geringe Dampftemperaturen, in der Regel nicht über etwa  $250^{\circ}\text{C}$ , da deren Zylinderformen infolge des Dampfmantels und der gemeinsamen Dampfzu- und -abführung verhältnismäßig kompliziert sind. Solche Zylinder erwärmen sich beim Betrieb mit Heißdampf ungleichmäßig, erleiden Verkrümmungen und reißen schließlich. Auch auf die Ausdehnungsfähigkeit des ganzen Zylinders ist beim Heißdampfbetrieb mehr Rücksicht zu nehmen als beim Sattedampfbetrieb. Natürlich müssen auch die Stopfbüchsen der Kolbenstangen und Ventilspindeln für die hohe Überhitzung eingerichtet sein und werden deshalb stets mit dem neuen Zylinder geliefert.

Die Arbeitszylinder von Heißdampfmaschinen bestehen fast allgemein aus einem glatten rohrförmigen Zylinder ohne Rippen und Stege mit getrennten Anschlüssen für die Dampfleitungen. Ein heizbarer Dampfmantel ist für Heißdampfmaschinen überflüssig, da durch die Verwendung von überhitztem Dampf die nachteiligen Folgen des Wärmeaustausches größtenteils vermieden werden.

Ein Umbau für den Betrieb mit hochüberhitztem Dampf empfiehlt sich im allgemeinen nur für gut erhaltene, mittlere und vor allem größere Maschinen, insbesondere für große Dreifach-Expansionsmaschinen. Hier wird entweder der Mitteldruck- und Niederdruckzylinder beibehalten und nur der alte Hochdruckzylinder gegen einen solchen für hohe Überhitzung ausgewechselt, oder es wird nur der Niederdruckzylinder beibehalten und der neue Hochdruckzylinder, der alsdann den Mitteldruck- und den alten Hochdruckzylinder ersetzt, etwas größer ausgeführt. Der Mitteldruckzylinder bringt beim Heißdampfbetrieb keinen wesentlichen Nutzen mehr, zudem ist der Betrieb einer Verbundmaschine mit nur zwei Zylindern einfacher und erfordert wesentlich weniger Instandhaltungs- und Schmierkosten. Allerdings muß bei Fortlassung des Mitteldruckzylinders die Maschine in ihrem Gestänge für die sich ändernde Verteilung der Kolbenstangenkräfte ausreichend sein.

Beim Umbau von Dreifach-Expansionsmaschinen in solche mit nur zweifacher Expansion wird nicht nur ein geringerer Dampfverbrauch, sondern auch eine Steigerung der Leistung erreicht. Auch beim Umbau von Zweizylindermaschinen kann eine Steigerung der Leistung durch Erhöhung der Tourenzahl wie durch Erhöhung des Kesseldruckes — falls dies angängig ist — erreicht werden. Ferner ist es ohne weiteres möglich, gelegentlich des Umbaus die Einrichtungen zur Entnahme von Dampf aus dem Receiver für Heiz- und Kochzwecke anzubringen. Hierbei ist nur nötig, daß der Hochdruckzylinder von vornherein entsprechend dimensioniert wird.

Naturgemäß muß die Kesselanlage, wenn sie nur für Sattedampf eingerichtet ist, mit Überhitzern ausgerüstet werden, was im allgemeinen ohne Schwierigkeiten und ebenfalls ohne Betriebsstörung ausführbar ist. Können Überhitzer wegen Platzmangels oder aus anderen Gründen nicht eingebaut werden, so kann man sich auch mit einem für die ganze Kesselanlage gemeinsamen, unmittelbar geheizten Überhitzer behelfen.

## 68. Projektierung von Dampflokomobilen-Anlagen.

Die für Dampfkessel geltenden behördlichen Vorschriften (Abschnitt 63) sind auch hier zu berücksichtigen.

Ebenso wie bei stationären Kesselanlagen, wird man für kleine Lokomobilen Handfeuerung, für größere dagegen selbsttätige Rostbeschickung vorsehen. Die Kohlenzufuhr erfolgt bei kleinen Anlagen

mittels der üblichen Handkarren; für größere Anlagen empfehlen sich mechanische Fördereinrichtungen; vgl. z. B. Fig. 98 bis 100. Auch die Abfuhr der Asche und Schlacke kann hier mittels maschineller Hilfsmittel erfolgen. In Anbetracht des geringeren Brennstoffverbrauchs der Lokomobilen erweisen sich jedoch mechanische Einrichtungen für die Bekohlung und Aschenabfuhr im Vergleich zu stationären Dampfkraftanlagen erst von einer etwas höheren Leistung an als wirtschaftlich.

Werden für die Abführung der Rauchgase Blechschlote verwendet, so sind diese stets zu verankern, und zwar je nach ihrer Höhe ein-, zwei- oder dreimal. Jede Verankerung besteht aus drei um  $120^\circ$  versetzten Zugstangen. Bei kleinen Lokomobilen kommt man im allgemeinen mit Kaminhöhen von 15—18 m, bei mittleren Lokomobilen mit 21—27 m und bei größeren mit 30—36 m aus, vorausgesetzt, daß nicht von seiten der Behörde eine größere Höhe vorgeschrieben wird. Bei ganz großen Lokomobilen mit gemauerten Kaminen beträgt die Kaminhöhe bis zu etwa 65 m. Im übrigen ist natürlich die Kaminhöhe außer von der Leistung der Lokomobile auch von der Art des Brennmaterials und der Feuerung abhängig. Sodann ist bei ungünstigen Windverhältnissen (See, Gebirge) die Kaminhöhe und allenfalls auch die Weite entsprechend größer zu wählen.

Für Leistungen über etwa 200 PS werden in der Regel gemauerte Kamine bevorzugt. Nur in besonderen Fällen, z. B. bei schlechtem Baugrund, Platzmangel, provisorischem Betrieb werden Blechschlote auch für höhere Leistungen angewendet. Hierbei empfiehlt es sich, den Blechkamin bis etwa zwei Drittel seiner Höhe zu isolieren, um die Abkühlung der Rauchgase zu verringern. Derartig isolierte Kamine stellen sich allerdings im Preis kaum billiger als gemauerte. Von der Isolierung sollte deshalb nur ausnahmsweise Gebrauch gemacht werden. Wenn z. B. ein vorhandener Blechschlot ungenügend zieht, so kann sich dessen nachträgliche Isolierung empfehlen.

Blechkamine für kleinere Lokomobilen können unmittelbar auf die Rauchkammer gesetzt werden (Fig. 5). Für größere Leistungen ist es zweckmäßiger, den Kamin auf einen niederen Mauersockel außerhalb des Maschinenhauses zu stellen; einmal wegen des schöneren Aussehens und zum andern mit Rücksicht auf die bessere Zugänglichkeit der Kurbelwelle sowie mit Rücksicht auf den Laufkran und die unter Umständen lästige Erwärmung des Maschinenhauses.

Lokomobilen kommen mit einem verhältnismäßig kleinen Fundament aus, weil hier gewissermaßen der Kessel einen Teil des Maschinenfundamentes bildet. Bei provisorisch aufzustellenden Lokomobilen von geringerer Größe kann an Stelle eines Fundamentes auch ein gut befestigter Holzrahmen verwendet werden.

Der Raum vor der Lokomobile soll zweckmäßig so groß bemessen sein, daß das Rohrbündel noch innerhalb des Heizraums ausgezogen und gereinigt werden kann. Bei Platzmangel genügt es

auch, den Heizerstand nur so breit zu machen, als es die gesetzlichen Bestimmungen verlangen, sofern man für entsprechende Öffnungen in der Gebäudewand (Türen, Luken usw.) sorgt.

Sind mehrere Lokomobile im selben Raum aufzustellen, so kann für jede Lokomobile je ein besonderes Speise-, Einspritzwasser- und Ausgußwasserbassin vorgesehen werden, und zwar am besten vertieft aus Beton. Bei reinem Wasser kann gegebenenfalls das Speise- und Einspritzwasserbassin vereinigt werden. Bei dieser Anordnung bildet jedes Aggregat ein geschlossenes Ganzes für sich, so daß bei Betriebserweiterung jedes Aggregat ohne Störung der andern entfernt und durch ein größeres ersetzt werden kann. Jede Lokomobile bzw. deren Einzelbassins sind hier mittels getrennter Leitungen, die mit den nötigen Absperrorganen auszurüsten sind, an die gemeinsame Speisewasser-, Einspritzwasser- und Ausgußwasserleitung angeschlossen. Kann das Ausgußwasser nicht mit freiem Gefälle abfließen, ist es z. B. in ein Kühlwerk oder einen hochliegenden Graben usw. zu heben, so daß die Luftpumpen größere Druckhöhen zu überwinden haben, so wird zweckmäßig in die Ausgußwasserleitung eine Zentrifugalpumpe eingeschaltet, um größerem Verschleiß der Luftpumpen vorzubeugen. Bei geringen Druckhöhen, bis etwa 3 m, kommt man meist noch ohne Zentrifugalpumpe aus.

Wenn es sich um kleinere und mittlere Anlagen handelt, so kann auch für sämtliche Lokomobile bei unreinem Wasser je ein gemeinsames Speise-, Einspritzwasser- und Ausgußwasserbassin und bei reinem Wasser für Speise- und Einspritzwasser ein gemeinsames Bassin angeordnet werden. Es sind alsdann für jede Maschine getrennte Rohrleitungen mit Fußventilen nötig; sonstige Absperrorgane fallen hier weg. Für große Anlagen empfiehlt sich diese Anordnung nicht, weil man hierbei zu ausgedehnte und teure Rohrleitungsanlagen bekäme.

Für kleinere Lokomobile begnügt man sich damit, zwecks Zugänglichkeit der oben liegenden Teile einige Auftritte vorzusehen. Bei größeren Einzelaggregaten werden hierfür besondere, durch eiserne Leitern zugängliche Podeste angeordnet. Diese Podeste sind mit entsprechenden Schutzgeländern nach außen und, wo nötig, auch gegen die bewegten Teile zu versehen. Bei mittleren und größeren Anlagen mit mehreren Maschinen, die unmittelbar mit Stromerzeugern gekuppelt sind, wird zweckmäßig durch eine besondere Zwischendecke ein eigener Bedienungsflur für die Maschinen geschaffen. Dadurch wird eine Trennung des Heizbetriebes von dem eigentlichen Maschinenbetrieb erreicht. Der Maschinenwärter kann hierbei die nebeneinander liegenden Dampfmaschinen und Generatoren sowie die Schalttafel bequem übersehen und bedienen. Die Zwischendecke wird zweckmäßig so ausgeführt, daß sie ungefähr mit der Oberkante der Kessel abschneidet. Über den Kesseln wird die Zwischendecke in der Regel durchbrochen und der freie Raum zwischen Maschinen und Bedienungsflur durch begehbare, leicht zu entfernende Riffelbleche

abgedeckt. Durch besondere Einlagen von Rohglas in die Zwischen-  
decke kann der darunter liegende Kondensationsraum erhellt werden,  
soweit nicht Einführung von Seitenlicht möglich ist.

Bei Aufstellung mehrerer Lokomobilen ist auf die Möglichkeit  
wechselseitigen Arbeitens Bedacht zu nehmen. Da bei Lokomobil-  
anlagen im allgemeinen keine Reservekessel aufgestellt werden, so  
muß man wenigstens in der Lage sein, Maschinen und Kessel wech-  
selseitig aufeinander zu schalten. Dieser Betriebsfall kommt in erster  
Linie dann in Betracht, wenn ein Rohrsystem ausgezogen ist und  
an einer der übrigen Maschinen ein Defekt auftritt. Man sollte als-  
dann den im Betrieb befindlichen Kessel (mit defekter Maschine)  
auf die Maschine schalten können, deren Rohrsystem ausgezogen ist.  
Zu diesem Zweck ist eine Verbindung der Betriebsdampfleitungen  
der einzelnen Lokomobilen vorzusehen. Eine derartige Anordnung  
ist auch dann in Rücksicht zu ziehen, wenn vorhandene Kessel-  
anlagen als Reserve für Lokomobilen herangezogen werden sollen.

Für ein wechselseitiges Arbeiten ist es von großer Wichtigkeit,  
daß der Aufbau der Maschine auf dem Kessel ein derartiger ist, daß  
ein anstandsloser Betrieb der Maschine bei jedem Wärmezustand des  
Kessels, also auch bei beliebiger Kesselspannung oder bei kaltem  
Kessel möglich ist. Ein solcher Aufbau ist auch dort erwünscht,  
wo es sich um die starre Kupplung von Lokomobilen und Dynamo-  
maschinen handelt. Hier ist eine unveränderliche Lagerung der Welle  
mit Rücksicht auf die Wärmedehnungen des Kessels in Höhen- und  
Längsrichtung zu fordern, da sonst unter Umständen ein Klemmen  
der Welle in ihren Lagern eintreten kann. In solchen Fällen ist der  
zweifachen Lagerung der Vorzug vor der dreifachen zu geben.

Für mittlere und größere Betriebe mit mehreren Maschinen emp-  
fiehlt sich ein Laufkran, damit eine schnelle Demontage und Montage  
bei allenfalls erforderlichen Reparaturen möglich ist. Hierbei kann  
es sich unter Umständen als zweckmäßig erweisen, insbesondere bei  
Einbau einer Zwischendecke, zwei Krane anzuordnen. Man bekommt  
alsdann für jeden Kran verhältnismäßig geringe Spannweite. Und  
zwar ist der eine Kran für das schwerste Gewicht der Maschinen,  
der andere für das Gewicht des Rohrsystems zu bemessen.

## 69. Projektierung von Dampfturbinenanlagen.

Während man anfänglich die Turbinen, ebenso wie Kolben-  
maschinen, auf massive Fundamente stellte, werden heute fast all-  
gemein säulenartige Fundamente aus Eisenbeton oder Eisen aus-  
geführt. Die Stützsäulen stehen auf einer gemeinsamen Betonsohle,  
und zwar wird jedes Fundament getrennt von den benachbarten  
aufgeführt, damit sich Schwingungen nicht unmittelbar übertragen  
können. Derartige Säulenfundamente kommen nur für Turbinen in  
Frage, nicht aber für Dampfmaschinen wegen deren hin- und her-  
gehenden Massen. Sie haben den Vorzug, daß die Kondensation

nicht mehr neben das Fundament gestellt werden muß, sondern unmittelbar unter den Turbinen zwischen den Stützsäulen untergebracht werden kann. Auf diese Weise ergibt sich eine möglichst geringe Grundfläche für das Gebäude und eine einfache Führung der Abdampfleitung. Auch wird dadurch die Übersichtlichkeit der Anlage erhöht. Und endlich ergibt sich eine bessere Beleuchtung der Kellerräume durch Tageslicht sowie eine leichtere Zugänglichkeit der Kondensationsanlage.

Die Luftfilter, die zur Reinigung der für die Generatorkühlung erforderlichen Luft dienen, werden gewöhnlich ebenfalls unterhalb der Generatoren zwischen den Stützsäulen aufgestellt. Sollte im Kellerraum nicht genügend Platz für die Aufstellung der Luftfilter vorhanden sein, so müssen dieselben außerhalb des Maschinenhauses in einem gemauerten oder aus Holz hergestellten Anbau untergebracht werden. Für die Ausführung der Luftkanäle empfiehlt sich Beton, gegebenenfalls mit Drahteinlagen oder in Rabitzausführung; Holz ist wegen der Feuersgefahr und Blech wegen des auftretenden Geräusches zu vermeiden.

Die Kellerhöhe ist in Anbetracht der erforderlichen großen Abmessungen der Oberflächenkondensatoren größer als bei Kolbenmaschinenanlagen zu wählen. Man bemesse die Kellerhöhe schon um deswillen genügend hoch, weil späterhin vielleicht größere Einheiten mit entsprechend größeren Kondensationsanlagen aufzustellen sind.

Sind nachträglich größere Kondensationsanlagen einzubauen, für die sich die Kellerhöhe als ungenügend erweist, so muß der Maschinenhausfußboden an der betreffenden Stelle erhöht werden. Allenfalls kann man sich auch in der Weise helfen, daß man kleinere und dafür längere Kondensatoren einbaut.

Die Kondensation ist gemäß Abschn. 70 fast durchweg eine Oberflächenkondensation. Und zwar wendet man heute seltener Kolbenpumpen, sondern hauptsächlich hoctourige rotierende Pumpen an, auch für die Kondensat- und Luftabsaugung. Die Kühlwasserpumpe ist gewöhnlich eine einstufige Zentrifugalpumpe, während die Kondensatpumpe als mehrstufige Zentrifugalpumpe ausgebildet ist, die für das Ansaugen bei höchstem Vakuum eingerichtet sein muß. Bezüglich der Kühlwasser- und Kondensatpumpen bestehen keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Ausführungen der verschiedenen Firmen, wogegen die zur Luftabsaugung dienenden Pumpen in der mannigfachsten Art und Anordnung ausgeführt werden. Am häufigsten wird wohl heute eine Strahlpumpe mit direkt angebautem oder getrennt aufgestelltem Strahlapparat (Fig. 84) verwendet, von dem aus das Wasser frei abfließen kann. Bei getrennter Aufstellung des Strahlapparates ist man von den örtlichen Verhältnissen weniger abhängig, insofern als man den Strahlapparat an jeder beliebigen Stelle unterbringen kann.

Jede Turbine erhält ihre besondere Kondensation. Eine Zentralisierung der gesamten Kondensationsanlage hätte zwar den Vorzug, daß man mit einer geringeren Anzahl Hilfsmaschinen auskäme



und den Betrieb allenfalls wirtschaftlicher gestalten könnte; jedoch würde die Zentralisierung ausgedehnte und komplizierte Rohrleitungen bedingen, wodurch die Übersicht über den Betrieb erschwert und die Betriebssicherheit namentlich durch Eintreten von Luft in die vielen Dichtungen der langen Vakuumleitungen verringert wird. Zentralkondensationen kommen deshalb nur in Betracht, wenn besondere Verhältnisse, z. B. schwierige Kühlwasserbeschaffung, vorliegen, zumal sie erhebliche Druckverluste, d. h. eine Verschlechterung des Vakuums an den Turbinen mit sich bringen.

Vielfach erfolgt der Antrieb der Luftpumpe, der Kondensat- und der Kühlwasserpumpe durch einen gemeinsamen Elektromotor. Mitunter werden auch die Pumpen, insbesondere die Kühlwasserpumpe, durch einen separaten Motor angetrieben, nämlich da, wo es örtliche Verhältnisse oder große Saughöhe erfordern.

Gegen den Antrieb der Pumpen durch Elektromotoren, die an die Sammelschienen der Zentrale angeschlossen sind, ist nichts einzuwenden, wenn man sicher sein kann, daß stets Strom zur Verfügung steht. Handelt es sich um Gleichstrommotoren, so ist dies bei Vorhandensein einer Batterie stets der Fall. Bei Drehstromantrieb jedoch kann es bei Eintritt eines Kurzschlusses, unter Umständen schon bei starken Spannungsschwankungen vorkommen, daß sämtliche Kondensationen ausfallen. Die Kesselanlage ist aber bei mittleren und größeren Kraftwerken nicht imstande, so viel Dampf zu liefern, daß die Turbinen auch nur vorübergehend mit Auspuff betrieben werden können.

Wo eine größere Zahl von Turbinen aufgestellt ist, kann man sich allenfalls bei reinem Drehstromantrieb dadurch helfen, daß man eine der Turbinen mit Auspuff anlaufen und den Strom für die Antriebsmotoren der übrigen Kondensationen liefern läßt.

Wo eine Hilfsstromquelle oder eine genügend große Akkumulatorenbatterie nicht vorhanden ist, sollte mindestens ein Aggregat durch eine unabhängige Energiequelle, d. h. durch eine besondere Dampfturbine angetrieben werden. Der Dampftrieb hat allerdings den Nachteil, daß er einen großen Dampfverbrauch ergibt. Wird der Energiebedarf der Kondensation durch elektrischen Antrieb, d. h. von den Hauptmaschinen aus gedeckt, so ist dies wirtschaftlicher, weil die Hauptmaschinen die geringe zusätzliche Belastung mit geringstem Dampf- und Kohlenverbrauch übernehmen. Jedoch läßt sich bei direktem Dampftrieb die Dampfausnutzung dadurch verbessern, daß man den Abdampf der Hilfsturbine entweder in eine entsprechende Stufe der Hauptturbine einleitet, wo er bis zur Kondensatorspannung expandiert, oder ihn zur Vorwärmung des Speisewassers oder Kondensats verwertet. Dies kann durch direkte Einleitung des Abdampfs in das Speisewasserbassin oder durch Aufstellung eines besonderen Vorwärmers geschehen.

Um den Kraftbedarf der Kühlwasserpumpen möglichst zu verringern, empfiehlt es sich, die Rohrleitungen und Zuflußkanäle reich-

lich zu bemessen und vor allem die Wasserführung so anzuordnen, daß vollkommener Wasser- bzw. Kraftschluß vorhanden ist. Dies wird dadurch erreicht, daß man das aus dem Kondensator austretende Kühlwasser in einer geschlossenen Leitung in die Kühlwasser-Ablaufleitung oder in den Ablaufkanal führt, und daß man den höchsten Punkt der Leitung unter Zwischenschaltung eines etwa  $10\frac{1}{2}$  m hohen Barometerrohres mit der Luftpumpe verbindet und auf diese Weise ständig entlüftet. Durch die kraftschlüssige Wasserführung wird erreicht, daß die Kühlwasserpumpe außer den Bewegungswiderständen im Kondensator und in den Leitungen nur die zur Wasserhebung vom Zufuß- auf den Abfußspiegel erforderliche Arbeit zu leisten hat.

Erfolgt der Wasseraustritt aus dem Kondensator unmittelbar ins Freie, wie z. B. bei Vorhandensein eines Rückkühlwerkes, so ist kein Wasserschluß vorhanden. Es ist alsdann eine dementsprechend größere Pumpenarbeit erforderlich.

Wenn aus irgend einem Grunde die Kellerhöhe knapp bemessen werden muß, so kann man den Kondensator ohne Sockel unmittelbar auf die Kellersohle stellen. Um alsdann ein betriebssicheres Arbeiten der Kondensatpumpe auch bei höchstem Vakuum zu erreichen, muß das Pumpenaggregat in einer Vertiefung der Kellersohle aufgestellt werden, damit man das erforderliche Gefälle von Unterkante Kondensator bis Mitte Kondensatpumpe gewinnt. Man erhält dadurch gleichzeitig die Möglichkeit, den Kondensator nach beiden Seiten ausziehen zu können. Falls eine Vertiefung der Kellersohle an der Stelle, an der die Pumpenaggregate aufzustellen sind, nicht erwünscht ist, so kann man sich in der Weise helfen, daß man anstatt der üblichen horizontalen Kondensatpumpe eine von der Pumpenwelle aus mittels Schneckenrad angetriebene vertikale Kondensatpumpe anwendet. Auf diese Weise wird nur eine kleine Aussparung für die Kondensatpumpe nötig, die mittels Riffelblech abgedeckt werden kann.

Zweckmäßig wird im Maschinenhausfußboden über den Pumpen eine Öffnung vorgesehen, damit man die Pumpen vom Maschinenhausflur aus beobachten und mittels des im Maschinenhaus befindlichen Krans leicht demontieren kann.

Um zu verhüten, daß bei Betriebsstörungen an den Pumpen einer Kondensation die betreffende Turbine außer Betrieb gesetzt werden muß, empfiehlt es sich, die Kondensationen sämtlicher Maschinen, oder doch wenigstens einzelner Gruppen miteinander zu verbinden. Und zwar verbinde man bei den Kondensat- und Luftpumpen die Saugleitungen, indem man sie aus je einer gemeinsamen Leitung saugen läßt, an die die sämtlichen Kondensatoren angeschlossen sind. Bei den Kühlwasserpumpen verbinde man die Druckleitungen, indem man eine gemeinsame Leitung anordnet, in die sämtliche Kühlwasserpumpen drücken und von der aus die Abzweigungen nach den Kondensatoren gehen. Eine Verbindung der

Saugleitungen ist hier zu vermeiden, weil sonst eine Pumpe der andern das Wasser wegsaugt.

Wenn bei einer derartigen Verbindung der Kondensationen an einer der Pumpen eine Störung eintritt, so müssen bis zu deren Behebung die übrigen Pumpen etwas mehr leisten. Wenn z. B. die Kühlwasserpumpe herausfällt, so muß man sich gegebenenfalls mit einem etwas geringeren Vakuum begnügen. Fällt eine Luftpumpe heraus, so beeinträchtigt dies im allgemeinen das Vakuum nicht. Sind nämlich die Leitungen, die Schieber, die Stopfbüchsen usw. gut dicht, so sind die Luftpumpen meist zu groß und haben nur wenig zu leisten. Wenn jedoch infolge von Undichtheiten Luft eindringt, so dehnt sich diese bei dem hohen Vakuum im Kondensator so stark aus, daß die Luftpumpe für deren Fortschaffung unter Umständen zu klein ist. Bei geordnetem Betrieb können demnach die Luftpumpen ohne weiteres die Mehrleistung übernehmen, die durch den Ausfall einer Pumpe bedingt ist.

Bei Verbindung der Kondensationen ist dafür Sorge zu tragen, daß genügend Absperrorgane vorhanden sind. Man muß z. B. in der Lage sein, einen Kondensator oder eine der Pumpen zu öffnen und nachzusehen, während die andern Aggregate im Betrieb sind.

Anstatt die Pumpenleitungen miteinander zu verbinden, kann man auch die Abdampfstutzen zwischen Turbinen und Kondensatoren miteinander verbinden. Man ist alsdann bei Störungen an einer Kondensation ebenfalls in der Lage, mit der betreffenden Turbine auf die Kondensation der übrigen Turbinen zu arbeiten. Um hierbei die nötigen Absperrungen vornehmen zu können, müssen in jedem Abdampfstutzen zwei Schieber vorgesehen werden, von denen der eine unmittelbar hinter dem Turbinenaustritt, der andere unmittelbar vor dem Eintritt in den Kondensator anzuordnen ist. Durch den zweiten Schieber und das Verbindungsrohr zwischen den Abdampfstutzen wird hier eine etwas größere Kellerhöhe notwendig.

Bei Mangel an Wasser wird ein Kühlwerk angeordnet. Wenn auch hierbei das Vakuum schlechter und der Dampfverbrauch der Turbinen entsprechend höher ist, so werden in derartigen Fällen, in denen an sich vielleicht Kolbenmaschinen vorzuziehen wären, doch Turbinen angewendet, wenn deren sonstige Vorzüge entscheidend sind.

Wenn für die Kondensation ausreichend Flußwasser zur Verfügung steht, so erfolgt dessen Zu- und Ableitung bei kleineren Anlagen mittels Rohrleitungen, bei größeren mittels Betonkanälen. Die Zulaufkanäle sind hierbei so tief anzulegen, daß der Zulauf auch bei niederstem Wasserstand gesichert ist. Sowohl in Rohrleitungen als auch in Kanälen sollte die Wassergeschwindigkeit genügend hoch sein, so daß keine Schlammablagerung stattfindet.

Bei Zu- und Ableitung des Wassers mittels Kanälen legt man vielfach den Zu- und Ablaufkanal in der Nähe des Kraftwerkes ein Stück weit übereinander, um die Kosten für Erdaushub bzw. Erdbewegung möglichst zu verringern. Dies ist ohne weiteres möglich,

da der Zulaufkanal nach dem Kraftwerk hin Gefälle besitzt, während der Ablaufkanal vom Kraftwerk nach dem Fluß hin fällt. In der Nähe des Kraftwerkes liegt also der Zulaufkanal ziemlich tief, der Ablaufkanal dagegen hoch.

Eine Reinigung der Kanäle ist im allgemeinen nicht notwendig. Ablagerungen von Schmutz treten bei genügend hoher Wassergeschwindigkeit nicht ein. Vorausgesetzt ist hierbei, daß am Einlauf eine Filteranlage mit Klärbecken oder doch mindestens ein Rechen mit dahinter angeordneten Sieben vorgesehen ist, durch die gröbere Unreinigkeiten zurückgehalten werden. Der feine Schmutz wird vom Wasser mitgenommen und geht mit durch die Kondensation.

## 70. Projektierung von Kondensationsanlagen.

Durch die Anwendung der Kondensation wird der Gegendruck der Maschinen herabgesetzt und somit das ausnützbare Druck- und Temperaturgefälle vergrößert. Die Folge ist eine bessere Ausnutzung der Expansivkraft des Dampfes und damit eine Verringerung des Dampf- und Kohlenverbrauches. Letzterer läßt sich bei Kolbenmaschinen bis zu etwa 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub> verringern. Größere Maschinen werden deshalb aus Gründen der Wirtschaftlichkeit stets mit Kondensation betrieben, vorausgesetzt, daß keine Abdampfverwertung in Betracht kommt.

Weit erheblicher als bei Kolbenmaschinen ist der wirtschaftliche Vorteil der Kondensation bei Dampfturbinen. Da die Ausnutzung des Dampfes im Niederdruckteil der Dampfturbine günstiger ist als im Hochdruckteil, so wird hier mit möglichst hohem Vakuum gearbeitet. Je 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> besseres Vakuum zwischen den Grenzen 85 und 95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> verringert den Dampfverbrauch um etwa 1,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Man unterscheidet drei Arten von Kondensationen, die Mischkondensation, die Oberflächenkondensation und die Strahlkondensation.

Bei der Misch- oder Einspritzkondensation kommt der Dampf im Kondensator unmittelbar mit dem Kühlwasser in Berührung und mischt sich mit demselben. Der Niederschlagsraum kann hierbei für sich angeordnet oder unmittelbar mit der Luftpumpe zusammengebaut sein. Das Kühlwasser, dessen Menge durch einen Hahn vom Maschinenhausflur aus reguliert werden kann, wird durch die Luftleere im Kondensator bis zu 7 m angesaugt und durch eine Brause oder dergl. fein verteilt. — Praktisch soll man mit der Saughöhe nicht über 5 m gehen, damit bei plötzlichen großen Belastungssteigerungen das Vakuum nicht abreißt. — Der Dampf wird durch die Berührung mit dem Einspritzwasser niedergeschlagen. Das Kondensat samt dem Dampf und der Luft wird gemeinsam von der Luftpumpe abgesaugt und an die Atmosphäre gefördert.

Die Kühlwassermenge, die für jedes Kilogramm zu kondensierenden Dampfes aufzuwenden ist, liegt zwischen 20 und 45 kg.

Sie fällt um so kleiner aus, je niedriger die Temperatur des Einspritzwassers ist. Über etwa 45 bis 50°C Kondensattemperatur sollte man mit Rücksicht auf die Saugfähigkeit der Pumpe nicht gehen, zumal auch die Gummiklappen der Luftpumpe notleiden. Ausnahmsweise können höhere Temperaturen, bis etwa 60°C, zugelassen werden.

Außer der im vorstehenden beschriebenen Mischkondensation nach dem Parallelstromprinzip kommt noch die Gegenstrom-Mischkondensation in Betracht, und zwar insbesondere für größere Anlagen, wie Zentralkondensationen. Hierbei bewegt sich das Kühlwasser in der entgegengesetzten Richtung durch den Kondensator wie die Luft, weshalb eine bessere Ausnützung des Kühlwassers, d. h. ein höheres Vakuum bei geringerem Wasserverbrauch erzielt werden kann. Die Abführung von Wasser und Luft erfolgt hier getrennt, d. h. die Luftpumpe ist, im Gegensatz zur Parallelstrom-Mischkondensation, im allgemeinen eine trockene. Sie kann aber auch eine Naßluftpumpe sein, die aus dem Kondensator die Luft absaugt und in die kaltes Wasser eingespritzt wird. Dies hat den Vorteil, daß die Kompression nach der Isotherme erfolgt und daß kein Druckausgleich erforderlich ist. Beides hat einen wesentlichen Einfluß auf den Kraftverbrauch, der dadurch auf die Hälfte vermindert werden kann.

Bei der Oberflächenkondensation kommt der Abdampf mit dem Kühlwasser in keinerlei Berührung. Der Dampf kondensiert sich hier vielmehr an den Außenflächen von — bisweilen beiderseits verzinnten — Messingröhren, die innen vom Kühlwasser durchströmt werden. Seltener wird der Dampf durch die Röhren und das Kühlwasser um dieselben geführt, weil auf diese Weise die Reinigung der eng beisammen liegenden Röhren von angesetztem Schlamm und Kesselstein erschwert wird. Zur Zuführung des Kühlwassers dient eine besondere Pumpe, meist eine mit ihrem Antriebsmotor direkt gekuppelte Zentrifugalpumpe. Die Entfernung des Kondensats und des Dampf-Luftgemisches geschieht teils gemeinsam durch eine Naßluftpumpe, teils durch zwei getrennte Pumpen. Man kann auf jedes Kilogramm zu kondensierenden Dampfes etwa 30—60 kg Kühlwasser rechnen. Hierbei ist möglichste Reinheit des Kühlwassers anzustreben, da der in den Röhren sich absetzende Schlamm den Wärmeübergang sehr ungünstig beeinflusst.

Die Oberflächenkondensation ist komplizierter und verursacht um etwa 50% höhere Anlagekosten als die Einspritzkondensation.

Bei der reinen Strahlkondensation erfolgt die Hinausschaffung von Kondensat, Dampf und Luft nicht mittels Pumpen, sondern durch die Strömungsenergie bewegten Wassers. Das Kühlwasser tritt hier durch den inneren Teil des Kondensatorkörpers mit einem natürlich oder künstlich erzeugten Gefälle von 6—8 m. Das einströmende Wasser reißt hierbei den Abdampf in schräg gestellten Düsen mit sich fort und schlägt ihn bei dieser Gelegenheit nieder. Zur Zu-

führung des Wassers und gegebenenfalls auch zur Fortschaffung des Mischkondensats aus dem Ausgußbecken ist je eine besondere Pumpe notwendig. Zu erwähnen ist, daß mit Rücksicht auf die erforder-

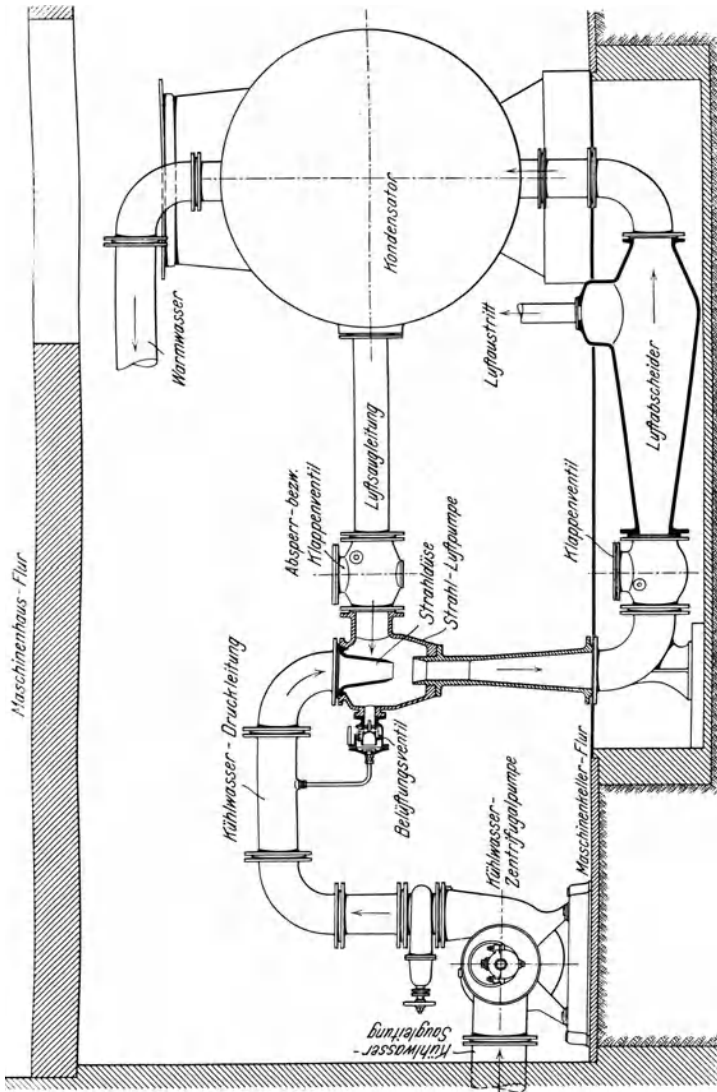


Fig. 84. Anordnung einer Kondensationsanlage mit Strahl-Luftpumpe, Patent P. H. Müller.

liche tiefe Lage des Ausgußbeckens in der Regel auch tiefere Fundamente für die Maschine notwendig sind, und daß der Verbrauch an Kühlwasser ein ziemlich hoher ist, etwa 60—80 kg für jedes Kilogramm Dampf je nach der Höhe des Wasserdruckes. Dabei beträgt

das Vakuum in der Regel nicht mehr als höchstens 90—91 ‰. Nur bei sehr kaltem Wasser lassen sich höhere Luftleeren erzielen.

Der Vorzug der reinen Strahlkondensation besteht in deren Billigkeit und deren geringem Raumbedarf, sowie darin, daß sie keine Wartung erfordert. Trotzdem jedoch wird die reine Strahlkondensation mit Rücksicht auf das niedere Vakuum und den hohen Wasserverbrauch sowie wegen ihrer Unzuverlässigkeit bei plötzlichen Undichtheiten oder Änderungen der Saug- und Druckhöhe nur noch selten angewendet. Man bevorzugt heute rotierende Strahlpumpen in Verbindung mit Oberflächenkondensatoren. Dieselben erobern sich mehr und mehr für Turbinenanlagen den ersten Platz, weil sie einfach, billig und in der Anordnung gedrängt sind. Gegenüber diesen Vorzügen nimmt man ihre Nachteile (hoher Kraftverbrauch und lange Anlaßdauer, bis das normale Vakuum erreicht ist) in Kauf. Die Anlaßdauer kann verkürzt werden, wenn ein Hilfsejektor angeordnet wird, der nur beim Anlassen in Betrieb zu nehmen ist.

Der Kraftverbrauch für die Kondensation kann bei Einspritzkondensation zu 1—2 ‰ und bei Oberflächenkondensation zu etwa 1 ‰ der Maschinenleistung bei Verwendung von Naßluftpumpen, zu etwa 2—3 ‰ bei Trockenluftpumpen oder rotierenden Luftpumpen angenommen werden. Bei Rückkühlung erhöht sich der Kraftverbrauch um etwa  $\frac{1}{2}$ —1 ‰ infolge der Wasserhebungsarbeit auf den Kühlturm.

Für Kolbendampfmaschinen verwendet man in der Regel Einspritzkondensation, da man sich hier mit einem Vakuum von 85 bis 90 ‰ zu begnügen pflegt. Ein höheres Vakuum bringt im allgemeinen keinen wirtschaftlichen Nutzen mehr, zumal mit höherem Vakuum auch die Verluste durch Drosselung (in den Auslaßorganen) und Reibung sowie durch Wärmeaustausch wachsen. Wenn auch die indizierte Arbeit noch um ein geringes vergrößert werden kann, so nehmen andererseits bei höherem Vakuum die Anschaffungskosten sowie auch der Kraftverbrauch der Kondensation zu, insbesondere bei Vorhandensein einer Rückkühlanlage, wo noch die Wasserhebung auf den Kühlturm hinzukommt.

Die Kolbenmaschine ist, im Gegensatz zur Dampfturbine, für die Ausnützung hoher Luftleeren ungeeignet. Während man in Dampfturbinen den Dampf bis zum Kondensatordruck expandieren lassen kann, muß man sich bei Kolbenmaschinen mit einem weit kleineren Expansionsverhältnis, durchschnittlich 1 : 16, begnügen, da man sonst zu große Zylinder-, Steuerungs- und Leitungsabmessungen, sowie zu große Verluste durch Wärmeaustausch und durch Reibung bekäme. Zudem ist das Vakuum im Zylinder, und nur dieses kommt für die Maschine in Betracht, infolge von Drossel- und Reibungsverlusten stets geringer als dasjenige im Kondensator. Nur bei Gleichstrom-Dampfmotoren sind die Drosselverluste infolge des Schlitzauslasses so gering, daß das Vakuum im Zylinder fast nur um den zur Erzeugung der Austrittsgeschwindigkeit notwendigen Druckabfall geringer ist als im Kondensator.

Oberflächenkondensation wendet man deshalb bei Kolbenmaschinen-Anlagen höchstens für Gleichstrommaschinen an, da hier mit Rücksicht auf den großen Kompressionsweg ein möglichst hohes Vakuum erwünscht ist. Dagegen ist für Schiffsmaschinen die Oberflächenkondensation allgemein üblich, weil hier das Kondensat wieder gespeist werden muß. Meerwasser ist nämlich infolge seines Salzgehaltes zur Kesselspeisung unbrauchbar.

Nur dort, wo das Warmwasser der Kondensation für Heiz- oder Badezwecke verwendet wird, wählt man auch für Kolbendampfmaschinen Oberflächenkondensation, um das Kühlwasser nicht durch Öl zu verunreinigen. Je nach der gewünschten Warmwasser-Temperatur wird alsdann mit entsprechend verringertem Vakuum gearbeitet. Unter Umständen kann sich in derartigen Fällen auch ein gemischter Betrieb empfehlen, wobei ein Teil des Dampfes in einem Einspritzkondensator, der für Badezwecke benötigte Dampf dagegen in einem Oberflächenkondensator niedergeschlagen wird; vgl. auch Abschn. 14. Verlegt man die zum Fortleiten des Warmwassers dienende Rohrleitung in den Boden, so sind die Verluste durch Abkühlung gering.

Für Dampfturbinen wendet man aus den obengenannten Gründen in der Regel Oberflächenkondensation an. Nur dort, wo die verfügbare Kühlwassermenge kleiner als das 40fache der zu kondensierenden Dampfmenge ist, empfiehlt sich die Aufstellung einer Gegenstrom-Mischkondensation, sofern nicht die Vorteile der Wiederverwendung des Kondensats zur Kesselspeisung die Oberflächenkondensation als wirtschaftlicher erscheinen lassen. Die Gegenstrom-Mischkondensation wird auch in solchen Fällen für Turbinen angewendet, in denen es, wie z. B. bei Reserveanlagen, auf niedrige Anlagekosten ankommt, oder wo schlechtes Kühlwasser eine zu häufige Reinigung des Oberflächenkondensators verlangen würde. Der Kraftbedarf einer Gegenstrom-Mischkondensation ist höher als der der Oberflächenkondensation.

Bei Einspritzkondensation ist ein Vakuum bis zu 94 % bei Normallast erreichbar, bei Oberflächenkondensation ein solches bis zu 98 %. Bei Rückkühlung des Wassers bleibt das erreichbare Vakuum etwa 2—3 % unter diesen Werten. Hierbei ist vorausgesetzt, daß gute Luftpumpen verwendet werden, daß die Leitungen gut dicht sind und daß der Eintritt von Luft mit dem Speisewasser verhütet wird. Es liegt im Interesse der Wirtschaftlichkeit des Betriebes, die Luftzufuhr durch das Speisewasser tunlichst zu vermeiden und auf möglichst vollkommene Dichtheit der Rohrleitung, Schieber, Stopfbüchsen usw. bedacht zu sein, da eindringende Luft nach zwei Richtungen schädlich wirkt. Einmal verschlechtert sie das Vakuum und damit den Dampfverbrauch der Maschine, da sich der Druck der Luft zu dem jeweiligen Dampfdruck im Kondensator addiert, und zum andern bedingt sie einen größeren Kraftverbrauch der Luftpumpe. Außerdem können Beimengungen von Luft Korrosionen im Kessel und Ekonomiser zur Folge haben; vgl. Abschn. 94.



Zur Entlüftung des Speisewassers empfiehlt sich eine möglichst hohe Vorwärmung desselben durch den Abdampf der Speisepumpen. Wird zur Speisung das von der Oberflächenkondensation gelieferte Kondensat benützt, so ist der Luftgehalt verschwindend gering. Man muß hier nur darauf bedacht sein, daß der Wiedereintritt von Luft verhütet wird, indem das Speisewasser auf seinem Wege zu den Dampfkesseln nie einem Unterdruck ausgesetzt und in Vorratbehältern mit möglichst geringer Oberfläche aufgespeichert wird.

Die Einspritzleitung von Mischkondensationen soll ebenfalls gut dicht und nach dem Kondensator steigend angelegt sein, etwa 1 bis 2 cm auf 1 m Länge. Die Überlaufleitung ist mit Gefälle anzulegen und soll bei großer Länge möglichst weit sein, da eine lange und enge Überlaufleitung ungünstig auf den Gang der Pumpe zurückwirkt; die Pumpe stößt hierbei und die Klappen halten schlecht. Die Wassergeschwindigkeit in der Überlaufleitung sollte in derartigen Fällen nicht über 0,5—0,8 m/sk betragen, wobei der ganze Rohrquerschnitt mit Wasser gefüllt angenommen ist. In Wirklichkeit nimmt das Wasser dann nur etwa ein Drittel des Gesamtquerschnittes in Anspruch.

Eine wichtige Frage bei der Projektierung von Kraftanlagen ist die Beschaffung des erforderlichen Kühlwassers, da von dessen Menge und Temperatur die Höhe des Vakuums und — insbesondere bei Dampfturbinen — die Größe des Dampfverbrauches abhängt. Die Kühlung mittels Brunnenwasser (Grundwasser) kommt im allgemeinen nur für kleinere Anlagen in Betracht, da dasselbe nur in geringer Menge beschafft werden kann. Brunnenwasser hat ziemlich gleichbleibende Temperatur von etwa 8—11 °C und hat den Vorteil großer Reinheit; es verursacht also keine Störungen durch Verstopfen des Kondensators oder der Pumpe. Dagegen ist Brunnenwasser bisweilen hart und erzeugt Kesselsteinablagerungen.

Für größere Kraftanlagen kommt nur Flußwasser in Betracht, dessen Temperatur je nach der Jahreszeit 8—25 °C und darüber beträgt. Da Flüsse bei Regenwetter viel Schlamm und in der Herbstzeit auch Laub mit sich führen, so empfiehlt es sich, an der Entnahmestelle einen Rechen nebst einem Filter aus Reisig und Steinschlag, dahinter gegebenenfalls noch ein Klärbecken zur Schlammablagerung und hinter diesem ein Kiesfilter vorzusehen. Wo es sich um größere Anlagen handelt, bei denen die Wasserzuführung nicht durch Rohrleitungen, sondern durch Kanäle erfolgt, begnügt man sich vielfach auch mit der bloßen Anbringung von Rechen und Drahtsieben.

Da Flußwasser oft durch chemische Fabriken verunreinigt wird, so ist festzustellen, ob Gußeisen und Schmiedeeisen durch dasselbe angegriffen werden. Wo dies zutrifft, sind die Schrauben im Innern der Kondensation aus Deltametall oder Nickelstahl und die Kolben und Ventile aus Rotguß zu machen sowie die Zylinder auszubüchsen. Auch empfehlen sich in derartigen Fällen keine schmiedeeisernen

Leitungen, sondern gußeiserne, da letztere wegen ihrer Gußhaut weniger leicht angegriffen werden.

Die auf Kohlenzechen zur Verfügung stehenden Grubenwässer sind oft sauer. Man hat alsdann wiederum den Pumpenkolben und die Ventile aus Rotguß zu machen und den Zylinder auszubüchsen. Ebenso sind Gußeisenrohre zu verwenden. Bezüglich der Temperatur der Grubenwässer ist zu bemerken, daß sich dieselbe ganz nach der Teufe richtet. Sie beträgt etwa 20—25 ° C und ist wenig veränderlich.

Ist das Kühlwasser eisenhaltig, so müssen die Leitungen wegen der Ockerablagerungen leicht gereinigt werden können. Wird auch der Kondensator und die Pumpe öfters gereinigt, so sind durch den Eisengehalt keine weiteren Nachteile zu gewärtigen. Dagegen tritt bei dem oft staubhaltigen Wasser von Zementfabriken ein rascher Verschleiß des Pumpenkolbens ein.

Wo die Menge des zur Verfügung stehenden Kühlwassers sehr beschränkt ist, muß man sich zur Aufstellung einer Rückkühlanlage entschließen; vgl. Abschn. 78. Hier beträgt die mittlere Wassertemperatur 25—35 ° C. Man braucht infolgedessen zur Abführung der gleichen Wärmemenge mehr Wasser, und es sind der Kondensator und die Pumpen entsprechend reichlicher zu bemessen. Trotzdem jedoch ist im allgemeinen das Vakuum bei Rückkühlung ein schlechteres.

Bei Kühlwerken soll das Öl auf der Oberfläche des Wassers im Sammelbassin möglichst oft abgeschöpft werden, besonders bei Oberflächenkondensation, um die Ablagerung von Öl in den Kühlrohren zu verringern. Ein Ölanatz verschlechtert bekanntlich den Wärmedurchgang. Es kann sich hier unter Umständen die Anordnung eines Klärbeckens empfehlen.

## 71. Projektierung von Leuchtgas-, Benzol- und Naphthalinmaschinen.

Die Aufstellung der Motoren soll tunlichst in einem frostfreien Raum erfolgen. Wo dies nicht möglich ist, muß nach Betriebsschluß das Wasser aus den Kühlräumen und -leitungen des Motors abgelassen werden. Ferner muß das Anlassen von Flüssigkeitsmotoren in der Winterszeit gegebenenfalls mit Leichtbenzin oder mit entsprechend angewärmtem Brennstoff erfolgen; vgl. in dieser Hinsicht Abschn. 99.

Die kleinste Raumhöhe ist bei liegenden Motoren durch den Schwungraddurchmesser bedingt, sofern nicht die behördlichen Vorschriften eine größere Höhe vorschreiben. Bei stehenden Motoren muß die Raumhöhe um die Flaschenzughöhe größer sein als die Entfernung vom Maschinenhausfußboden bis Oberkante Zylinder, zuzüglich der halben Kolbenlänge und der Schubstangenlänge. Ist in der Decke über dem Motor eine Öffnung vorhanden, so genügt es allenfalls, wenn die Raumhöhe etwas größer als die Maschinenhöhe ist.

Die Aufstellung der Motoren soll derart erfolgen, daß sie bequem zu bedienen sind. Zu diesem Zweck soll bei liegenden Motoren die Steuerwellenseite nach der Raumseite liegen; der Riemen kommt alsdann an die Wandseite. Auch bei stehenden Motoren muß die Bedienungsseite frei zugänglich sein.

Zweckmäßig soll an allen Seiten, die zur Bedienung zugänglich sein müssen, der Abstand zwischen Gebäudewand und äußerstem Maschinenpunkt mindestens 500—700 mm betragen. Speziell bei liegenden Maschinen ist der Raum hinter dem Zylinderkopf in der Längsachse des Motors so groß zu wählen, daß der Laufzylinder, wenn er als einschiebbare Büchse ausgebildet ist, nach hinten herausgezogen werden kann.

Ist es notwendig, einen Motor sehr nahe an die Wand zu stellen, so kann ein allenfalls vorhandenes Außenlager mit Mauerkasten unmittelbar in der Wand befestigt und vom benachbarten Raum aus bedient werden. Mit Rücksicht auf die Übertragung von Erschütterungen und Geräuschen sollte jedoch das Maschinenfundament von den Gebäudefundamenten getrennt aufgeführt werden; vgl. in dieser Hinsicht Abschn. 85.

Ob im übrigen ein Motor in einem Raum für sich aufzustellen ist oder nicht, hängt von den Vorschriften der Feuerversicherung ab, die je nach dem verwendeten Brennstoff verschieden sind. Auch ist zu berücksichtigen, ob in den übrigen Arbeitsräumen viel Staub entsteht.

Motoren sind gewöhnlich rechtslaufend, wobei der Hauptarbeitsdruck in der Gleitbahn des Zylinders nach unten wirkt. Kann der Motor mit Rücksicht auf die gegebene Drehrichtung der Transmission nicht so aufgestellt werden, daß seine Bedienungsseite bequem zugänglich ist, so kann man sich bei kleineren Motoren dadurch helfen, daß man den Motor links herum laufen läßt. Wenn möglich sollte dies jedoch vermieden werden, schon deshalb, weil Linksläufer unter Umständen nicht sofort lieferbar sind. Linksläufer sind hauptsächlich mit Rücksicht auf die Kolbensmierung nicht erwünscht, weil sich das Schmieröl oben weniger gut hält; es hat stets das Bestreben, nach unten zu fließen. Auch neigen die Kolben von Linksläufern mehr zum Klopfen.

An sich bietet es bei Motoren, bei denen der Antrieb der Steuerwelle durch sich kreuzende Schraubenräder erfolgt, keine Schwierigkeit, die Drehungsrichtung zu ändern. Man hat nur die Steuerräder (Schraubenräder) auszuwechseln.

Ist bei Leuchtgasmotoren infolge der schluckweisen Gasentnahme aus der Leitung ein Zucken der Gasflammen in der Nachbarschaft zu befürchten, so ist ein Gasdruckregler einzuschalten. Bei Motoren mit Glührohrzündung ist die Leitung zum Glührohr vor dem Gasdruckregler, d. h. zwischen Gasuhr und Gasdruckregler abzuzweigen. Die Gasuhr ist möglichst in einem kühlen Raum aufzustellen. Bei Aufstellung der Gasuhr in übermäßig geheizten Räumen wird zum Schaden des Besitzers ein höherer Gasverbrauch angezeigt.

Die Brennstoffzuleitungen von Flüssigkeitsmotoren sind so zu verlegen, daß keine Luftsäcke entstehen, da diese den regelmäßigen Zutritt des Brennstoffs zur Maschine beeinträchtigen und Anlaß zu Betriebsstörungen geben. Wo sich Luftsäcke nicht vermeiden lassen, ist eine Entlüftung der Leitung vorzusehen.

Die Auspuffleitung ist möglichst bis über Dach zu führen, damit die Nachbarschaft nicht durch Rauch (Öldampf) und Ruß belästigt wird. Ein Rußen des Auspuffs soll allerdings bei ordnungsmäßiger Einstellung des Motors nicht vorkommen.

Bis etwa 3—4" engl. Lichtweite verwendet man für die Auspuffleitung Gasrohre, darüber hinaus Gußeisenrohre. Schmiedeisenrohre sind zwar in der Anschaffung billiger als gußeiserne, halten aber gegenüber den chemischen Angriffen der Auspuffgase nicht lange stand, wenigstens an den Stellen, wo die Auspuffgase zu kondensieren beginnen.

Die Auspuffleitung ist möglichst geradlinig zu verlegen. Viele Krümmer erhöhen den Auspuffwiderstand und sind deshalb schädlich. Im übrigen verlege man die Auspuffleitung so, daß sie möglichst gut zugänglich ist, damit bei etwaigen Rohrbrüchen infolge von Wärmedehnungen der Schaden leicht behoben werden kann. Und endlich ist die Auspuffleitung so zu führen, daß das Kondensat aus den Verbrennungsprodukten nicht in den Motor zurückläuft. Die Auspuffleitung soll deshalb Gefälle nach dem Auspufftopf besitzen, so daß das Wasser in den Auspufftopf fließt. Wo der Auspufftopf aus irgendwelchen Gründen höher gestellt werden muß, ist die Auspuffleitung am tiefsten Punkt zu entwässern; desgleichen wenn die Auspuffleitung vom Motor aus direkt nach oben geführt werden muß.

Der Auspufftopf muß zugänglich sein, damit er durch Öffnen des Entwässerungshahnes bequem entleert werden kann. Bei größeren Motoren sollte der Auspufftopf mit Rücksicht auf die Wärmeentwicklung außerhalb des Motorraumes aufgestellt werden. Andererseits jedoch soll der Auspufftopf möglichst nahe beim Motor sein, damit die Gase sofort einen Raum zur Ausdehnung vorfinden. Dies ist insbesondere bei Zweitaktmotoren von Wichtigkeit, da hier die Zeit des Ausblasens sehr kurz ist. Es empfiehlt sich deshalb bei Zweitaktmotoren, die Leitung zwischen den Auspuffschlitzen und dem Auspufftopf möglichst weit zu machen, um den Gegendruck möglichst herabzusetzen.

Die Auspuffleitung größerer Motoren ist so anzulegen, daß Ausdehnungen durch die Erhitzung keine schädlichen Rückwirkungen auf den Zylinderkopf bzw. auf den Anschlußkrümmer am Motor ausüben können. Man setzt deshalb den Ausblasetopf häufig auf Rollen (Gasrohre). Stopfbüchsen sind nach kurzer Zeit unwirksam, weil die Rohre in der Stopfbüchse festbrennen oder festrostet.

Wärmedehnungen der Auspuffleitung sind besonders bei Gußeisenrohren zu berücksichtigen, da sonst leicht Rohrbrüche, unter Umständen auch Zylinderkopfbüche auftreten können. Schmied-

eiserne Auspuffrohre besitzen größere Nachgiebigkeit. Man baut deshalb nicht selten an solchen Stellen, an denen größere Wärmedehnungen aufzunehmen sind, schmiedeiserne elastische Rohrstücke ein.

Wo es sich darum handelt, das Auspuffgeräusch möglichst zu dämpfen, sind zwei Auspufftöpfe hintereinander aufzustellen. Denselben Zweck erfüllt natürlich auch ein einziger besonders großer Topf.

Wo Wasserleitungsanschluß vorhanden ist, empfiehlt sich für kleinere Motore die Durchfluß- oder Frischwasserkühlung. Hierbei ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß alle Kühlwasserausflußstellen sichtbar sind.

Wo Zirkulations- oder Gefäßkühlung angewendet wird, sind die Kühlgefäße an einem möglichst kühlen luftigen Ort aufzustellen, damit eine gute Wärmeableitung stattfindet. Keinesfalls sollte das Kühlgefäß von der Sonne beschienen werden. Das Kühlgefäß soll im übrigen möglichst auf gleicher Höhe wie der Motor stehen, besser noch etwas höher. Die Verbindungsleitungen zwischen Kühlgefäß und Motor sind reichlich zu bemessen und ohne scharfe Krümmungen zu verlegen. Bei größeren Anlagen und bei besonderen örtlichen Verhältnissen kann sich eine Pumpe zur Unterstützung der Zirkulation empfehlen. Auch dort, wo das Kühlgefäß in ziemlicher Entfernung vom Motor aufgestellt werden muß, ist eine Pumpe am Platz.

Die Größe des Kühlgefäßes richtet sich nach der größten Betriebsdauer. In heißen Gegenden sind die Kühlgefäße entsprechend reichlicher zu bemessen.

Wo die Aufstellung eines Kühlgefäßes nicht beliebt wird, kann man sich auch der Verdampfungskühlung bedienen. Diese kommt für Naphthalinmotoren ausschließlich in Betracht, wenn die Verflüssigung des Naphthalins durch die Kühlwasserwärme stattfindet. Bei einigen Brennstoffen, insbesondere Benzin, kommt es vor, daß bei starker Beanspruchung des Motors scharfe Zündungen auftreten, die ein — an sich zwar ungefährliches — Stoßen des Motors zur Folge haben. Für solche Brennstoffe ist daher eine andere Kühlung, die eine Regulierung der Kühlwirkung zuläßt, der Verdampfungskühlung im allgemeinen vorzuziehen.

Die Zirkulations- oder Gefäßkühlung erfordert den geringsten Wasserverbrauch und ergibt am wenigsten Kesselsteinansatz in den Kühlräumen.

Bei Frischwasser- und Gefäßkühlung ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Leitungen, ebenso wie die Kühlräume des Motors, bei Eintritt von Frost entleert werden können. Es ist deshalb am tiefsten Punkt der Wasserleitung ein Entwässerungshahn oder ein Stopfen anzuordnen.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß bei Motoren, die mit flüssigen Brennstoffen arbeiten, Rücksicht auf die bestehenden behördlichen und sonstigen Vorschriften zu nehmen ist; vgl. Abschn. 64.

## 72. Projektierung von Hochdruck-Ölmaschinenanlagen.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf Dieselmotorenanlagen; vgl. auch Abschn. 89 und 90.

Bezüglich des Aufstellungsraumes und der Zugänglichkeit des Motors gilt im wesentlichen dasselbe, wie für Leuchtgas-, Benzol- und Naphthalinmaschinen.

Hinsichtlich der Brennstofflagerung sei auf Abschn. 83 verwiesen.

Die Brennstoffleitungen sind auch hier so zu verlegen, daß keine Luftsäcke entstehen. Wo sich diese nicht vermeiden lassen, ist eine Entlüftung der Leitung vorzusehen. Bei zähflüssigen Brennstoffen, wie Masut, Residuum usw., mache man die Leitung besonders weit. Ferner empfiehlt es sich, die Brennstoffleitungen so zu verlegen, daß sie vor Abkühlung geschützt sind, weil manche Brennstoffe bei zu geringer Temperatur entweder zähflüssig werden, oder feste Bestandteile ausscheiden, die die Leitungen und Brennstoffpumpen verstopfen. Es sei in dieser Hinsicht besonders auf Steinkohlenteeröl hingewiesen, das je nach seiner Zusammensetzung dazu neigt, bei Temperaturen unter etwa 10—15° C Naphthalinkristalle auszuscheiden.

Was die Größe und Anzahl der aufzustellenden Brennstofffilter betrifft, so ist hierauf hauptsächlich die Reinheit des Treiböles von Einfluß. Im allgemeinen verwendet man für kleinere und mittlere Motoren mit nur einem Brennstoff zwei Filtergefäße. Die Anordnung der Filter soll so sein, daß sie in der Brennstoffleitung nicht hintereinander, sondern parallel geschaltet sind, damit man in der Lage ist, während des Betriebes ein Filter auszuschalten und zu reinigen oder in Ordnung zu bringen. Zweckmäßig ist es, die Filter so anzuordnen, daß bei einer Undichtheit derselben der Brennstoff nicht an der Wand herunterlaufen kann, sondern in Auffangschalen unterhalb der Filter läuft.

Bei zwei verschiedenen Brennstoffen sind mindestens drei Filter anzuordnen, eines für den Hilfszündstoff und zwei für den Hauptbrennstoff.

Bei größeren Anlagen ist gegebenenfalls die Zahl der Filter entsprechend der durchfließenden Brennstoffmenge zu vermehren. Auch empfiehlt es sich hier, die Brennstoff-Vorratsgefäße und Filter in einem besonderen Nebenraum aufzustellen. Durch Zentralisierung der Filteranlage erreicht man eine größere Übersichtlichkeit und erhöht auch die Betriebssicherheit, insofern als sich dann mit geringeren Mitteln eine ausreichende Reserve schaffen läßt.

Filter sind, wo es die örtlichen Verhältnisse zulassen, in solcher Höhe aufzustellen, daß sie bequem zugänglich sind. Es ist dies mit Rücksicht auf ihre Wartung und Instandhaltung erwünscht.

Bezüglich der Anordnung und Entwässerung der Abspuffleitung gelten die im letzten Abschnitt entwickelten Gesichtspunkte im wesent-

lichen auch hier. Bei mehreren Motoren empfiehlt es sich, getrennte Auspuffrohre vorzusehen, damit bei Stillstand eines Motors nicht die Auspuffgase der übrigen Motoren in denselben eintreten können, und damit man bei Rußen des Auspuffs sofort erkennt, welcher Motor mit schlechter Verbrennung arbeitet.

Die Anordnung des Auspufftopfes auf Rollen zwecks Aufnahme der Wärmedehnungen der Auspuffleitung genügt für kleinere Motoren. Bei großen Motoren würde die Beweglichkeit des Auspufftopfes durch dessen Gewicht sowie durch das auf dem Topf lastende Gewicht der Auspuffleitung in Frage gestellt, zumal nach kurzer Zeit ein Verschmutzen und Festsetzen der Rollen eintritt. Um hier genügende Nachgiebigkeit der Auspuffleitung gegenüber Wärmedehnungen zu erreichen, empfiehlt sich der Einbau von schmiedeisernen elastischen Rohrstücken (z. B. Bogenstücken) oder von besonderen Ausdehnungsstücken. Auch Stopfbüchsen können hier angewendet werden.

Um das Auspuffgeräusch zu dämpfen, kann man an Stelle eines zweiten Auspufftopfes auch eine oder zwei gemauerte Auspuffgruben (Schallgruben) vorsehen; vgl. z. B. Fig. 112. Gemauerte Auspuffgruben fallen für große Motoren billiger aus als schmiedeiserne Auspufftöpfe von den hier erforderlichen Abmessungen. Ebenso wie die Auspufftöpfe, müssen auch gemauerte Auspuffgruben entwässerbar sein. Solche Auspuffgruben sollten mit Rücksicht auf eine immerhin mögliche Explosion aus Beton mit Drahteinlagen ausgeführt werden.

Erfolgt die Kühlung mittels durchfließenden Frischwassers, so kommt ein Anschluß an die städtische Wasserleitung wegen der hohen Kosten im allgemeinen nur für kleinere Motoren in Betracht. Größere Fabrikbetriebe entnehmen ihr Wasser in der Regel aus einer eigenen Brunnenanlage, schon mit Rücksicht auf ihren sonstigen Wasserbedarf. Das Wasser wird hierbei in ein hochliegendes Reservoir gepumpt, das gegebenenfalls in einem besonderen Turm unterzubringen ist; vgl. Fig. 111 und 114. Von dem Reservoir aus fließt das Wasser unter eigenem Druck (mindestens  $\frac{1}{2}$  at) durch die Kühlräume des Motors.

Die Höhenlage des Reservoirs ist deshalb so zu wählen, daß es mindestens 5 m über der höchsten Stelle des ablaufenden Kühlwassers liegt.

Läßt sich ein größeres hochliegendes Reservoir nicht aufstellen, so kann das Wasser mittels einer Pumpe durch die Kühlräume des Motors gedrückt werden. Doch ist es zweckmäßiger, das Wasser erst in einen kleineren Hochbehälter mit Schwimmvorrichtung zu fördern, der entweder bei Versagen der Pumpe ein Signal gibt oder automatisch Wasser aus der städtischen Wasserleitung in den Hochbehälter eintreten läßt. Beim Arbeiten mittels Pumpe (ohne Reservoir) kann es bei Versagen der Pumpe leicht vorkommen, daß der Motor zu heiß wird, und daß infolgedessen der Zylinderkopf reißt.

Wo möglichst Wasser gespart werden soll, empfiehlt sich die Aufstellung einer Rückkühlanlage (Kühlturm oder Gradierwerk); vgl.

Fig. 113. Die Rückkühlung und Wiederverwendung des Kühlwassers hat noch den Vorteil, daß die Ablagerung von Schlamm und Kesselstein in den Kühlräumen erheblich verringert wird.

Es ist von größter Wichtigkeit, daß alle Teile des Motors stets genügend von Kühlwasser durchflossen sind. Aus diesem Grunde sollte man die Kühlwasserausflußstellen, wenn irgend möglich, sichtbar machen, am besten durch Ablauf des Kühlwassers in offene Trichter.

Größere Dieselmotoren von liegender Bauart müssen so aufgestellt werden, daß die Steuerung von unten zugänglich ist.

Wenn es sich bei besonders ungünstigen Untergrundverhältnissen darum handelt, die Fundamenterschütterungen auf ein möglichst geringes Maß herabzusetzen, so empfiehlt sich die Aufstellung möglichst langsamlaufernder oder mehrzylindriger Motoren. Vollständig ausbalancieren lassen sich nur die rotierenden Massen. Bei Drei- und Mehrzylindermaschinen liegen die Verhältnisse bezüglich des Massenausgleichs etwas günstiger als bei Einzylindermaschinen. Ein gänzlicher Massenausgleich (bis auf den Kompressor) läßt sich jedoch nur bei Sechszylinderanordnung erreichen; vgl. im übrigen Abschn. 77 und 85.

Bei größeren Anlagen ist das Vorhandensein eines Laufkranes, der für die schwersten zu hebenden Stücke ausreicht, erwünscht. Bei kleineren Anlagen genügt auch ein T-Träger über der Maschinenmitte mit darauf beweglicher Laufkatze.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß bei der Projektierung von Hochdruck-Ölmaschinenanlagen auch auf die bestehenden behördlichen und sonstigen Vorschriften Rücksicht zu nehmen ist; vgl. Abschn. 64.

### 73. Projektierung von Kraftgasanlagen.

Für den maschinellen Teil gilt im wesentlichen dasselbe wie für Leuchtgasmotoren; es sei deshalb im nachfolgenden hauptsächlich von der Gaserzeugungsanlage die Rede.

Die Generatoranlage sollte stets vom Motor getrennt werden

1. wegen der Staubentwicklung beim Beschicken der Generatoren und beim Aschen- und Schlackenziehen,
2. mit Rücksicht auf austretendes Kraftgas, das blanke Metallteile angreift.

Wenngleich während des Betriebes in der Generatoranlage Unterdruck herrscht, so läßt es sich doch beim Inbetriebsetzen, beim Beschicken und Schlacken des Generators nicht ganz vermeiden, daß Gase austreten, die das Personal im Maschinenraum belästigen würden.

Die Generatoranlage soll andererseits nicht zu weit vom Motor entfernt sein, da lange Rohrleitungen eine größere Lichtweite erfordern und infolgedessen teurer ausfallen. Indem man Generatoranlage und Motor möglichst nahe zusammenrückt, erhöht man außerdem die Übersichtlichkeit der Gesamtanlage und erleichtert deren Bedienung, insbesondere beim An- und Abstellen.



In den Fig. 85 und 86 sind zwei vollständige Generatoranlagen dargestellt, von denen die eine für den Betrieb mit Koks und Anthrazit, die andere für den Betrieb mit Braunkohlenbriketts bestimmt ist.

Die Mindesthöhe des Generatorraums ergibt sich gleich dem Abstand vom Boden bis zur Oberkante Stochöffnung auf dem Deckel des Generators zuzüglich der Länge des Schüreisens. Das Schüreisen wiederum ist so lang zu machen, daß es von der Stochöffnung bis zum Rost hinunterreicht und noch bequem mit der Hand gefaßt werden kann. Gegebenenfalls läßt sich die Raumhöhe durch eine Aussparung in der Decke über der Generatoröffnung bis auf das von der Polizei vorgeschriebene Mindestmaß verringern.

Die zur Bedienung der Generatoranlage erforderliche Mindesthöhe zwingt häufig dazu, den Generatorraum vertieft anzuordnen. Hierbei ergibt sich gleichzeitig der Vorteil der bequemen Beschickung der Generatoren. Der Brennstoff wird vom Eisenbahnwagen in Bunker zu ebener Erde geschüttet und von dort in die Generatoren gefüllt, deren Bedienungsbühne mit dem umgebenden Terrain in gleicher Höhe liegt. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß das aus der Generatoranlage (Skrubber) austretende Abwasser sowie gegebenenfalls das Kühlwasser des Motors möglichst mit natürlichem Gefälle abfließen kann, da andernfalls besondere Pumpen erforderlich sind, um das Wasser hochzuheben. Diese Pumpen müssen mit Rücksicht auf die chemischen Angriffe des Skrubberwassers, das immer mehr oder weniger säurehaltig ist, aus möglichst säurebeständigem Material bestehen und wegen der Verunreinigungen der Abwässer durch Staub, Ruß und teerige Bestandteile überall reichliche Querschnitte besitzen und bequem zugänglich aufgestellt sein. Aus diesem Grunde sieht man sich unter Umständen veranlaßt, von der Tieflegung der Generatoranlage Abstand zu nehmen.

Vielfach schreiben auch die Behörden vor, daß die Generatoranlage nicht mehr als 1,5 m unter Straßenoberfläche aufzustellen ist.

Bei Sauggasanlagen muß die Rohrleitung größere Lichtweite bekommen als bei Leuchtgasmotoren, weil bei ersteren eine größere Gasmenge zu befördern ist. Im übrigen ist zu beachten, daß die Gasleitung zwischen der Generatoranlage und dem Motor nicht unmittelbar in den Erdboden, sondern entweder über Flur oder in zugänglichen Kanälen unter Flur verlegt werden soll, damit man die Leitung bequem reinigen und jederzeit auf ihre Dichtheit kontrollieren kann.

Die Dichtheitsprüfung geschieht in der Weise, daß man mittels des Ventilators Luft in die geschlossene Leitung drückt und die sämtlichen Dichtungsstellen mit genügend konzentrierter Seifenlösung bestreicht. Bilden sich irgendwo Blasen, so sind die betreffenden Stellen undicht und müssen nachgedichtet werden.

Die Gasleitung soll an jeder Biegung einen Putzlochkrümmer erhalten, so daß man die anschließenden geraden Rohrteile durch das Putzloch nach beiden Seiten reinigen kann.

Additional information of this book

*(Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen;*

*978-3-662-22788-6; 978-3-662-22788-6\_OSFO1)* is provided:



<http://Extras.Springer.com>

Die Gasleitung darf ebensowenig wie eine etwa vorhandene Luftleitung des Motors mit der Auspuffleitung in ein und demselben Kanal verlegt werden, da durch die heiße Auspuffleitung das Gas bzw. die Luft erwärmt und hierdurch die Leistung der Maschine herabgesetzt würde.

Besteht eine Sauggasanlage aus mehreren Aggregaten, so empfiehlt es sich, die Leitung so anzulegen, daß jeder Motor von jedem Aggregat gespeist werden kann. Die Gasleitung wird in solchen Fällen am besten als Ringleitung ausgebildet, so daß sie stückweise gereinigt werden kann, ohne den Betrieb zu beeinträchtigen.

Saugen zwei Maschinen gleichzeitig aus einem Generator, so tritt bei verschiedenen Leitungswiderständen die Erscheinung auf, daß der eine Motor seine Höchstleistung nicht erreicht. In solchen Fällen schaltet man einen Exhaustor in die Gasleitung ein, und zwar hinter dem letzten Reinigungsapparat. Dieser drückt alsdann das Kraftgas den Motoren zu; hierdurch erreicht man

1. die Möglichkeit, daß kleinere Gasleitungen verwendet werden können,
2. eine Steigerung der Leistung wegen der größeren Füllung der Motoren,
3. die bereits im Abschn. 9 erwähnte Möglichkeit, den Leitungen Kraftgas zu Heiz- oder Lötzwecken entnehmen und gegebenenfalls die Reinigung des Gases verbessern zu können.

Keine Rohrleitung darf Wassersäcke besitzen, da sonst durch Wasseransammlungen der Querschnitt verengt wird. Alle Rohrleitungen sind deshalb mit Gefälle zu verlegen, und zwar derart, daß der Gastopf vor der Maschine den tiefsten Punkt der Leitung bildet.

Für Leitungen unter 100 mm Lichtweite wird Gasrohr verwendet, darüber hinaus gußeiserne Rohre. Die Kamine der Generatoranlage müssen möglichst kurz und in steter Steigung und unter Vermeidung von scharfen Krümmungen in die Höhe geführt werden. Gemauerte Kamine sollten mit Rücksicht auf die Gefahr der Zerstörung bei Explosionen niemals verwendet werden. Auch Schmiedeeisenrohre sind nicht zu empfehlen, da sie zu leicht durchrosten. Am besten verwendet man für die Kamine von Generatoren gußeiserne Flanschrohre. Muffenrohre demontieren sich zu un bequem.

Gasleitungen im Freien müssen mit Wärmeschutzmasse isoliert werden, um das Einfrieren zu verhindern.

Dort wo die Gasleitung nach dem Skrubber abbiegt, ist ein Staubabscheider, auch Schlammtopf genannt, vorzusehen, in dem durch die Richtungsänderung des Gasstroms der grobe Staub und Ruß abgeschieden und mit dem Überlaufwasser des Skrubbers weggespült wird.

Für die Brause des Skrubbers ist zu berücksichtigen, daß eine gewisse vorgeschriebene Druckhöhe des Wassers einzuhalten ist, sofern kein Anschluß an eine städtische Leitung besteht. Ein be-

stimmter Druck ist mit Rücksicht auf eine gute Verteilung des Wassers durch die Brause nötig. Wird das Skrubberwasser einem Hochbehälter entnommen, so muß dieser mit seiner Unterkante mindestens 3 m über der Oberkante des Skrubbers angeordnet sein. Nur bei kleinen Anlagen, bei denen Platzmangel herrscht, geht man mit diesem Maß allenfalls auf 2,5 m herunter.

Die Abwasserleitungen der Gasreinigung werden in Siphontöpfe geführt. Dabei ist zu beachten, daß der Wasserspiegel im Siphontopf mindestens 300 mm unter dem Rohranschluß am Apparat liegen muß, damit ein Einsaugen von Wasser selbst bei dem höchsten vorkommenden Unterdruck (bei verschlacktem Generator oder mit Flugstaub verlegten Reinigungsapparaten) unmöglich ist.

Bezüglich des Skrubberwassers sei bemerkt, daß dieses infolge seines Gehaltes an Schwefelwasserstoff sehr unangenehm riecht. Es ist deshalb zweckmäßig, dasselbe in einem geschlossenen Kanal oder in Röhren abzuleiten.

Vielfach besteht ein Verbot, das Skrubberwasser in die städtische Kanalisation einzuleiten. Wenn die letztere jedoch eine geschlossene ist, d. h. wenn die einzelnen Häuser mittels Siphon angeschlossen sind, was heute meist der Fall ist, und wenn die Kanäle keine größeren Öffnungen nach außen besitzen, so kann gegen die Einleitung des Skrubberwassers kein Bedenken bestehen, zumal durch die Hausabwässer und das gleichzeitig eingeleitete Motorkühlwasser eine vielfache Verdünnung stattfindet. Diese Verdünnung ist meist so erheblich und zudem wird der Schwefelwasserstoff durch die Luft so leicht oxydiert, d. h. unschädlich gemacht, daß die Einleitung des Skrubberwassers selbst dann unbedenklich erscheint, wenn die Kanalisation in ein Fischwasser einmündet.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn das Skrubberwasser großer Anlagen in ein kleines Fischwasser eingeleitet werden soll. Erfolgt durch das Flußwasser nicht eine dem Schwefelwasserstoffgehalt des Skrubberwassers bzw. dem Schwefelgehalt des Brennstoffs entsprechende Verdünnung, so tritt nachweislich eine Vergiftung der Fische durch Schwefelwasserstoff und die Cyanverbindungen ein. In diesem Fall kann man sich durch die Aufstellung eines Gradierwerks helfen, über das man das Skrubberwasser herabrieseln läßt. Hierbei werden Schwefelwasserstoff und Blausäure durch die Luft oxydiert und unschädlich gemacht. Das unten abfließende Wasser kann dann unbedenklich in jeden Fluß oder in jede Kanalisation eingeleitet werden. Um gleichzeitig jegliche Geruchsbelästigung zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Gradierwerk zu schließen und mit einem Abzugsrohr nach oben zu versehen oder die Maschine aus dem Gradierwerk saugen zu lassen.

Der Trockenreiniger, in dem eine Trocknung des Gases und außerdem ein Abscheiden feinen Staubes sowie geringer Mengen von Teer stattfindet, enthält mehrere Horden Sägespäne, Holzwolle, Hobelspane oder dergl. Bei kleineren Anlagen sind Trockenreiniger nicht

Additional information of this book

*(Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen;*

*978-3-662-22788-6; 978-3-662-22788-6\_OSFO2)* is provided:



<http://Extras.Springer.com>

notwendig, vorausgesetzt, daß ein staubfreier und teearmer Anthrazit zur Verwendung kommt; vgl. Fig. 15. Bei größeren Anlagen, etwa von 50 PS aufwärts, sollte man stets einen Trockenreiniger anwenden, insbesondere wenn auf einen längeren Betrieb ohne Unterbrechung Wert gelegt wird. Der Mehrpreis eines Reinigers fällt bei größeren Einheiten nicht so sehr ins Gewicht wie bei kleinen. Bei einer kleineren Anlage kann man zudem die Ventile leicht reinigen, während dies bei größeren Motoren immerhin mit Umständen und Zeitverlusten verknüpft ist, insbesondere bei stehender Bauart der Motoren.

Die Folgen unreinen Gases machen sich häufig nicht in den ersten Betriebsjahren bemerkbar. Erst durch ausgelaufene Zylinder, abgeschliffene Kolbenstangen, häufiges Erneuern von Stopfbüchspackungen wird der Maschinenbesitzer darauf aufmerksam gemacht, daß eine bessere Reinigung des Gases angebracht ist. Es werden alsdann häufig nach Jahren noch Trockenreiniger nachbestellt, wo solche nicht von vornherein vorgesehen waren.

Bei Anthrazit- und Grusanlagen (seltener bei Brikettanlagen) wird häufig noch ein besonderer Teereiniger zwischen den Trockenreiniger und den Gastopf eingeschaltet, der meist auf dem Prinzip der Stoßreinigung beruht.

Bei kleineren Sauggasanlagen empfiehlt sich als Reserve ein Leuchtgasanschluß; der Motor muß alsdann außer dem Sauggasanschluß noch einen besonderen Leuchtgasanschluß besitzen. Eine Leuchtgasreserve hat den Vorzug, daß der Motor jederzeit betriebsbereit ist und daß bei Reparaturen des Generators (Ausmauern oder dergl.) der Betrieb weitergeführt werden kann. Man ist dann in der Lage, ohne Betriebsunterbrechung von Sauggas auf Leuchtgas umzuschalten und umgekehrt. Bei großen Anlagen wird im allgemeinen eine Leuchtgasreserve nicht vorgesehen, da hier der Leuchtgasbetrieb zu hohe Kosten verursachen würde.

Bei Vorhandensein einer Leuchtgasreserve kann das Anblasen des Generators bzw. der Antrieb des Ventilators während des Betriebs mit Leuchtgas vom Motor aus erfolgen.

Größere Sauggasanlagen werden mit einem kleinen Hilfsmotor (Benzolmotor oder Ölmotor) ausgerüstet, der den Luftkompressor zum Auffüllen des Druckluftbehälters, den Ventilator zum Anblasen des Generators und gegebenenfalls eine Kühlwasserpumpe antreibt. Es ist hierbei eine Umschaltung vorzusehen, so daß nach dem Ingangsetzen des Hauptmotors dieser den Antrieb der Hilfsmaschinen übernimmt und der Hilfsmotor stillgesetzt wird. Bisweilen hat man neben dem Verbrennungsmotor noch einen Elektromotor zum Antrieb der Hilfsmaschinen, insbesondere wenn die Anlage aus mehreren Gasmaschinen besteht. Der Elektromotor treibt dann die Hilfsmaschinen im normalen Betrieb, der Verbrennungsmotor dagegen nur, wenn die großen Motoren nicht laufen und infolgedessen kein Strom zum Betrieb des Elektromotors vorhanden ist.

## 74. Projektierung von Großgasmaschinen-Anlagen.

Im nachfolgenden sei nur auf die eigentliche Maschinenanlage, nicht aber auf die zur Gasreinigung erforderlichen Einrichtungen eingegangen. Erwähnt sei hier nur, daß der Gasreinigung die größte Sorgfalt zu widmen ist, da sie für die Lebensdauer der Gasmaschinen ausschlaggebende Bedeutung besitzt. Die Ausgaben zur Erzielung eines reineren Maschinengases werden mehrfach eingebracht durch Ersparnisse an Reinigungskosten, durch geringeren Verschleiß, größere Betriebssicherheit und größere Leistungsfähigkeit der Maschinen. Bei den in der Regel für Hochofengas gebräuchlichen Reinigungsverfahren läßt sich im wesentlichen zwischen Trocken- und Naßreinigung unterscheiden. Die Trockenreinigung geschieht mit Hilfe von gewebeartigen Filtern. Die Naßreinigung ist meistens eine maschinelle Reinigung mit Hilfe von Ventilatoren oder Desintegratoren, in die Wasser eingespritzt wird. Die Naßreinigung kann noch durch vorgeschaltete Skrubber oder durch dahinter angeordnete Hürdenreiniger unterstützt werden. Der Staubgehalt des Gases beträgt bei Trockenreinigung bis 0,001 g/cbm, während der Staub bei Naßreinigung meistens nur bis 0,02—0,05 g/cbm ausgeschieden wird.

Ebenso wichtig wie die Reinigung ist die Entfeuchtung des Gases. Das Gas soll nach Passieren der Reinigung nicht mehr Wasser enthalten, als dem Sättigungszustand der Gastemperatur entspricht. Kommt das Gas trocken in die Maschine, so wird verhütet, daß die Einlaßorgane in zu kurzer Betriebszeit verschmutzen. Bei trockenem Gas und einem Staubgehalt von 0,02—0,05 g/cbm können Gasmaschinen ununterbrochen 3—6 Monate, bei einem Staubgehalt von nur 0,001 g/cbm hingegen bis zu 1 Jahr betrieben werden, ohne daß eine Reinigung erforderlich wird.

Bei Koksofengas oder Generatorgas handelt es sich hauptsächlich um die Ausscheidung von Teer und Schwefel.

Die nachstehenden Ausführungen werden durch diejenigen im Abschn. 91 ergänzt; es sei deshalb auf diesen Abschnitt sowie auf Fig. 116 und 117 verwiesen.

Für neu zu projektierende sehr große Gasmaschinenzentralen ist heute die Doppelhallenanordnung beliebt geworden (Fig. 116). Der Vorzug des Doppelhallenbaues gegenüber einschiffigen Gebäuden besteht unter anderem darin, daß die Kosten für das Gebäude wesentlich geringer werden, da die Länge der Umfassungsmauern vermindert wird und die Zentrale, selbst bei größerer Ausdehnung, für den Betriebsleiter besser übersichtlich bleibt.

Die Kellerhöhe in Gaszentralen mit größeren Einheiten sollte nicht unter 4—4,5 m gewählt werden, damit die Rohrleitungen übersichtlich verlegt werden können. Um die Kellerräumlichkeiten recht luftig und hell (mit Tageslicht) zu bekommen, sollte die Kellersohle möglichst nicht unter die Oberfläche des umgebenden Terrains ge-

legt werden. Da es immerhin denkbar ist, daß sich infolge irgendwelcher Zufälligkeiten explosible Gasgemische in den Kellerräumen ansammeln, so sollten für die Beleuchtung der Kellerräume nur Glühlampen (keine Bogenlampen) verwendet werden; ein Betreten der Kellerräume mit offenen Lampen ist strengstens zu verbieten.

Bemerkt sei, daß es geradezu gefährlich wäre, die Luft aus den Kellerräumen anzusaugen, da bei Stillstand der Gasmaschine infolge Undichtheit der Abschlußorgane der Gasleitung leicht Gas durch die Luftleitung in die Kellerräume austreten könnte. Wenn ohne Wassereinspritzung gearbeitet wird, so kommt noch hinzu, daß die Luft in den Kellerräumen durch die heißen Auspuffleitungen erwärmt wird. Luft und Gas sollen aber möglichst kalt angesaugt werden.

Einer der wichtigsten Gesichtspunkte für die Projektierung einer Großgasmaschinen-Zentrale ist die Bestimmung der Größe der Maschineneinheiten. Die Art des Betriebes, ob stark schwankend oder nicht, ist hier von ausschlaggebender Bedeutung. Als empfehlenswert stellte es sich heraus, bei Neuanlagen bis etwa 10000 PS, sofern keine Reserven auf dem Werke vorhanden sind, 3—4 gleiche Maschineneinheiten zu wählen, wovon eine zur Reserve dient. Unter denselben Umständen wird man über 10000 PS zweckmäßig die Anzahl der Einheiten noch größer wählen, je nach der Höhe der notwendigen Gesamtleistung.

Die meisten Großgasmaschinen-Anlagen, die noch in die Entwicklungsjahre des Gasmaschinenbaues fallen, entsprechen diesem Grundsatz nicht. Die Größe der Einheiten ist gewöhnlich zu klein gewählt. Für alle Hüttenwerke, die bereits eine größere Anzahl von kleinen oder großen Gasmaschinen besitzen, wird der weitere Ausbau zweckentsprechend nur noch durch Wahl größter Maschineneinheiten (Zwillingstandemaschinen) erfolgen, um die Erzeugungskosten der Kraft zu verringern. Größere Einheiten haben zudem den Vorzug geringeren Wasser- und Schmierölverbrauchs. Auch werden der Platzbedarf und die Anlagekosten, die heute bei Gaszentralen im Wettbewerb mit Dampfturbinenanlagen besonders schwer ins Gewicht fallen, verringert und die Übersicht über die Zentrale verbessert.

Bei einer Neuanlage soll man möglichst danach trachten, gleich große Einheiten aufzustellen. Der Betrieb wird dadurch wesentlich leichter und übersichtlicher; auch das Anlagekapital wird geringer, da nur ein Satz Reserveteile auf Lager zu halten ist.

Bezüglich der Anlegung der Rohrleitung gelten im großen und ganzen die gleichen Gesichtspunkte wie bei den anderen Verbrennungsmaschinen. Der Bemessung der Gas- und Luftansaugeleitungen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da bei zu engen Leitungen der Widerstand zu groß ist, so daß die Zylinder beim Saughub nicht genügend gefüllt werden. Man erweitert die Gasleitung an der Maschine in der Regel kesselartig und schließt an diesen Kessel



die Leitungen zu den einzelnen Zylinderseiten an. Hierdurch werden Schwingungen, die aus der Zuleitung stammen, gedämpft und andererseits die gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Zylinderseiten verringert. Zum Abschluß der Gasleitung ist außer einem Schieber mit Vorteil ein Wasserverschluß vorzusehen. Auch ist eine ins Freie mündende Entlüftungsleitung notwendig, die vor dem Anlassen der Gasmaschine geöffnet wird.

Für die Luftansaugeleitung empfiehlt sich, sofern es die Grundwasserhältnisse zulassen, ein gemauerter glatt verputzter Kanal. Kann ein solcher nicht angelegt werden, so wird die Luft, ähnlich wie das Gas, in dünnwandigen schmiedeisernen Leitungen der Maschine zugeführt. Die Ansaugleitung soll jedoch stets bis außerhalb des Gebäudes ins Freie geführt werden, damit bei Stillstand der Maschine oder bei Rückzündungen, die zuweilen während des Gangs der Maschine eintreten können, niemals giftige Gase in die Kellerräumlichkeiten austreten.

Die Auspuffleitungen münden entweder in Auspufftöpfe aus Gußeisen oder Schmiedeisen, oder in einen gemauerten Kanal. Die Auspufftöpfe können entweder fest gelagert werden; alsdann sind in die sich infolge der Erwärmung dehnende Auspuffleitung Stopfbüchsen einzubauen; oder aber der Topf wird auf Rollen gelagert, um der Ausdehnung der Leitung folgen zu können. Letztere Anordnung hat den Nachteil, daß die Steigleitung, die vom Auspufftopf bis über das Dach führt, schwer an der Gebäudewand zu befestigen ist. Auch wird durch den schweren Auspufftopf und die darauf lastende Auspuffleitung die Beweglichkeit des Topfes in Frage gestellt, zumal nach kurzer Zeit ein Verschmutzen der Rollen eintritt.

Gehen die Abgase von mehreren Maschinen in einen gemeinsamen Auspuffkanal, so ist es zweckmäßig, in jede der Auspuffleitungen einen Schieber oder einen Siphon einzubauen, mittels dessen jede Maschine bei Stillstand sicher von den anderen Maschinen abgeschlossen werden kann und so ein Zurückströmen von Gasen vermieden wird. In die Auspuffleitung wird zur Vermeidung der Erwärmung der Kellerräumlichkeiten vielfach Wasser eingespritzt. Neuerdings jedoch unterläßt man dies vielfach und führt die heißen Abgase, ehe sie ins Freie entweichen, in Abwärmeverwerter, um die in den Abgasen enthaltene Wärme zur Heißwasser- oder Dampferzeugung nutzbar zu machen; vgl. Abschn. 10, 14 und 51. Bei Einrichtung einer Abwärmeverwertung müssen die Auspuffleitungen auf irgendeine Art isoliert werden.

Von Wichtigkeit ist, daß bei großen Anlagen, bei denen die Wasserversorgung durch Zentrifugalpumpen geschieht, Hochreservoirs vorgesehen werden, die im Falle des Versagens der Pumpen oder deren Antriebsmotoren imstande sind, die Maschinen so lang mit Wasser zu versorgen, bis eine Reservepumpe angelassen ist. Wenn eine Reservewasserleitung vorhanden ist, so kann unter Umständen auf die Anlage eines Hochreservoirs verzichtet werden.

Der elektrische Strom für die Zündung wird meistens Akkumulatorenbatterien entnommen. Er kann jedoch auch direkt mit Dynamomaschinen erzeugt werden. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, nicht alle Maschinen an eine einzige Zündbatterie anzuschließen, da bei Versagen der Sicherung oder bei Erdschlüssen die ganze Zentrale zum Stillstand käme. Es sollte deshalb für höchstens zwei Maschinen je eine besondere kleine Batterie aufgestellt werden. Neuerdings sieht man auch Reservebatterien vor, mit denen jede Maschine bei einem Versagen ihrer Batterie oder der Dynamomaschine automatisch verbunden werden kann.

Der vor den Maschinen angeordnete Gasbehälter (Gasglocke) hat den Zweck, einen gleichmäßigen Gasdruck herzustellen; der Hochofen liefert nämlich nicht immer gleichen Gasdruck. Als Akkumulator wirkt jedoch dieser Gasbehälter höchstens bei kleineren Anlagen, bei größeren dagegen ist dies nicht der Fall. Bisweilen läßt man die Gasglocke aus Ersparnisgründen auch weg.

## 75. Projektierung von Wasserkraftanlagen.

Wasserkraftwerke pflegen im Gegensatz zu Wärmekraftwerken gleich von vornherein für den vollständigen Ausbau projektiert zu werden.

Auf die Projektierung von Wasserkraftanlagen sind außer den örtlichen Verhältnissen in erster Linie die verfügbare Wassermenge und das ausnützbare Gefälle von Einfluß.

Die Wassermenge eines Flusses ergibt sich auf Grund hydro-metrischer Messungen aus den Pegelbeobachtungen. Da solche im allgemeinen nur an größeren, meist nur an schiffbaren Flüssen vorliegen, so ist man bei Gebirgswässern und kleineren Flüssen darauf angewiesen, die Wassermenge durch möglichst viele direkte Messungen oder auf Grund der beobachteten Niederschläge, d. h. auf indirektem Wege festzustellen. Die direkten Messungen erfolgen mit Hilfe eines Überfalls oder mittels hydrometrischen Flügels, oder, wenn es auf Genauigkeit nicht ankommt, mittels eines Schwimmers. Zur indirekten Messung der Wassermenge bedarf es der Größe des Einzugsgebietes (Vorflutgebietes) und der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagshöhe. Weiter braucht man die sogenannte Verlusthöhe. Dieselbe entspricht demjenigen Teil der jährlichen Regenhöhe, der durch Verdunstung und Versickerung verloren geht und von den Pflanzen zu deren Wachstum absorbiert wird. Die Differenz zwischen Niederschlagshöhe und Verlusthöhe stellt den zum Abfluß kommenden Teil des Niederschlags, die sogenannte Abflußhöhe, dar.

Um einige Beispiele anzuführen, sei erwähnt, daß die Höhe der jährlichen Niederschläge für gewisse Gegenden von Rheinland-Westfalen 1000—1200 mm und die Verlusthöhe 300—350 mm beträgt. Der zum Abfluß kommende Teil der jährlichen Niederschlags-

höhe würde somit 650—900 mm betragen, d. h. es gelangen etwa 65—75<sup>0</sup>/<sub>100</sub> des jährlichen Niederschlages zum Abfluß. Die Niederschlagshöhen im Schwarzwald und in den Vogesen kommen bereits denen der Alpen nahe. Je höher nämlich ein Ort gelegen ist, desto größer ist im allgemeinen die jährliche Niederschlagshöhe. Je nach der Höhenlage des Einzugsgebietes erreicht die jährliche Niederschlagshöhe in den Vogesen und im Schwarzwald Beträge bis zu 1600—1800 mm. Da mit der Höhenlage auch der Gebirgscharakter der Gegend zunimmt, das Wasser also schneller abläuft (starke und rasch eintretende Hochwasser) und daher ein geringerer Teil des Wassers in die natürlichen Sammelbecken des Erdinnern als Grundwasser eindringt, so kann gleichwohl meistens kein größerer Teil der Niederschlagshöhe zur Ausnützung kommen, als in tiefer und flacher gelegenen Gebieten.

Die sekundliche Wassermenge eines Flusses schwankt mit der Jahreszeit. Man spricht von Niedrigwasser (NW), Mittelwasser (MW) und Hochwasser (HW). Das Verhältnis von Niedrig- zu Hochwasser ist hierbei verschieden, je nach der Beschaffenheit des Einzugsgebietes des betreffenden Flusses. Es beträgt unter Umständen 1 : 200 und weniger. Bei kleinen Einzugsgebieten, d. h. im Oberlauf von Flüssen, kommen sogar Verhältnisse bis 1 : 2000 vor (Katastrophenhochwasser).

Die richtige Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Flusses, die sich auf Grund der zu verschiedenen Jahreszeiten verfügbaren Durchschnittswassermengen ergibt, ist außerordentlich schwierig und setzt ein großes Maß praktischer Erfahrung voraus. Es empfiehlt sich daher, gegebenenfalls den Rat der in dieser Hinsicht maßgebenden Stellen, wie Maschinenfabriken, staatliche Ämter für Gewässerkunde usw. einzuholen.

Bei dem Entwurf der Bauwerke, d. h. bei Bestimmung der Lage, Anordnung und Abmessungen von Wehr, Kanal und Kraftstation hat man von den größten bei Hochwasser auftretenden Wassermengen bzw. Wasserständen auszugehen. Anders bei Ermittlung der Kraftleistung. Wollte man hier die größeren, vielleicht nur wenige Tage im Jahr vorhandenen Wassermengen zugrunde legen, so würde die Anlage sehr teuer ausfallen und nie voll ausgenutzt sein. Wollte man andererseits mit der geringsten Wassermenge rechnen, so würde nur ein geringer Bruchteil der verfügbaren Kraft ausgenutzt werden. Man geht deshalb hier von einer mittleren Wassermenge aus und bezeichnet als solche nach dem Vorschlag O. v. Millers diejenige, die während 9 Monaten des Jahres sicher vorhanden ist. Für die übrige Zeit muß eine Kraftreserve in Form einer Wärmekraftmaschine vorgesehen werden, sofern man es nicht vorzieht, einen künstlichen Wasserausgleich durch Talsperren oder sonstige Speicheranlagen zu schaffen. Letztere sind dort möglich, wo die Wasserkraft bei einem genügend hohen Berg liegt, so daß man die Wasserkraft in den Nachtstunden, wo sie nicht gebraucht wird, dazu ausnützen kann,

statt der Betriebsmaschinen Pumpen anzutreiben, die einen Teil des Flußwassers in einen entsprechend großen Behälter auf dem Berg fördern. Dieses Wasser wird alsdann tagsüber durch die Druckrohrleitung der Pumpen nach vorherigem Verstellen von Wasserschiebern besonderen Hochdruckturbinen zugeführt, die einen verhältnismäßig hohen Prozentsatz (50—60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) der in den Nachtstunden geleisteten Arbeit zur Verstärkung der Tagesleistung auszunützen gestatten.

Naturgemäß ist eine Wasserkraft um so wertvoller, je geringer der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser und je regelmäßiger die Perioden von höheren und niederen Wasserständen aufeinanderfolgen. Alpine Flüsse haben, soweit sie aus den Gletscher- und Schneeregionen gespeist werden, ihren geringsten Wasserstand in der Regel im Winter<sup>1</sup>). Bei Mittelgebirgsflüssen dagegen tritt oft mehrmals im Jahr, vornehmlich aber in der Sommerszeit, Niedrigwasser ein. Den gleichmäßigsten Wasserstand zeigen Flüsse mit gemischtem Charakter, deren Einzugsgebiet teilweise in den Schnee- und Gletscherregionen der Alpen, teilweise im Flach- und Mittelgebirgsland liegt.

Unter dem Gefälle versteht man den Höhenunterschied zwischen dem Anfangs- und Endpunkt einer bestimmten Flußstrecke (Brutto-Gefälle). In der Regel verteilen sich die in der Natur vorkommenden Wasserkräfte auf eine mehr oder weniger große Länge des Wasserlaufes, weshalb das Gefälle erst durch künstliche Mittel zu konzentrieren ist, derart, daß die verfügbare Wasserkraft an einer einzigen Stelle vereinigt wird (Gefällestufe). Hierzu dienen in den Fluß eingebaute Wehre in Verbindung mit Kanälen, Stollen und Rohrleitungen.

Das Wehr hat die Aufgabe, das Wasser des Flusses auf eine bestimmte, von der Behörde konzessionierte Höhe zu stauen und eine zweckmäßige Fassung des Wassers zu ermöglichen. Das Wehr kann ein festes, bewegliches oder kombiniertes, d. h. teils festes, teils bewegliches sein. Bewegliche und kombinierte Wehre kommen dann in Betracht, wenn der Stau innerhalb gewisser Grenzen einstellbar sein soll und wenn auf die Floß- und Schifffahrt Rücksicht zu nehmen ist. Ein festes Wehr, auch Überfallwehr genannt, kommt nur dort in Frage, wo bei Hochwasser keine schädlichen Überschwemmungen der Ufer zu befürchten sind. Wo jedoch solche Überschwemmungen leicht eintreten, muß das Wehr beweglich sein; hierfür haben sich eiserne Schützenwehre, Stoney- und Walzenwehre bis jetzt am besten bewährt.

Durch den Einbau eines Wehres tritt eine Hebung des Wasserspiegels oberhalb des Wehres ein, d. h. es bildet sich im Flusse ein

---

<sup>1</sup>) Man hat für das Schnee- und Gletscherwasser den Namen „weiße Kohle“ geprägt, während man das Wasser der Mittelgebirge analog als „grüne Kohle“ bezeichnet.

Ober- und ein Unterwasserspiegel, deren Höhendifferenz das Gefälle darstellt. Um das letztere möglichst groß zu gestalten, werden meist besondere Zu- und Abflußkanäle angelegt, deren Beschaffenheit und Größe so zu wählen ist, daß sie einerseits einen möglichst kleinen Teil des Gesamtgefälles verbrauchen, andererseits ein Minimum an Herstellungskosten erfordern.

Angenommen es handle sich um die Ausnützung der Wasserkraft eines im Flachland liegenden Fließchens zwischen den Grenzen *A* und *B* (Fig. 87). Das zu betreibende Werk möge nach *D* verlegt und durch einen Zu- und Abflußkanal *OW* bzw. *UW* mit dem Fluß verbunden werden. Die Triebwerkskanäle haben meist trapezförmigen Querschnitt und sind in der Regel in Erde hergestellt, wenn nötig mit Betonpflaster oder auch mit einem Tonschlag gedichtet, der zum Schutz gegen Abschwemmen mit Kies bedeckt wird.

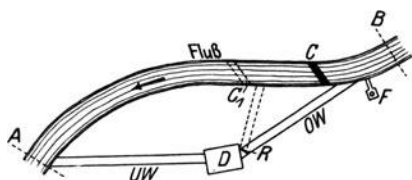


Fig. 87. Schema einer Niedergefälle-Wasserkraftanlage.

Die Lage des Unterwassergrabens *UW* ist ein für allemal durch die Richtung *DA* gegeben. Wird das Wehr bei *C* angelegt, so ist damit auch die Lage des Oberwassergrabens bestimmt. Die Höhe des Wehrs ist hierbei derart zu wählen, daß die Stauwirkung nicht über *B* hinausgeht, da sonst das stromaufwärts

gelegene Werk durch Rückstau geschädigt wird. Um allen diesbezüglichen Interessen gerecht zu werden, wird der höchstzulässige Aufstau, bisweilen auch der mindest aufrecht zu erhaltende Stau, von seiten der Behörden vorgeschrieben. Ein oberhalb des Wehrs gesetzter Eichpfahl *F*, zuweilen auch ein weiterer im Werkgraben oberhalb der Kraftstation, dienen dazu, den Stauspiegel zu kontrollieren. Der Eichpfahl muß stets sichtbar sein und darf nicht überstaut werden. An einem Unterstauen hat der Besitzer der Anlage deshalb kein Interesse, weil dadurch das Gefälle, also die Leistung der Wasserkraftmaschinen vermindert wird.

Das Wehr ist so breit bzw. beweglich anzuordnen und die Schützen sind so groß zu machen, daß keine größere als die behördlich zugelassene Überflutungshöhe (Toleranz) über der Wehrkronen eintreten kann. Allenfalls muß dies durch Ziehen der Leer-schütze am Werk zu verhindern gesucht werden.

Wasserstandsfernmelder, Wärterbude mit Telephon und dem nötigsten Handwerkszeug, besonders einige Flaschenzüge, ausreichende Beleuchtung sollten an keinem Wehr fehlen.

Ober- und Untergraben müssen möglichst glatt und wenig geneigt sein, damit bei *D* ein möglichst großes Gefälle nutzbar gemacht werden kann. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß mit abnehmender Neigung die Wassergeschwindigkeit kleiner und der erforderliche Kanalquerschnitt größer wird. Damit wachsen die An-

lagekosten der Kanalbauten. Es ist deshalb von Fall zu Fall zu erwägen, ob die dadurch bedingten Mehrausgaben für Verzinsung und Abschreibung mit dem Gefällgewinn im Einklang stehen. Meist wählt man die Neigung, auch Relativgefälle genannt, zu  $0,4—0,5\text{‰}$ , d. h. auf 1000 m Länge fällt der Kanal um  $0,4—0,5$  m. Eine allzu geringe Neigung verbietet sich schon aus praktischen Rücksichten, da sonst die Wassergeschwindigkeit in den Kanälen zu klein würde, was eine vermehrte Ablagerung von Sinkstoffen zur Folge hätte.

Gefälle unter etwa  $0,6—0,7\text{‰}$  sind im allgemeinen überhaupt nicht mehr wirtschaftlich ausnützlich. Damit hängt es zusammen, daß der Mittel- und Unterlauf größerer Flüsse für die Wasserkraftausnutzung in der Regel außer Betracht bleiben muß, obgleich infolge der gewaltigen Wassermengen die theoretische Wasserkraft eine sehr große ist.

Die Lage des Wehrs beeinflusst die Länge des Zufußkanals. Wenn man dasselbe in Fig. 87 z. B. nach  $C_1$  verlegt, so wird der Zufußkanal kürzer und billiger, gleichzeitig aber wird das Wehr höher und teurer ausfallen. Man wird daher die Lage des Wehrs derart wählen, daß für die betreffenden örtlichen Verhältnisse die Summe der Anlagekosten von Wehr und Zufußkanal ein Minimum wird.

Legt man das Wehr bei  $C_1$  an, so ist noch zu berücksichtigen, daß dadurch der örtliche Aufstau größer wird, so daß für das umgebende Gelände eventuell die Gefahr der Überschwemmung oder Versumpfung eintreten kann. Aus diesem Grunde ist man unter Umständen gezwungen, das Wehr mehr stromaufwärts zu legen, als es vielleicht mit Rücksicht auf den Kostenpunkt erwünscht ist.

Nicht selten kommt es vor, daß eine Wasserkraftanlage direkt an oder in den Fluß gebaut wird. Die Turbine kommt alsdann bei der unteren Grenze  $A$  zur Aufstellung, so daß ein besonderer Obergraben überflüssig ist, da der Fluß selbst als solcher dient. Wehr und Wasserkraftanlage liegen in diesem Fall direkt beisammen, und das erstere muß so hoch sein, daß das Wasser auf die ganze Flußlänge bis  $B$  gestaut wird. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn das angrenzende Gelände hoch genug liegt, so daß ein Überschwemmen oder Versumpfen desselben nicht zu befürchten steht.

Wengleich die Anordnung im Flusse den Vorzug größerer Billigkeit hat, so ist doch im allgemeinen die Anordnung von besonderen Triebwerkskanälen die Regel; denn selten liegen die örtlichen Verhältnisse so günstig, daß Ober- und Untergraben ganz oder teilweise erspart werden können. Die Anordnung besonderer Triebwerkskanäle hat zudem den großen Vorzug, daß man an der Kraftstation von den Wasserständen im Fluß unabhängiger wird. Die höheren Anlagekosten werden daher meistens durch eine bessere Kraftausnutzung ausgeglichen.

Wenn man das Wehr nicht genügend flußabwärts bauen kann (wegen Überschwemmungsgefahr), so kommt in der Regel die Her-

stellung besonderer Triebwerkskanäle billiger, da das Vertiefen der Flußsohle (unterhalb des Wehrs) unter Umständen ganz erhebliche einmalige Kosten und für dauernde Freihaltung der vertieften Sohle von Sinkstoffen und Geschieben weitere laufende Kosten verursacht. Die Anordnung besonderer Triebwerkskanäle hat aber auch noch den Vorzug, daß man beim Bau der Anlage nicht von dem Wasserstand im Fluß abhängig ist.

Für die Bestimmung der Lage des Kraftwerks *D* ist von Wichtigkeit, daß die Bewegung der Erdmassen beim Bau der Triebwerkskanäle ein Minimum wird. Man ist einerseits bestrebt, tiefliegende Einschnitte für den Untergraben zu vermeiden, andererseits will man jedoch den Obergraben nicht gern im Auftrage anlegen, wegen der Gefahr von Sickerverlusten. Man muß eben den örtlichen Verhältnissen entsprechend projektieren und hierbei günstige Geländeverhältnisse nach Möglichkeit ausnützen. Ist z. B. ein plötzlicher Geländeabfall vorhanden, so wird man das Werk möglichst dorthin legen.

Im übrigen ist zu beachten, daß bei Triebwerkskanälen der Untergraben meist tiefer unter Terrain liegt als der Obergraben, seine Herstellung daher mehr Arbeit und Kosten verursacht als der letztere. Man ist deshalb bestrebt, den Untergraben so kurz als möglich zu halten und das Maschinenhaus möglichst nahe an den Fluß zu legen.

Bei Anlagen, deren Gefälle den Betrag von etwa 10 m übersteigt, ist die freie Zuleitung des Oberwassers oft schwierig und zudem wird der offene Schacht sehr hoch und teuer, weshalb man es vorzieht, das Wasser mittels eiserner Röhren (Fig. 89) zuzuführen. Die Wasserfassung erfolgt hierbei ebenfalls mit Hilfe eines Wehrs, die Zuleitung mittels Kanälen oder Stollen. Am Ende der letzteren befindet sich das Wasserschloß, d. i. eine seeartige Erweiterung mit Klärbecken, Feinrechen und selbsttätigem Überfall. Vom Wasserschloß zum Krafthaus führen die Druckrohrleitungen. Das Wasserschloß bildet eine Art Übergang zwischen Kanal oder Stollen zur Rohrleitung.

Je nach der Größe des Gefälles unterscheidet man zwischen Nieder-, Mittel- und Hochgefälle-Anlagen. Im allgemeinen gelten Gefälle bis zu 3 m als Niedergefälle, zwischen 3 und 20 m als Mittelgefälle und solche größer als 20 m als Hochgefälle.

Ein Beispiel einer Turbinenanlage für Niedergefälle zeigen Fig. 118—121. Die Turbinen besitzen stehende Wellen mit Kegelradgetriebe (Untergriff) und befinden sich direkt am Ende des Zufußkanals, eine Anordnung, die nur für kleinere Gefälle, von 0,5—5 m, gewählt wird, wobei eventuell zur Erhöhung der Umdrehungszahl Zwillingsturbinen angewendet werden können. Zu beachten ist, daß die eigentliche Turbine in allen ihren Teilen zugänglich sein und deshalb über Unterwasser liegen muß, daß aber andererseits auch bei kleinen Gefällen noch genügend Wasserdeckung über den Turbinen vorhanden sein muß, um die Bildung von Lufttrichtern zu vermeiden.

Für mittlere Gefälle ist die in Fig. 88 dargestellte Anordnung mit liegender Welle am beliebtesten, wobei zur Steigerung der Umdrehungszahl auch wieder Zwillingsturbinen oder gegebenenfalls Doppelzwillingturbinen angewendet werden können. Infolge der liegenden Anordnung der Welle erübrigen sich hier Winkelräder. Hierbei ist jedoch die Turbine so hoch über dem Unterwasser anzuordnen, daß der Maschinenraum und die darin befindlichen Maschinen hochwasserfrei liegen.

Neuerdings geht man in diesem Bestreben bei kleineren Gefällen unter Umständen so weit, daß die Turbine dem Oberwasser

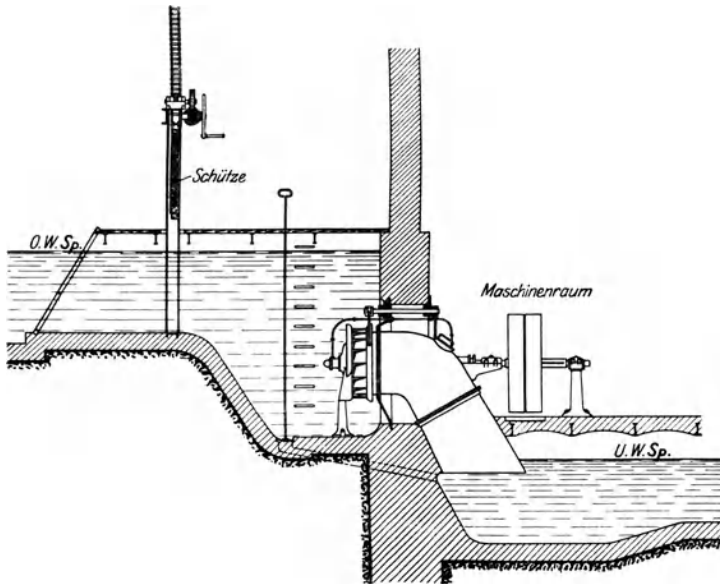


Fig. 88. Francisturbinenanlage mit liegender Welle, hauptsächlich für mittlere Gefälle (3—20 m) geeignet.

nahe und sogar teilweise darüber zu liegen kommt. Es muß dann nur eine taucherglockenartige, luftdicht hergestellte Decke über der Turbine angeordnet werden, wie dies Fig. 26 erkennen läßt. Bei Inbetriebsetzung der Turbine wird die Luft in der Taucherglocke durch besondere Hilfsmittel abgesaugt, so daß die Glocke vollständig mit Wasser erfüllt ist. Diese Hilfsmittel sind so eingerichtet, daß sie auch die während des Betriebes infolge des Vakuums aus dem Wasser sich abscheidende Luft fortlaufend beseitigen. — Im übrigen ist zu bemerken, daß die Anordnung einer Turbine mit liegender Welle, wie sie in Fig. 26 dargestellt ist, ein Gegenstück zu Fig. 88 bildet, insofern als hier der Saugkrümmer nicht durch die Stirnmauer der Turbinenkammer hindurchgeführt ist, sondern unmittelbar an das den Boden der Turbinenkammer durchdringende Saug-



rohr anschließt. Bei Fig. 26 spricht man vom Krümmer im Schacht, bei Fig. 88 vom Krümmer in der Mauer.

Der Einbau einer Turbine mit sogenanntem hochgesaugten Oberwasser gemäß Fig. 26 ermöglicht in manchen Fällen auch eine unmittelbare Kupplung der Turbine mit vorhandenen, verhältnismäßig hoch liegenden Transmissionssträngen und dergl.

Wenn das Gefälle 8—10 m beträgt, so ist in vielen Fällen der Ausbau mittels im offenen Schachte angeordneten Turbinen zu teuer. Man versieht dann die Turbinen mit einem geschlossenen eisernen

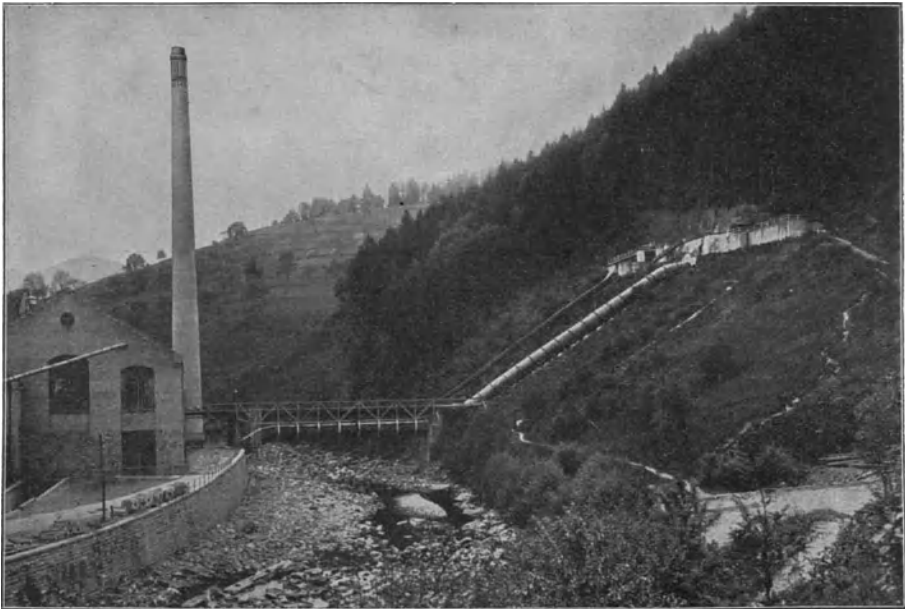


Fig. 89. Hochgefälle-Turbinenanlage der Holzstoff- und Papierfabrik Wolfscheck. Rechts Wasserschloß und Druckrohrleitung, links Fabrikanlage.

Gehäuse von spiral- oder kesselförmiger Gestalt (Spiralturbine, Kesselturbine) und führt das Wasser mit Hilfe besonderer Rohrleitungen den Turbinengehäusen zu (Fig. 89).

Infolge der liegenden Welle fällt auch hier das Winkelgetriebe weg. Die Abführung des Wassers geschieht mittels eines eisernen Saugkrümmers und Saugrohres (Saughöhe höchstens 7 m).

Auch bei Becherturbinen (Hochdruck-Freistrahlturbinen, Pelton-turbinen usw.), nicht nur bei Francisturbinen, kann ein Saugrohr angewendet werden. Nur läßt sich hier infolge der Aktionswirkung nicht die volle Saughöhe ausnützen. Man muß vielmehr in das Saugrohr einen Schwimmer einbauen, der durch ein Ventil Luft in das Turbinengehäuse eintreten läßt, durch die der Unterdruck im

Gehäuse verringert wird, derart, daß das Wasser im Saugrohr über eine bestimmte, diesem Unterdruck entsprechende Höhe nicht steigen kann. Man verzichtet jedoch meist auf diese Komplikation, zumal sie sich wenig bewährt hat. Die Gefällshöhe zwischen Turbine und Unterwasserspiegel ist daher hier in der Regel verloren.

Im übrigen werden Becherturbinen erst dann angewendet, wenn das Gefälle groß und die Wassermenge klein ist, so daß Francis-turbinen zu große Umdrehungszahlen ergeben würden.

Was die Größe der Krafteinheiten betrifft, so ist zu sagen, daß man heute, wo der Bau und Betrieb großer Turbinen keine Schwierigkeiten mehr bereitet, danach trachtet, die Zahl der Maschinensätze möglichst zu verringern, da man auf diese Weise eine Verminderung der Anlagekosten sowie eine Vereinfachung des Betriebes erzielt. Andererseits jedoch wäre es unzweckmäßig, eine große Wasserkraft in einer einzigen Turbine auszunützen, da man alsdann des Vorteils einer Reserve verlustig ginge. Eine Unterteilung in mehrere Aggregate ist aber insbesondere mit Rücksicht auf die Anpassungsfähigkeit an den Wechsel der Wassermenge und des Kraftbedarfs geboten, indem man so bei geringer Wassermenge in der Lage ist, eine oder mehrere Turbinen stillzusetzen. Der Wirkungsgrad der Anlage geht alsdann nicht oder nur verhältnismäßig wenig zurück.

Bei der — aus Wehr, Sandfängen, Grundablaßschützen, Abweisbäumen, Grobrechen usw. bestehenden — Wasserfassung hat man darauf Rücksicht zu nehmen, daß möglichst kein Geschiebe, Treibholz oder Eis dem Werkkanal zutreiben und denselben zusetzen oder gefährden können. Man zweigt deshalb den Kanal zweckmäßig senkrecht ab, so daß der Einlaufquerschnitt parallel zur Flußrichtung liegt, und zwar wenn möglich etwas oberhalb des Wehrs. Sodann wird der Einlaufquerschnitt zwei- bis dreimal so groß als der eigentliche Kanalquerschnitt gemacht, damit die Eintrittsgeschwindigkeit eine kleine wird. Außerdem ordnet man, wenn irgend möglich, einen oder zwei Kies- bzw. Sandfänge mit Grundablaß- oder Spülschütze vor dem eigentlichen Werkkanal an und legt die Sohle- oder Eintrittschwelle des letzteren entsprechend höher.

Vor dem Einlauf in den Kanal ist eine bis über Hochwasser reichende Haupteinlaßschütze vorzusehen und vor dieser ein Grob- oder Eisrechen. Bisweilen ist vor dem eigentlichen Kanaleinlauf noch ein Feinrechen und eine besondere Kanaleinlaufschütze angeordnet. Ein weiterer Feinrechen, der sogenannte Turbinenrechen, sowie eine Schützenanlage befinden sich vor dem Maschinenhaus oder vor dem Eintritt in die Druckleitung.

Die Schützen macht man je nach der erforderlichen Breite mehrteilig, wobei zwecks bequemer Bedienung derselben (von Hand oder mittels Elektromotors) gern zwei Schützentafeln, die aneinander vorbeigehen, angeordnet werden. Führt der Fluß bei Hochwasser viel Geschiebe, so werden am Einlaß die oberen Tafeln geöffnet (gesenkt), während bei der Hochwasserschütze (am Wehr) die unteren

Tafeln gezogen werden, um so das Geschiebe ununterbrochen vom Einlaß abzutreiben. Bringt anderseits der Fluß in der Herbstzeit viel Laub und dürres Holz, so werden umgekehrt am Einlaß die unteren und an der Hochwasserschütze die oberen Tafeln geöffnet. Auch für die Winterszeit sind Schützen mit unterteilten Tafeln von großem Wert, da sie ein bequemes Abführen der angestauten Eisschollen und der zerkleinerten Eisstöße gestatten.

Zur Verhinderung des Einfrierens der Schützen nebst ihren Aufzügen in der Winterszeit sind unter Umständen besondere Vorkehrungen notwendig, sofern man sich nicht einfach damit begnügt, die Schützen des öfteren zu bewegen. Man bedient sich hier häufig einer Berieselung der betreffenden Teile mit warmem Wasser, eventuell mit Quellwasser. Eine derartige Berieselung empfiehlt sich (außer dem Kratzen) auch für den Rechen sowie für das Leitrad der Turbine, um eine Verstopfung durch Grundeis, die insbesondere beim Rechen leicht eintritt, zu verhindern.

Das Grundeis, auch Sulzeis, Grieseis, Schlickeis oder Schneeeis genannt, bildet sich an der Oberfläche und ist der gefährlichste Feind der im Gebirge liegenden Wasserkraftanlagen. Da durch den Wellenschlag der Gefrierprozeß ständig unterbrochen wird, so ist die Entstehung eines zusammenhängenden Eisstücks nicht möglich. Das Grundeis hat ungefähr dasselbe spezifische Gewicht wie das Wasser, weshalb es den ganzen Wasserquerschnitt durchsetzt.

Die Bildung von Grundeis wird unterbrochen, sobald der Werkkanal zufriert und sich mit einer schützenden Eisdecke überzieht.

Das Rechenpodium soll nicht zu hoch über dem Oberwasserspiegel angeordnet werden, damit die Reinigung des Rechens, insbesondere im Winter, leichter vonstatten geht. Doch ist hierbei auch auf die Bedienbarkeit des Rechens bei Hochwasser Rücksicht zu nehmen. Des weiteren sollten sich die Turbinenkammern stets unter Dach befinden, um ein Einfrieren im Winter möglichst zu verhindern. Unter Umständen ist es zu empfehlen, auch den Rechen unter Dach zu legen, damit im Winter die Bedienungsmannschaft weniger durch Frost und schlechte Witterung zu leiden hat.

Neben der Turbinenanlage ist ein Leerlauf mit Schütze vorzusehen, die beim Abstellen der Turbinen vorübergehend gezogen oder gesenkt wird. Dies erweist sich insbesondere bei Eintritt eines Betriebsunfalles als notwendig, da der Weg zu den Einlaßschützen des Obergrabens unter Umständen ziemlich weit ist. Der Leerlauf kann gleichzeitig als Spülschütze zur Ableitung des vor dem Rechen abgelagerten Sandes und Schlammes Verwendung finden. Man ordnet deshalb die Schwelle der Leerschütze und die Sohle des Obergrabens vor dem Rechen stets 0,2—0,4 m tiefer an als die Schwelle des Rechens.

Der Leerlauf stellt eine direkte Verbindung von Ober- und Untergraben her und ist einer der wichtigsten Teile der ganzen Anlage. Wenn Zerstörungen eintreten, so beginnen sie meist am

Leerlauf, insbesondere bei Hochgefälle-Anlagen. Dies leuchtet ohne weiteres ein, da die ganze Kraft des Wassers im Leerlauf vernichtet wird. Derselbe ist deshalb einem starken Angriff ausgesetzt und dementsprechend solide, mit Sturzbetten bzw. Tosbecken oder ähnlichen Einrichtungen, auszuführen, durch die die Bewegungsenergie des Wassers möglichst unschädlich vernichtet wird und das Wasser ruhig austritt. Man läßt das Wasser häufig über die gesenkte Leerlaufschütze strömen, damit es möglichst senkrecht nach unten stürzt und sich hierbei totfällt.

Sehr zweckmäßig ist es, wenn im Obergraben neben der Turbinenanlage ein Übereich, d. h. ein Überlauf angeordnet wird. Wenn beim Abstellen der Anlage der Leerlauf nicht sofort gezogen wird, so läuft das Wasser einfach über. Eine Gefährdung der Kanaldämme infolge zu starken Steigens des Wassers ist also ausgeschlossen. Ein Übereich ist nur dann überflüssig, wenn sich die Kraftanlage im Fluß oder dicht beim Wehr befindet. Bei Hochgefälle-Anlagen ist das Übereich im Wasserschloß angeordnet und der Leerlauf zweigt vom Wasserschloß ab.

Ein Übereich ist bei längeren Kanälen schon um deswillen zweckmäßig, weil dann die Regulierung der Turbinen eine präzisere ist. Wenn hier ein Übereich fehlt, so pendeln die Turbinen bei plötzlicher Entlastung in ihrer Tourenzahl auf und ab, was damit zusammenhängt, daß sich das Wasser vor den Turbinen periodisch anstaut.

Von großer Wichtigkeit bei Anlagen mit Zuführung des Wassers in Rohrleitung ist eine richtige Konstruktion des Wasserschlosses. Scharfe Ecken und plötzliche Querschnittsänderungen sind ängstlich zu vermeiden, da sich sonst in den Ecken Schlamm und Sand ablagert. Weiter empfiehlt es sich, den Leerlauf in die Zufußrichtung und den Rohranschluß seitlich zu legen, um eine gute Abführung der Sinkstoffe (Sand, Schlamm usw.) zu ermöglichen. Zweckmäßiger ist es jedoch, wenn die Sandabscheidung (soweit sie nicht schon in den Kiesfängen erfolgte) durch Anordnung mehrerer Sandfänge im Obergraben, also bereits vor dem Wasserschloß stattfindet.

Die Druckleitung größerer Hochgefälleanlagen besteht aus genieteten oder geschweißten Röhren aus Flußeisen oder Stahl. Nach unten zu wächst die Stärke der Rohrleitung, dem höheren Druck entsprechend. Die Wassergeschwindigkeit beträgt im allgemeinen 1—2 m/sk. Man geht jedoch bei großer Länge unter Umständen bis zu 5 m hinauf, um die Kosten der Rohrleitung zur verringern. Wenn man demgegenüber bei den Kanälen der Niedergefalleanlagen mit der Wassergeschwindigkeit selten über 1 m hinausgeht, so hängt dies damit zusammen, daß hier der Gefällverlust für Zu- und Ableitung des Wassers einen weit größeren Prozentsatz des Bruttogefälles ausmacht.

Sehr wichtig ist eine richtige Linienführung der Druckleitung. Am günstigsten ist es, wenn die Leitung ohne Höhen- und Tiefen-

punkte direkt zu den Turbinen abfällt. Höhenpunkte geben zu Luftansammlungen, Tiefenpunkte zu Schlamm- und Sandablagerungen Anlaß, weshalb die Einschaltung entsprechender Vorrichtungen notwendig ist.

Bei gerader Trasse der Rohrleitung werden in der Regel Kompensationsstücke (Ausdehnungsmuffen) zum Ausgleich der Wärmedehnungen angewendet. Manche Firmen verzichten jedoch auch ganz auf derartige Vorrichtungen. Rohrnickstellen sind entsprechend stärker zu bemessen und zu verankern, da sie bei Geschwindigkeitsänderungen stärker als die übrige Rohrleitung beansprucht werden.

Häufig sieht man bei Hochgefälleanlagen mit Rücksicht auf die Möglichkeit eines Rohrbruches einen Sicherheitsabschluß der Rohrleitung beim Wasserschloß vor, der entweder automatisch, durch die Wassergeschwindigkeit, oder auf elektrischem Wege mittels Motoren, die vom Kraftwerk aus eingeschaltet werden, betätigt wird.

Als sehr zweckmäßig erweist sich die Kombination eines Niedergefällowerkes mit einem akkumulierfähigen Hochgefällowerk in der Weise, daß die Niedergefällanlage den konstanten Teil, die Hochgefällanlage dagegen den variablen Teil und die Spitzen der Kraftlieferung zu übernehmen hat. Bei dieser Anordnung erübrigen sich Reserven in Form von Wärmekraftmaschinen, da durch die Wasseraufspeicherung beim Hochgefällowerk in natürlichen oder künstlichen Seen (Talsperren) ohne weiteres die Möglichkeit zu wechselnder Kraftleistung gegeben ist. Als Beispiel einer solchen Anlage sei das Kraft- und Pumpwerk der Stadt Solingen erwähnt. Hier wird das Wasser der Wupper mit Hilfe von Niedergefälleturbinen ausgenützt, während die benachbarte Talsperre das Betriebswasser für die Hochgefälleturbinen liefert.

Das zweckmäßigste Baumaterial für die Wasserbauten von Wasserkraftanlagen ist Beton.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch darauf hingewiesen, daß bei der Projektierung von Wasserkraftanlagen auch die Frage erwogen werden sollte, ob sich eine Wärmekraftanlage als Ergänzung oder Reserve empfiehlt. Tritt die Wasserkraftanlage als alleinige Energiequelle auf, so kann man die Wasserkraft in der Regel nur zu einem geringen Teil ausnützen. Da der Leistungsbedarf für die meisten Industriezweige nahezu gleichbleibt, so kann die als selbständige Energiequelle verwendete Wasserkraftanlage gewöhnlich nicht stärker ausgebaut werden, als es dem niedrigsten Wasserstand entspricht. Tritt hingegen zur Wasserkraft eine Wärmekraft ergänzend hinzu, so stellt sich die Ausbaumöglichkeit günstiger. Die Wärmekraft gestattet, die mit der Jahreszeit schwankende Leistung des Wassers auf den verlangten gleichbleibenden Wert zu ergänzen. Eine obere Grenze ist hier der Ausnutzung der Wasserkraft nur durch die Forderung gezogen, daß die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage nicht ungünstig beeinflußt werden darf, d. h. daß die durch den vergrößerten Ausbau ebenfalls vergrößerten Betriebskosten einschließlich der Kapitalkosten keinesfalls höher ausfallen dürfen als bei ausschließlichem Wärmekraftbetrieb.

## 76. Projektierung von Elektromotorenanlagen.

Bei Aufstellung von Elektromotoren sind, ebenso wie bei sonstigen elektrischen Anlagen, die vom Verbands Deutscher Elektrotechniker aufgestellten „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln“ maßgebend, sowie orts- und oberpolizeiliche und die besonderen Vorschriften der Elektrizitätswerke. Auch die von der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften aufgestellten „Vorsichtsbedingungen für elektrische Licht- und Kraftanlagen“ sind zu beachten. Und endlich kommen noch die seitens der Berufsgenossenschaften erlassenen Unfallverhütungsvorschriften in Betracht.

Von den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker kommen hier in erster Linie die §§ 6, 11, 12, 34 und 35 in Betracht. In § 6 wird festgesetzt:

a) Elektrische Maschinen sind so aufzustellen, daß etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.

b) Bei Hochspannung müssen elektrische Maschinen entweder gut isoliert montiert und in diesem Falle mit einem gut isolierenden Bedienungsgang umgeben sein, oder ihre Gestelle müssen geerdet und, soweit der Fußboden in ihrer Nähe leitend ist, mit diesem leitend verbunden sein.

Für feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume gilt gemäß § 34:

a) die Umgebung von Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, Umformern, Widerständen usw. muß von entzündlichem Material frei gehalten werden können.

b) Sicherungen, Schalter und ähnliche Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, sind in feuersicher abschließenden Schutzhüllen unterzubringen.

c) Blanke Leitungen sind nicht zulässig. Isolierte Leitungen sind nur mit wasserdichter Isolierhülle zulässig.

d) Die Verwendung von Spannungen über 1000 Volt ist unzulässig.

Für explosionsgefährliche Räume und Lagerräume setzt § 35 folgendes fest:

a) Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, Umformer und Widerstände, desgleichen Ausschalter, Sicherungen und ähnliche Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, dürfen nur insoweit verwendet werden, als für die besonderen Verhältnisse explosions sichere Bauarten bestehen.

b) Leitungen müssen eine wasserdichte Isolierhülle haben, deren Beschaffenheit der verwendeten Spannung entspricht, und sind nur in Rohren oder als Kabel zulässig. Mehrfachleitungen sind unzulässig.

c) Es sind nur Glühlampen zulässig, die im luftleeren Raume brennen. Sie müssen mit dicht schließenden Überglocken, die auch die Fassung dicht einschließen, versehen sein.

d) Die Verwendung von Hochspannung ist in solchen Räumen nicht zulässig.

e) Etwaige behördliche Sondervorschriften über explosionsgefährliche Betriebe bleiben durch vorstehende Bestimmungen unberührt.

Zu § 34 ist zu bemerken, daß man unter feuergefährlichen Betriebsstätten und Lagerräumen namentlich solche Werkstätten versteht, in denen entzündliche Stoffe verarbeitet werden oder lagern. Hierher gehören z. B. Tischlerwerkstätten, Baumwollspinnereien, Sägewerke und ähnliche Räumlichkeiten, soweit sie nicht mit wirksamen Vorkehrungen ausgestattet sind, die die entzündlichen Stoffe absaugen oder sonstige unschädlich machen. In der Regel werden derartige Räume nur im Notfall zur Aufstellung von Motoren und Stromerzeugern benutzt. Im allgemeinen hat man danach zu trachten, daß für Elektromotoren und Dynamomaschinen nebst Zubehör ein abgetrennter Raum zur Verfügung gestellt oder geschaffen wird, der von den brennbaren Stoffen frei bleibt. Dies ist gewöhnlich schon im Interesse der Reinhaltung der Maschinen notwendig.

Ein Schutz oder eine Abgrenzung der Motoren durch engumschließende Kästen aus Holz oder Blech kann nicht als Ersatz für einen besonderen Raum angesehen werden, da hierdurch die zunehmende Erwärmung der Motoren begünstigt wird, die ihrerseits eine erhebliche Verschlechterung des Wirkungsgrades, vor allem aber ein frühzeitiges Altern der Motoren durch Verkohlen ihrer Isolation zur Folge hat.

Was als explosionsgefährlicher Raum zu betrachten ist, wird von Fall zu Fall, je nach Art des Betriebes und der darin verarbeiteten Stoffe, durch die Aufsichtsbehörden entschieden. Derartige Räume kommen vor in Sprengstofffabriken, in chemischen Fabriken, die mit explosiblen Stoffen wie Pikrinsäure arbeiten oder sie herstellen, in Zelluloidfabriken, in Fabriken zur Herstellung von Munition und von Feuerwerkskörpern und in Lagerhäusern, die derartige Stoffe enthalten. Die für Schlagwettergruben und schlagwettergefährliche Teile von Bergwerken gültigen Vorschriften sind aus den Sondervorschriften für Bergwerke unter Tage zu entnehmen.

Im allgemeinen wird man auch hier danach streben, die Maschinen und Apparate, an denen betriebsmäßig Funken auftreten, nicht in solchen Räumen unterzubringen, die einer Explosionsgefahr unterliegen, insbesondere nicht in Räumen, in denen sich infolge der Betriebsverhältnisse explosive Gase oder Luftmischungen verbreiten. Wo es sich nur um feste Explosivstoffe handelt, wird im allgemeinen ein dichter Abschluß der Apparate und Maschinen oder ein Abschluß derjenigen Vorrichtungen, in denen die explosiblen Stoffe verarbeitet werden, geeignet sein, die Gefahr zu beseitigen. Solche Abschlüsse der elektrischen Maschinen schützen jedoch gewöhnlich nicht gegen

das Eindringen von Gasen. Es ist deshalb in bestimmten Fällen (z. B. Zelluloidfabriken) behördlicherseits untersagt, Dynamomaschinen, Motoren, Widerstände, Schalter und dergl. innerhalb der Fabrikations- und Lagerräume unterzubringen.

Maschinen, die gegen Schlagwetter sicher sein müssen, erfordern eine besondere Bauart.

Im § 11, der sich auf Ausschalter und Umschalter bezieht, wird unter anderem festgesetzt, daß der Berührung zugängliche Gehäuse und Griffe, sofern sie nicht geerdet sind, aus nichtleitendem Material bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht ausgekleidet oder überzogen sein müssen. Weiterhin wird festgesetzt, daß Ausschalter für Stromverbraucher, wenn sie geöffnet werden, alle Pole ihres Stromkreises, die unter Spannung gegen Erde stehen, abschalten müssen.

§ 12 bezieht sich auf Anlasser und Widerstände; es wird hier unter anderem festgesetzt, daß die Anbringung besonderer Ausschalter (siehe § 11) bei Anlassern und Widerständen nur dann notwendig ist, wenn der Anlasser nicht selbst den Stromverbraucher allpolig abschaltet.

Im übrigen ist zu beachten, daß der Maschinenraum nicht feucht und im Winter nicht zu kalt sein soll. Wenn Elektromotoren in feuchten Räumen aufgestellt werden müssen, so sind dieselben je nach dem Feuchtigkeitsgrad mit einem Feuchtigkeitsschutz zu versehen, oder vollständig zu kapseln, damit die Wicklungen nicht durch den Einfluß der Feuchtigkeit leiden.

Größere Elektromotoren sollen auf soliden Stein- oder Holzfundamenten, gegebenenfalls mit Korkeinlage, gut befestigt werden; bei kleineren Motoren ist die Aufstellung auf eisernen Konsolen an genügend starken Wänden zulässig, wobei jedoch eine direkte Verschraubung der Konsole mit dem Motorgestell zu vermeiden ist. Es soll auf die Konsole eine starke harte Diele und erst auf diese der Motor aufgeschraubt werden, um auf diese Weise die Geräuschübertragung nach den anderen Räumen tunlichst zu verringern.

Es ist von großer Wichtigkeit, daß die Motoren so sicher aufgestellt werden, daß sie während des Betriebes nicht zittern.

Die Motoren, insbesondere die mit hoher Spannung arbeitenden, sollen von Geländern oder Wänden umgeben sein, um den Zutritt Unberufener zu verhindern.

Gewöhnliche Einphasenmotoren bedürfen einer besonderen Leerscheibe auf dem anzutreibenden Vorgelege oder einer Zentrifugalkupplung, da sie unter Last im allgemeinen nicht anlaufen.

Nach Beendigung der Montage ist zu untersuchen, ob sich die Achse leicht in den Lagern dreht und einen hinreichend freien seitlichen Spielraum hat. Alsdann wird der Riemen aufgelegt, aber weder zu stark noch zu lose gespannt, weil bei zu starker Spannung die Lager warmlaufen, während bei zu loser Spannung der Riemenzug ungenügend ist und daher Schwankungen im Betriebe auftreten.



Soll nachträglich die Drehungsrichtung eines Motors geändert werden, so bedingt dies nur ein Vertauschen der Anschlußdrähte am Motor; ein Schränken des Riemens ist daher nicht erforderlich.

### 77. Maschinenfundamente. Montage.

Die Herstellung der Fundamente geschieht teils in Ziegelmauerwerk mit bestem Portland-Zementmörtel, teils in Beton (Stampfbeton). Zu Ziegelmauerwerk sollten gute Hartbrandziegel verwendet werden. Für Dampfturbinen kommen auch Fundamente (Stützsäulen) aus Eisenbeton oder Eisen zur Verwendung. Eisenbeton oder Stampfbeton mit Eisenarmierung kann sich aber auch sonst für Fundamente empfehlen, insbesondere für solche Teile, die mit Rücksicht auf gute Zugänglichkeit der Maschinen stark ausgeschnitten werden müssen.

Bei der Anlage von Fundamenten ist zunächst darauf zu achten, daß dieselben im rechten Winkel zu der anzutreibenden Transmission oder Maschinenwelle aufgeführt werden. Es kann sich hier gegebenenfalls empfehlen, einen Monteur der liefernden Firma zuzuziehen. Bei direkter Kupplung der Kraftmaschine mit der anzutreibenden Maschine ordnet man das Fundament gewöhnlich parallel zur Wandrichtung an.

Elektromotoren werden häufig auch in Stockwerken aufgestellt. Auch kleinere Verbrennungsmotoren können bis zu Leistungen von etwa 15 PS in Stockwerken auf gußeisernen Fundamentböcken aufgestellt werden. Im übrigen sind jedoch Fundamente aus Stein oder Beton vorzuziehen, zumal sie in der Regel billiger sind als gußeiserne Fundamentböcke.

Die Frage, ob im gegebenen Fall Fundamente aus Ziegelmauerwerk oder Beton den Vorzug verdienen, ist häufig eine reine Preisfrage. Man verwendet heute mit Vorliebe auch für kleinere Maschinen Betonfundamente. Für die Fundamente großer Maschinen ist wohl immer Beton vorzuziehen. Beton erreicht bei sachgemäßer Herstellung eine höhere Festigkeit als Ziegelmauerwerk, hat mehr Masse als dieses, da er spezifisch schwerer ist, und bietet außerdem die Möglichkeit, daß man bei größeren Fundamenten alte Eisenschienen und dergl. zur Erhöhung der Festigkeit und des Gewichts des Fundamentklotzes einlegen kann.

Die Verwendung von Ziegelmauerwerk hat andererseits den Vorteil, daß sich nachträgliche, durch Verlegung von Rohrleitungen usw. notwendig werdende Änderungen am Fundament leichter vornehmen lassen als bei Beton, der bekanntlich weit schwerer zu bearbeiten ist als Ziegelmauerwerk. Aus demselben Grund ist auch die spätere Beseitigung von Betonfundamenten mit mehr oder weniger großen Schwierigkeiten verknüpft.

Der eigentliche Fundamentklotz wird auf eine Betonsohle gestellt, deren Stärke verschieden ist, je nach der Größe des Funda-

ments und je nach der Tragfähigkeit des Baugrundes. Die Betonsole soll auf tragfähigen (gewachsenen) Boden gegründet werden. Wo die Bodenverhältnisse so ungünstig sind, daß dies nicht möglich ist, muß die Betonsole auf einen Pfahlrost, d. h. auf gerammte Pfähle gesetzt werden, die bis in den gewachsenen Boden hinunterreichen. Unter Umständen genügt auch die Anwendung eines bloßen Balkenrostes.

Die Höhe des Fundaments, von der Betonsole an gerechnet, ist bei sonst gleichen Bodenverhältnissen verschieden je nach der Größe der Maschine. Bei großen Maschinen beträgt die Fundamenthöhe 2—3 m und mehr, schon mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer Unterkellerung. Besonders hohe Fundamente erfordern Dampfturbinen im Hinblick auf die Unterbringung der Kondensationsanlage. Es kommen hier bei großen Einheiten unter Umständen Fundamenthöhen von 7—8 m vor.

Die Anordnung eines begehbaren Maschinenkellers ist für Neuanlagen größerer Kraftwerke stets zu empfehlen und hat den Vorzug, daß die Hilfsmaschinen, Rohrleitungen usw. in dem Keller untergebracht und leicht nachgesehen und bedient werden können. Dazu kommt bei liegenden Maschinen noch der große Vorteil der bequemen Zugänglichkeit von unten.

Bei kleineren Maschinen, deren Fundament aus Preisrücksichten oder aus sonstigen Rücksichten nicht so tief angelegt werden kann, wie dies ein Maschinenkeller erfordern würde, muß in anderer Weise für bequeme Zugänglichkeit von Rohren, Ventilen, Kondenstöpfen usw. gesorgt werden. Man ordnet hier genügend große, mit Riffelblech abgedeckte Kanäle unter dem Maschinenhausflur an.

Die Abdeckung mit Riffelblech macht sich in Maschinenhäusern allerdings nicht gerade schön. Auch verwerfen sich die Auflager der Abdeckplatten sowie die letzteren häufig. Man sollte deshalb Kanäle mit Abdeckplatten möglichst nur bei kleineren Anlagen vorsehen.

Wo es sich um die Aufstellung mehrerer Maschinen handelt, empfiehlt sich eine gemeinsame Betonsole. Bei allenfallsigen Senkungen des Bodens wird dann die Sohle zwischen den einzelnen Maschinen durchbrechen, während der Fundamentklotz jeder Maschine als Ganzes erhalten bleibt. Unter Umständen kann es sich auch als zweckmäßig erweisen, die sämtlichen Fundamente zu einem einzigen Klotz zu vereinen, da auf diese Weise die Übertragung von Erschütterungen und die Entstehung von Bodenschwingungen verringert werden kann, insbesondere wenn die Maschinen nicht alle gleichzeitig betrieben werden.

Bei liegenden Kolbenmaschinen ist darauf zu achten, daß die Höhe des Fundamentklotzes nicht unnötig groß wird, um den Schwerpunktsabstand von der Ebene der schwingenden Massen und damit das Kippmoment möglichst zu beschränken. Die zur Vermeidung von Bodenschwingungen erforderliche Fundamentmasse sollte, soweit angängig, durch entsprechende Verlängerung und Verbreiterung des

Fundamentblocks, d. h. durch Vergrößerung der Grundfläche des Fundaments erreicht werden. Zur möglichsten Herabsetzung des Kippmoments bzw. zur Verringerung des Abstands von Maschinenmitte bis zum Schwerpunkt des Fundaments empfiehlt es sich fernerhin, die Höhe des Maschinenrahmens von Unterkante bis Maschinenmitte nicht größer als unbedingt nötig zu machen.

Bei stehenden Kolbenmaschinen wirken die Hauptmassenkräfte in senkrechter Richtung. Es treten also hier keine so großen Kippmomente auf, wie bei liegenden Maschinen. Jedoch ist auch hier darauf zu achten, daß das Fundament nicht übermäßig hoch ausgeführt wird. Zweckmäßig ist es auch hier, die erforderliche Fundamentmasse möglichst durch Vergrößerung der Grundfläche zu erreichen. Hierbei sollte insbesondere diejenige Abmessung des Fundaments reichlich gewählt werden, die in Richtung der Schwingungsebene der Massen liegt. Speziell bei Zwei- und Dreizylindermaschinen mit gleichmäßig versetzten Kurbeln kommen auch in Richtung der Maschinenwelle Kippmomente auf das Fundament, denen durch entsprechende Längenbemessung des Fundaments Rechnung zu tragen ist.

Die Aussparung der Ankerlöcher soll nicht zu knapp sein, damit allenfallsige Ungenauigkeiten bei Herstellung des Fundaments durch nachträgliche kleine Verschiebungen der Ankerschrauben ausgeglichen werden können. Für die Aussparung der Ankerlöcher nehme man keine massiven Hölzer, sondern aus einzelnen Brettern zusammengenagelte viereckige Holzkästen. Massive Hölzer bleiben nämlich leicht in dem Fundament stecken, wenn der Maurer nicht ständig die Hölzer, entsprechend dem Hochmauern des Fundamentklotzes, nachzieht und lockert. Es ist schon vorgekommen, daß nachträglich Ankerhölzer herausgebrannt werden mußten, da sie so fest in dem Fundament steckten, daß sie selbst mit Flaschenzug nicht mehr herausziehen waren. Wenn bei Verwendung von Holzkästen ein Festsitzen vorkommen sollte, so ist dies unbedenklich, da man alsdann die Holzkästen durch einige Hammerschläge in sich zusammenklappen kann. Allerdings muß man auch hier die Holzkästen ordnungsmäßig nachziehen, wenn sie nicht genügend lang hergestellt werden können.

Die Ankerplatten werden meist schon bei Ausführung des Fundaments mit eingemauert. Die Fundamentanker sind jedoch erst bei der Montage einzusetzen. Die Ankerlöcher und die Aussparungen unter den Ankerplatten sind bis zum Einsetzen der Anker gegen einfallende Gegenstände zu schützen.

Von Wichtigkeit ist, daß die Aussparung für das Schwungrad oder die Riemscheibe so reichlich bemessen wird, daß auch nach erfolgtem Längen des Riemens oder Seils kein Anstreifen stattfindet. Häufig kann man nämlich beobachten, daß das Spiel zwischen dem Riemen und der Schwungradgrube zu klein ist.

Auch darauf ist zu achten, daß für sämtliche Rohrleitungen, wie Kondenswasserableitungen und dergl., die nötigen Öffnungen im

Fundament gleich bei dessen Herstellung vorgesehen werden. Nachträgliches Heraushauen von Öffnungen kostet immer viel Zeit und Arbeit.

Wo Außenlager vorhanden sind, ist — was sich eigentlich von selbst versteht — auf einen guten Zusammenhang des eigentlichen Motorfundaments mit dem Fundament des Außenlagers zu achten.

Bevor mit der Montage der Maschinen begonnen wird, sollte das Fundament gut abgebunden haben. Dies ist der Fall nach ungefähr 8 bis 14 Tagen, je nach der Jahreszeit. Bei kalter Witterung bindet der Mörtel bekanntlich langsamer ab als bei warmer. Bei großen Maschinen (z. B. Großgasmaschinen) wird häufig eine Wartezeit bis zu 2 Monaten vorgeschrieben.

Nachdem die Maschine in richtiger Lage auf das Fundament gebracht und ausgerichtet ist und die Fundamentschrauben leicht angezogen sind, erfolgt das Untergießen des Rahmens usw. sowie des Außenlagers, wo ein solches vorhanden ist. Das Untergießen geschieht mit flüssigem Zementmörtel und hat nur den Zweck, ein sattes und gleichmäßiges Aufliegen des Rahmens auf dem Fundament zu erzielen. Die Sitzfläche des Rahmens ist nämlich unbearbeitet; auch das Fundament ist nicht genau eben hergestellt. Nach dem Untergießen soll man wieder 8 bis 14 Tage warten, bis der Zement abgebunden hat. Erst dann dürfen die Fundamentschrauben angezogen und die Montage zu Ende geführt werden.

Bei der Aufstellung der Maschinen sind im übrigen die ins einzelne gehenden Montagevorschriften der liefernden Firmen zu beachten.

Nach erfolgter Montage ist das Fundament mit einem Glattstrich zu versehen, schon um das Eindringen von Öl in das Innere des Fundamentes zu verhindern. Wenn nämlich das zur Schmierung der Maschinen verwendete Öl pflanzlichen oder tierischen Ursprungs ist, so können Betonfundamente durch abtropfendes Öl beschädigt, unter Umständen sogar zerstört werden. Derartige Öle werden ranzig, d. h. sie zersetzen sich in freie Fettsäuren und Glycerin; die Fettsäuren gehen dann mit dem Kalk des Zements chemische Verbindungen ein (Kalkseifen), die eine Lockerung des Gefüges bewirken. Die Widerstandsfähigkeit des Fundaments gegenüber solchen Schmiermitteln richtet sich nach dem Gehalt des Öles oder Fettes an Säure und nach dem Mischungsverhältnis des Mörtels. Ist dieser sehr dicht, z. B. 1 : 1, und längere Zeit an der Luft erhärtet, so hat sich der Kalk an der Oberfläche in kohlensauren Kalk umbilden können; die Einwirkung des Öles ist alsdann eine geringe. Bei porösem Mörtel dringt jedoch das Öl in das Innere des Fundaments ein, wo die Umbildung des Kalkes noch nicht stattfinden konnte, und verursacht dort die oben erwähnten Zerstörungen. Wenn also pflanzliche oder tierische Öle verwendet werden, so muß das Betonfundament auf alle Fälle geschützt werden. Als Schutz kommt in erster Linie ein Verputz aus möglichst dichtem Mörtel, der mit

reinem Zement abgeglättet oder mit Keßlerschem Fluat gestrichen ist, in Frage. Auch das Verkleiden des Fundaments mit glasierten Platten, deren Fugen mit Asphalt ausgegossen werden, hat man schon ausgeführt. Doch ist dem Asphalt nicht recht zu trauen, da es schon vorgekommen ist, daß Asphaltanstriche durch das Öl vollständig aufgelöst wurden.

In Fällen, in denen die Maschinen mit reinen säurefreien Mineralölen (Kohlenwasserstoffen) geschmiert werden, und dies bildet heute die Regel, hat abtropfendes Öl keine Einwirkung auf das Fundament, weil sich Mineralöle nicht zersetzen. Es haben sich Kurbelgruben aus Beton, die vor 25 und mehr Jahren hergestellt wurden, bis heute tadellos erhalten. Da es jedoch immerhin auch bei Mineralölen vorkommen kann, daß gelegentlich eine Lieferung von der Fabrikation her Spuren von Säure enthält, so empfiehlt es sich auch bei Gebrauch von Mineralöl, das Fundament mit einem Verputz aus Mörtel 1:1, der sorgfältig mit reinem Zement abgeglättet wird, zu versehen und nicht eher in Benutzung zu nehmen, als bis der Zement hinreichend erhärtet ist.

Auf die Einrichtungen, durch die die Übertragung von Erschütterungen und Geräuschen auf benachbarte Grundstücke verringert werden kann, wird im Abschn. 88 des näheren eingegangen.

## 78. Kühleinrichtungen.

Kühleinrichtungen sind gemäß Abschn. 45 dort nötig, wo nicht genügend Wasser zur Kesselspeisung und Kondensation oder zur Motorkühlung vorhanden ist. Rückkühlanlagen haben die Aufgabe, dem Wasser die im Kondensator oder in den Kühlräumen von Verbrennungsmaschinen aufgenommene Wärme wieder zu entziehen, so daß dieselbe Wassermenge immer wieder von neuem zur Kühlung verwendet werden kann.

Wo ausreichend Fluß- oder Grundwasser vorhanden ist, vermeidet man Rückkühlwerke bei Dampfanlagen schon mit Rücksicht auf die dadurch bedingte Verschlechterung des Vakuums (insbesondere in der Sommerszeit) und die daraus folgende Erhöhung des Dampfverbrauchs. Zudem bedingen Rückkühlanlagen eine Erhöhung der Anschaffungskosten.

Man unterscheidet Kühlteiche, offene Gradierwerke aus Reisigbündeln oder Latten sowie geschlossene Gradierwerke mit Holzeinlagen, und endlich Kühltürme oder Kaminkühler, welche letztere aus Holz, Stein oder Eisen hergestellt werden können. Kühlteiche haben nur mäßige Wirkung und kommen aus Platzrücksichten nur in den seltensten Fällen in Betracht. Gradierwerke haben den Nachteil, daß die Umgebung besonders stark durch die entstehenden Dampfschwaden belästigt wird, und daß der Wind, sofern nicht Jalousien vorgesehen sind, viel Wasser verspritzt. Auch frieren sie

im Winter ein. Aus diesen Gründen und mit Rücksicht auf den besseren Wirkungsgrad stellt man heute in der Regel Kühltürme auf. Hierbei wird das Wasser mittels einer besonderen Pumpe (ev. Luftpumpe) in eine 4 bis 5 m hoch gelegene Verteilungsrinne gefördert, rieselt über eingelegte Lattensysteme herab, wobei es sich fein verteilt, während die kalte Luft infolge der Zugwirkung des kaminartigen Baues von unten nach oben streicht und auf diese Weise durch direkte Berührung mit dem warmen Wasser Wärme aufnimmt. Der Hauptanteil der Kühlwirkung entfällt jedoch auf die Verdunstung, die ihrerseits von der barometrischen Höhenlage und vor allem von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig ist.

### 79. Zahl und Größe der Krafteinheiten.

Ist die Zahl der insgesamt benötigten Pferdestärken festgelegt, so hat man sich darüber klar zu werden, wie groß die aufzustellenden Einheiten werden sollen. Im allgemeinen wird man die Maschineneinheit um so größer wählen, je größer die Gesamtleistung des Kraftwerkes ist und je rascher voraussichtlich die künftige Entwicklung des Werkes erfolgt.

Auch bei kleineren Anlagen ist es nicht empfehlenswert, mit der Einheit zu sehr herunterzugehen, wie dies aus übertriebener Vorsicht oft geschieht. Wenn eine baldige Steigerung des Kraftbedarfs zu erwarten ist, so kann es sich als wirtschaftlicher erweisen, schon für den ersten Ausbau größere Einheiten oder überhaupt eine größere Gesamtleistung vorzusehen. Der Nachteil, der in der anfänglich geringeren Ausnützung der Kraftanlage liegt, wird durch den Vorteil ausgeglichen, den späterhin bei gesteigertem Kraftbedarf größere Einheiten bieten. Es empfiehlt sich deshalb, Wirtschaftlichkeitsrechnungen für verschiedene Ausbaustufen aufzustellen.

Um die Anlagekosten möglichst herabzusetzen, werden nicht selten außergewöhnlich große Maschinensätze aufgestellt. Nun ist aber zu berücksichtigen, daß von einer gewissen Größe an der Einheitspreis für 1 PS nicht mehr erheblich abnimmt. Die Aufstellung von Kesseln mit 1000 qm Heizfläche und mehr, sowie die Wahl von Dampfturbinen mit Leistungen von 30000 und 40000 PS bringt keine Ersparnisse gegenüber kleineren Einheiten. Andererseits jedoch entsteht durch Betriebsstörungen an derartig großen Einheiten ein so bedeutender Kraftausfall, daß schon aus diesem Grunde die Wahl so großer Maschinensätze in der Regel nicht gerechtfertigt ist.

Wenn auch große Einheiten bei Vollbelastung einen etwas kleineren Brennstoffverbrauch ergeben und weniger Platz und Bedienung erfordern, so hat andererseits eine größere Zahl kleinerer Einheiten den Vorzug besserer Anpassungsfähigkeit an die Belastungsschwankungen des Betriebes. Vgl. auch die Ausführungen im nächsten Abschnitt.

## 80. Reserveanlagen.

Eine Reserve ist für jeden größeren Betrieb zu empfehlen, für Elektrizitätswerke aber ein unbedingtes Erfordernis, zumal deren Konzession nicht selten davon abhängig gemacht wird. Eine Reserveanlage empfiehlt sich überall dort, wo der durch eine allenfallsige Betriebsstörung entstehende Schaden größer ist als die Kosten, die durch Aufstellung einer für gewöhnlich nicht benützten Anlage entstehen.

Die Reserve stellt ein praktisch totes Kapital dar. Der Prozentsatz der Reserve ist im allgemeinen um so niedriger, je größer die Kraftanlage und je weitgehender deren Unterteilung ist. Bei größeren Anlagen kommt man gewöhnlich mit  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{4}$  der Maschineneinheiten als Reserve aus. Bei kleinen Anlagen kann die Reserve bis zu 100% der eigentlichen Betriebsanlage ausmachen.

Bei Dampfanlagen begnügt man sich, wenigstens in Fabrikbetrieben, vielfach mit der Aufstellung von Reservekesseln, da Betriebsstörungen am maschinellen Teil weniger leicht vorkommen. Reservekessel sind schon mit Rücksicht auf die in regelmäßigen Zeitabschnitten stattfindende Reinigung und Revision der Kesselanlagen notwendig.

Auch bei Gasmaschinen wird nicht selten beim maschinellen Teil auf eine Reserve verzichtet und nur für die Generatoranlage eine solche vorgesehen, damit bei der zeitweise notwendigen Reinigung und Ausmauerung der Generatoren kein längerer Betriebsstillstand eintritt.

Wo es auf möglichste Sicherung des Betriebes ankommt, empfiehlt sich auch bei Elektromotoren eine Reserve oder doch mindestens das Bereithalten von Reserveankern. Letzteres insbesondere dort, wo mehrere Motoren gleicher Bauart und Größe vorhanden sind, weil man dann sicher sein kann, daß der Reserveanker eines Tages auch wirklich ausgenützt wird.

Im übrigen ist auf die Größe der Reserve naturgemäß auch die Güte der Maschinen und ihrer Wartung von Einfluß; denn die Wahrscheinlichkeit von Betriebsstörungen ist um so größer, je minderwertiger die Maschinen in baulicher Hinsicht sind, und je mangelhafter sie bedient und instandgehalten werden.

Bei genügender Unterteilung der Gesamtkraft kann unter Umständen von der Aufstellung einer Reserve überhaupt abgesehen werden. Die Anlage besitzt dann schon in sich selbst eine gewisse Reserve, da bei Eintritt einer Betriebsstörung an einem Aggregat die übrigen Maschinensätze vorübergehend etwas überlastet werden können.

## 81. Lage und Anordnung von Kraftwerken.

Die Lage des Kraftwerkes soll mit Rücksicht auf die Kosten der Fernübertragung möglichst im Schwerpunkt des Konsums gewählt werden. Jedoch kann sich mit Rücksicht auf örtliche und sonstige Verhältnisse, wie Wasserbeschaffung, Kohlenzufuhr, Grundstückspreis, Beschaffenheit des Baugrundes usw. eine andere Lage als wirtschaftlicher erweisen; vgl. auch S. 197 letzter Absatz.

Bei Wahl des Grundstückes ist bei größeren Kraftwerken auf günstigen Bahnanschluß Rücksicht zu nehmen, damit der Transport der Baumaterialien und der Maschinenteile, vor allem aber die Brennstoffzufuhr möglichst billig wird.

Für große Dampfkraftwerke mit Turbinenbetrieb empfiehlt sich die Lage möglichst dicht an einem größeren Wasserlauf oder See, damit zum Betrieb der Kondensation genügend Kühlwasser zur Verfügung steht. Rückkühlanlagen sind für Turbinenwerke nicht erwünscht, weil hierbei die Kühlwassertemperatur, wenigstens in den Sommermonaten, verhältnismäßig hoch ausfällt. Für Kolbenmaschinen ist die Rückkühlung weniger nachteilig, da hier der Einfluß des Vakuums auf den Dampfverbrauch nicht so erheblich ist wie bei Dampfturbinen.

Am günstigsten liegen die Verhältnisse dort, wo das Kraftwerk an einen schiffbaren Fluß gelegt werden kann. Man hat hier außer dem Vorteil einer unbegrenzten Kühlwassermenge noch denjenigen einer bequemen und billigen Kohlenzufuhr. Bei Benützung des Wasserweges ist jedoch auf ein ausreichend großes Kohlenlager Rücksicht zu nehmen; vgl. Abschn. 83.

Im übrigen empfiehlt sich auch bei Lage des Kraftwerkes an einem schiffbaren Fluß Bahnanschluß. Denn es ist immerhin mit der Möglichkeit zu rechnen, daß im Frühjahr, wenn die alten Kohlenvorräte nahezu aufgearbeitet sind, unerwartet eine längere Trockenperiode einsetzt, so daß unter Umständen der Wassertransport versagt. Eine Anlage, bei der diesen Forderungen in besonders günstiger Weise Rechnung getragen werden konnte, zeigt Fig. 90.

Ist die Grundstücksfrage gelöst, so handelt es sich um die Anordnung und Stellung der einzelnen Gebäude zueinander und zum Fluß. In dieser Hinsicht ist zu sagen, daß die Lage des Werkes möglichst nahe beim Fluß und so zu wählen ist, daß der Transport der Kohle vom Fluß zum Kohlenlager und von da zum Kesselhaus möglichst kurz ist, damit die Kohlenförderanlage sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb die geringsten Kosten verursacht. Gleichzeitig ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß auch die Kühlwasserzu- und -ableitungen möglichst kurz und billig ausfallen. Ferner ist von Wichtigkeit, daß die Anordnung der Gebäude so gewählt wird, daß späterhin eine bequeme, mit wenig Störungen verbundene Erweiterung möglich ist. Und nicht zuletzt ist — insbesondere bei



beschränkten Platzverhältnissen — darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Gesamtanlage auf möglichst kleinem Raum untergebracht werden kann.

Im übrigen ist natürlich die Gesamtdisposition des Kraftwerkes in erster Linie von der Form und Lage des Grundstücks abhängig.

Um an Baukosten zu sparen und gleichzeitig die Rohrleitungsverluste zu verringern, wird das Kesselhaus unmittelbar an die Maschinenhauslängswand angebaut. In früheren Jahren war es üblich, das Kesselhaus einreihig und parallel zum Maschinenhaus anzuordnen. Da man früher noch keine so großen Maschineneinheiten wie heute baute, und da es sich zudem um Kolbenmaschinen handelte, so stimmte die von der Maschinenanlage benötigte Länge annähernd mit derjenigen der Kesselanlage überein. Diese Bauweise verdiente hier in bezug auf Billigkeit, Übersichtlichkeit, Einfachheit der Rohrleitungen und der Kohlenförderanlage den Vorzug.

Seit Einführung der Turbinen mit ihrem geringen Platzbedarf baut sich das Maschinenhaus bei größeren Turbineneinheiten wesentlich kürzer als das Kesselhaus. Man ordnet deshalb das Kesselhaus heute meist zweireihig und senkrecht zum Maschinenhaus an. Hierbei ergibt sich gleichzeitig der Vorteil kürzester Dampfwege und billigster Rohrleitungen. Die Erweiterung geschieht alsdann zweckmäßig in der Weise, daß man das Maschinenhaus verlängert und neben das vorhandene Kesselhaus ein zweites oder drittes anbaut.

Bei großen Kraftwerken wird man von vornherein mehrere zweireihige Kesselhäuser nebeneinander errichten, die senkrecht zum Maschinenhaus stehen. Ein zu langes Kesselhaus ist nämlich mit Rücksicht auf die große Entfernung der äußersten Kessel vom Maschinenhaus sowie mit Rücksicht auf die Länge und Übersichtlichkeit der Rohrleitungsanlage nicht erwünscht. Durch Verteilung der gesamten Dampfleistung auf mehrere, voneinander unabhängige Kesselhäuser wird außerdem die Betriebssicherheit erhöht.

Im übrigen ist eine bequeme Verbindung der einzelnen Betriebsräume bei möglichster Vermeidung von Treppen anzustreben.

Für die Höhenlage des Kraftwerkes gegenüber dem umgebenden Terrain ist maßgebend

1. die Rücksicht auf helle, durch Tageslicht beleuchtete und gut lüftbare Räume;
2. die Rücksicht auf billige Fundierung und auf geringen Erdaushub;
3. die Rücksicht auf die zweckmäßigste Lage der verschiedenen Wasserspiegel zum Werk, wobei möglichst hochwasserfreie Aufstellung anzustreben ist.

An sich wäre es wohl am zweckmäßigsten, Kessel- und Maschinenhaus so hoch zu legen, daß die Kellerräume etwa auf gleicher Höhe mit dem umgebenden Terrain liegen. Auf diese Weise bekommt man helle und luftige Kellerräume, verringert die Kosten für Erd-

aushub und Fundierung auf den geringsten Betrag und kann, was allerdings nicht so sehr wichtig ist, die Asche und Schlacke bequem aus dem Kesselhaus abfahren. Nun ist aber zu berücksichtigen, daß der Wasserstand von Flüssen oft innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwankt. Man muß deshalb das Kraftwerk so tief legen, daß die Saughöhe der Kondensatoren oder der Kühlwasserpumpen auch bei tiefstem Wasserstand den zulässigen Betrag nicht überschreitet. Andererseits sollte die Höhenlage des Kraftwerkes so gewählt werden, daß dessen Kellerräume und Rauchkanäle möglichst hochwasserfrei liegen.

Wenn der Keller des Kesselhauses auf Terrainhöhe liegt, so empfiehlt es sich, eine Auffahrtsrampe zum Kesselhausflur zwecks bequemen Einbringens schwerer Kesselteile (mittels Rollwagen) vorzusehen. Diese Rampe kann bei Versagen der Kohlenförderanlage auch zum Einbringen von Kohle ins Kesselhaus benützt werden. Meist wird allerdings nur der Maschinenhauskeller auf Terrainhöhe gelegt, während der Kesselhauskeller vertieft angeordnet wird, derart daß der Kesselhausflur auf Terrainhöhe zu liegen kommt. Es hat dies den Vorzug, daß man vom Mittelgang des Kesselhauses unmittelbar in den Kondensatorraum und vom Maschinenhausflur unmittelbar auf die Bedienungsgalerie der Kessel gelangen kann. Daß bei vertiefter Anordnung des Kesselhauskellers die Asche und Schlacke etwas höher zu heben ist, spielt bei Vorhandensein eines Elevators oder dergl. keine Rolle.

Wo der Baugrund ein schlechter ist, oder wo der Wasserspiegel sehr tief liegt, bleibt nichts anderes übrig, als die Kellersohle des Maschinenhauses vertieft anzuordnen.

Auf die gesamte Gebäudehöhe und auf die Kosten des eigentlichen Gebäudes ist die Höhenlage des Kraftwerkes ohne Einfluß.

Für die Anordnung der Maschinen im Maschinenraum kommen drei Aufstellungsarten in Betracht:

1. Aufstellung parallel nebeneinander und senkrecht zur Maschinenhausachse,
2. Aufstellung hintereinander in Richtung der Maschinenhausachse,
3. Aufstellung in zwei zur Maschinenhausachse parallelen Reihen hintereinander.

Am günstigsten und deshalb am häufigsten angewendet ist im allgemeinen die erste Aufstellungsart, da sie die beste Raumausnutzung und die kleinsten Gebäudekosten verursacht, die Bedienung vereinfacht und bei Dampfanlagen einfache und übersichtliche Dampfleitungen sowie Kühlwasserzu- und -ableitungen ergibt. Auch lassen sich bei dieser Aufstellung die Luftfilter und Luftkanäle der Turbogeneratoren bequem unterbringen.

Die zweite Anordnung ergibt ein schmales und langes Maschinenhaus; dieselbe kommt höchstens bei sehr großen Maschineneinheiten in Betracht und ist allenfalls auch wegen des Platzbedarfes des Kesselhauses berechtigt.

Die Umfassungsmauern der Gebäude werden bis zur Bodenoberfläche in der Regel aus Beton, wo erforderlich mit Eiseneinlagen hergestellt. Für Grundmauern empfiehlt sich Beton schon mit Rücksicht auf Grundwasser. Wo jedoch kein Grundwasser vorhanden und guter tragfähiger Boden in passender Tiefe gegeben ist, kann allenfalls auch das ganze Gebäude samt den Grundmauern in Ziegelmauerwerk hergestellt werden.

Abschlußmauern, die bei späterer Erweiterung wieder beseitigt werden, sollen, auch soweit sie Fundamentmauern sind, nicht in Beton, sondern in Ziegelmauerwerk ausgeführt werden. Wo dies nicht berücksichtigt wird, macht die spätere Beseitigung der Mauern unter Umständen erhebliche Schwierigkeiten.

Wo Krananlagen in Aussicht genommen sind, muß von vornherein darauf Rücksicht genommen werden, daß die Unterstützungspfeiler für die Kranbahn die nötige Tragfähigkeit besitzen. Die Höhenlage des Krans ist so zu wählen, daß auch die höchsten Maschinenteile noch so hoch gehoben werden können, um gegebenenfalls über andere Maschinen hinwegfahren zu können. Hierdurch wird die Bauhöhe des Gebäudes beeinflusst.

Weiteres über den baulichen Teil enthält der folgende Abschnitt.

## 82. Baulicher Teil von Kraftanlagen.

Ein Kraftwerk ist nichts anderes als eine Fabrik zur Erzeugung mechanischer oder elektrischer Energie. Die wichtigste Forderung, die sich bei Fabrikbauten ergibt, ist die, daß die Bauten sachlich, d. h. ihrem Zweck entsprechend ausgeführt werden. Ihre Außenseite soll jeden Anflug von Romantik vermeiden und unter Berücksichtigung einfacher und schöner Linienführung ruhig und solide wirken und sich vor allem nicht in kleinliche Formen verlieren.

Es ist durchaus unangebracht, für derartige Nutzbauten Renaissanceformen oder dergl. zu verwenden und den wahren Charakter der Gebäude nach außen hin zu verdecken, indem man dem Beschauer Bauwerke vorzutäuschen sucht, die wie Theater, Museen und dergl. idealen Bedürfnissen zu genügen haben. Die Architekten von heute sind verpflichtet, sich von den Bauformen früherer Jahrhunderte freizumachen und etwas Neues zu schaffen, das die neuzeitlichen Bedürfnisse auch in der äußeren Erscheinung zum Ausdruck bringt.

Es kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, daß Zweckbauten die ihnen eigene technische Schönheit einbüßen, wenn man sie mit nutzlosem künstlerischen Beiwerk umgibt. Das Verkleiden von Eisenkonstruktionen, z. B. das Einziehen einer besonderen Kunstdecke im Maschinenhaus, nur zu dem Zweck, die eiserne Dachkonstruktion zu verdecken, muß deshalb als durchaus untechnisch und widersinnig bezeichnet werden. Derartige Eisenkonstruktionen sollte man stets auch äußerlich in die Erscheinung treten lassen.

Beim Entwurf der Gebäude ist vor allem darauf Rücksicht zu nehmen, daß die verschiedenen Räume gut mit natürlichem Licht — am besten sowohl mit Seiten- als auch Oberlicht — und mit Luft (unter Vermeidung von Zugluft) versorgt sind, daß bequeme Zugänge und Verbindungen zwischen den einzelnen Räumen bestehen, und daß späterhin bei Vergrößerung des Werkes die Erweiterung möglich ist, ohne daß kostspielige Umbauten nötig werden und ohne daß der übrige Betrieb wesentlich beeinträchtigt wird. Zwischen den einzelnen Maschinen und Kesseln muß ausreichend Platz vorhanden sein, um zu vermeiden, daß bei Vornahme von Reinigungs- und Reparaturarbeiten der Betrieb der daneben liegenden Aggregate gestört wird. Letztere Forderung klingt zwar an sich selbstverständlich; trotzdem jedoch findet man oft in großen Maschinenzentralen, daß infolge verfehlter Projektierung zwischen den einzelnen Maschinen kaum so viel freier Platz vorhanden ist, daß man bequem durchgehen kann.

Auch mit der Höhe der Gebäude sollte man nicht knausern, wenigstens bei Wärmekraftanlagen. Denn es kommt hier zu der von den elektrischen Generatoren ausgestrahlten Wärme noch diejenige von der Krafterzeugungsanlage hinzu. Dem Bedienungspersonal sowie der Betriebsaufsicht fällt die Arbeit in hohen und luftigen Räumen ohne Zweifel leichter als in niederen, insbesondere in der warmen Jahreszeit. Die verhältnismäßig geringen Mehrkosten des Kraftwerkes machen sich durch die aufmerksamere Wartung der Anlage unter Umständen reichlich bezahlt.

Eine zu geringe Gebäudehöhe kann aber auch im Hinblick auf die spätere Erweiterung unerwünscht sein. Nicht nur daß ein sehr langes niederes Gebäude einen unschönen Eindruck macht, es ist auch noch zu berücksichtigen, daß man späterhin bei fortgeschrittenem Stand der Technik unter Umständen von liegenden Aggregaten zu stehenden übergeht, die eine wesentlich größere Raumhöhe beanspruchen. Auch muß schließlich damit gerechnet werden, daß später ein ganz anderes Maschinensystem zur Aufstellung kommt.

Man führt die Gebäude teils massiv in Ziegelstein oder Haustein aus, teils in Eisen- oder Holzfachwerk. Auch Eisenbeton hat in den letzten Jahren für Krafthäuser häufig und mit gutem Erfolg Verwendung gefunden, und zwar insbesondere für größere Werke.

Die Wahl der Bauart ist in der Regel eine Preisfrage, richtet sich aber naturgemäß auch nach den im einzelnen Fall gestellten Ansprüchen. Allgemein läßt sich sagen, daß Eisen- oder Holzfachwerk gewöhnlich nur dort angewendet wird, wo auf das äußere Ansehen der Gebäude wenig oder gar kein Wert gelegt wird, wo es vielmehr in erster Linie auf möglichste Billigkeit ankommt.

Bei Bauten aus Eisenbeton ist es mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Anschlüsse und der Herstellung von Verbindungen nicht immer leicht, nachträgliche Änderungen, wie Durchbrechungen, Erweiterungen oder sonstige Umbauten vorzunehmen. Es wird deshalb

häufig der Standpunkt vertreten, daß Eisenbeton nur dort angewendet werden soll, wo man sicher ist, daß keine nachträglichen Änderungen an der Konstruktion selbst notwendig werden. Dies trifft in erster Linie für Wasserkraftwerke zu, die meist von vornherein für den vollen Ausbau projektiert zu werden pflegen, und bei denen es in der Regel leichter ist — insbesondere wenn sie frei ins Landschaftsbild gestellt werden — eine Bauform zu wählen, die berechtigten ästhetischen Ansprüchen genügt und sich ihrer Umgebung gut anpaßt.

Auch bei Fachwerksbauten lassen sich, ebenso wie bei Eisenbetonbauten, spätere Änderungen nicht ohne weiteres ausführen, da man hier immer auf vorhandene Stützen und Streben Rücksicht nehmen muß. Am günstigsten sind in dieser Hinsicht Massivbauten. Bei diesen kann man an beliebiger Stelle Öffnungen herausbrechen und das darüber befindliche Mauerwerk durch Gewölbebogen oder durch Einziehen eiserner Träger abstützen.

Das Bedenken, daß Eisenbetonbauten keine nachträglichen Änderungen mehr zulassen, ist allerdings nur dort berechtigt, wo die ganzen Umfassungswände aus Eisenbeton oder Stampfbeton hergestellt werden. Dies geschieht aber meist schon aus Preisrücksichten nicht. Vielmehr verwendet man den Eisenbeton nur für die tragenden Teile, d. h. man führt die Säulen bzw. Pfeiler sowie die Dachkonstruktion aus Eisenbeton aus und stellt die Wände zwischen den Pfeilern in Ziegelmauerwerk her. An derartigen Bauten lassen sich nachträgliche Änderungen ebenso bequem vornehmen, wie an reinen Massivbauten. Denn auch bei letzteren muß man bei Umbauten auf die vorhandenen Verstärkungspfeiler Rücksicht nehmen.

Wo es sich um die Wahl zwischen einem Eisenfachwerksbau und einem solchen aus Eisenbeton handelt, wird nicht selten der Eisenbetonbau vorgezogen, weil er rascher zu erstellen ist als ein solcher aus Eisenfachwerk. Bei letzterem verursacht einerseits die Herstellung der Werkpläne ziemlich viel Bureauarbeit, andererseits ist man hier an die oft sehr langen Lieferfristen der Walzwerke gebunden. Für den Eisenbeton hingegen kommen keine Profileisen, sondern nur gewöhnliche Handelseisen von rundem Querschnitt in Betracht, die jederzeit käuflich sind. Auch Zement kann überall und, infolge der Syndizierung, zu ziemlich demselben Preis im Handel erhalten werden. Wo es deshalb erwünscht ist, daß der Bau des Kraftwerks schnell in Angriff genommen wird, wählt man häufig Eisenbeton, vorausgesetzt natürlich, daß der zur Betonbereitung erforderliche Kies oder das Steingeschläge entsprechend billig zu haben ist.

Die meiste Zeit und Vorbereitung entfällt bei Bauten aus Eisenbeton auf die Aufstellung des Lehrgerüsts und der Schalung sowie das Einbringen der Eisenarmierung. Das Betonieren der Konstruktion ist in der Regel sehr rasch erledigt. Sodann ist beim Eisenbeton zu berücksichtigen, daß nach erfolgter Betonierung 4—6 Wochen, je nach Größe der Konstruktion, gewartet werden muß, bis der Beton

abgebunden und genügende Festigkeit erlangt hat; erst dann darf die Schalung und die Rüstung vollständig entfernt werden. Bei einem Eisenfachwerkbau hingegen ist nach erfolgtem Aufstellen der Konstruktion das Gebäude sofort für die Montage der Maschinen verfügbar; hier verstreicht die Hauptzeit mit der Beschaffung der Walzeisen und der Bearbeitung in den Werkstätten. Alles in allem genommen kann man deshalb sagen, daß die endgültige Fertigstellung des Gebäudes bei beiden Bauweisen annähernd dieselbe Zeit erfordert.

Nicht unerwähnt möge bleiben, daß es beim Eisenbeton meist möglich sein wird, die hauptsächlich den Platz versperrenden Nebenschalungen und Zwischensteifen der Decken usw. schon nach 8 bis 14 Tagen zu entfernen und nur einzelne Gerüstunterstützungen längere Zeit stehen zu lassen, so daß der weitere Ausbau und die Montage der Maschinen möglichst wenig aufgehalten sind.

Bei sehr großen Spannweiten, über etwa 25 m, dürfte in der Regel der Eisenbeton mit dem Eisenfachwerk in bezug auf die Höhe der Baukosten nicht mehr konkurrieren können, weil bei Eisenbeton infolge des größeren Gewichtes der Konstruktion die Fundamente größer und damit auch teurer werden. Letzteres nicht nur mit Rücksicht auf den Mehrbedarf an Fundamentbeton, sondern auch deshalb, weil die Erdarbeiten zum Aushub der Baugruben für die Fundamente größer werden.

Wenn von den Gegnern der Eisenbeton-Bauweise immer wieder darauf hingewiesen wird, daß deren Güte in hohem Maße von der Aufmerksamkeit und Zuverlässigkeit der Arbeiter sowie der Bauaufsicht abhängig sei, so ist dies ohne Zweifel zutreffend. Für die Herstellung größerer Eisenbetonbauten sollten deshalb nur erstklassige, leistungsfähige Firmen herangezogen werden, die über wissenschaftlich vorgebildete Ingenieure und Techniker sowie auch über eine genügende Anzahl gut eingeschulter Spezialarbeiter verfügen. Die Eisenbeton-Bauweise ist immer mehr oder weniger eine Vertrauenssache.

Zum Schlusse sei noch darauf hingewiesen, daß es sich empfiehlt, die Wände von Maschinenräumen bis zu mindestens 2,50 m Höhe sauber mit Fliesen zu verkleiden. Ölspritzer, Schmutz und dergl. haften alsdann nicht fest, sondern können bequem wieder entfernt werden. Auch der Fußboden sollte mit Rücksicht auf leichte Reinigung mit einem Fliesenbelag versehen werden. Für den Fliesenbelag des Maschinenhausflurs sind an den diesbezüglichen Stellen die Höhenmaße der Fundamente, Deckenstärken usw. um etwa 50 mm zu verringern.

Wo ein Keller vorhanden ist, soll dessen Sohle zwecks Reinigung und günstigen Wasserabflusses mit Gefälle nach einem Abwasserkanal hin ausgeführt werden. Die Zugangstreppen zum Keller sind genügend breit auszuführen. Und endlich ist noch zu beachten, daß bei größeren Anlagen mit Rücksicht auf die Erschütterungen die Deckenträger nicht mit der Gebäudekonstruktion und den Stützen

fest verbunden sein dürfen, sondern vielmehr von denselben getrennt und beweglich angeordnet sein müssen. Auch die Fundamente dürfen nicht mit den Gebäudemauern und Stützenfundamenten zusammenhängen.

Zum Ein- und Ausbringen der Rohrleitung und der Maschinenteile in den Keller sind in der Maschinenflurdecke Montageöffnungen von genügender Größe vorzusehen; dieselben dienen zugleich als Lichtschächte.

Ein weiteres unentbehrliches Ausstattungsstück jeder modernen Maschinenhalle ist ein Kran, der den schwersten Maschinenstücken entsprechend dimensioniert sein muß. Hierbei kommt es weniger auf große Hub- und Fahrgeschwindigkeit, als vielmehr auf genaueste Einstellbarkeit bei der Montage an.

### 83. Lagerung von Brennstoffvorräten.

#### Feste Brennstoffe.

Größe des Lagers. Bei größeren Werken, die ausschließlich auf den Wassertransport angewiesen sind, sollte das Kohlenlager so bemessen sein, daß es für 4—5 Monate ausreicht. Denn es muß hier mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß der Wasserlauf in strengen Wintern mehrere Monate lang infolge Zufrierens und infolge von Eisgang nicht benützt werden kann. Andererseits kann der Wassertransport auch in der Sommerszeit beeinträchtigt werden, wenn der Wasserstand infolge länger anhaltender Trockenheit, wie z. B. im Jahre 1911, ein sehr niedriger ist.

Ein auf mehrere Monate ausreichendes Kohlenlager empfiehlt sich schon mit Rücksicht auf die Gefahr eines Kohlenstreiks.

Art der Lagerung. Überdachte Kohlenschuppen kommen höchstens für ganz kleine Werke in Betracht. Bei größeren Werken erfolgt die Kohlenlagerung in der Regel offen, d. h. im Freien. Große Kohlensilos nach Art desjenigen in der Tegeler Gasanstalt hätten zwar den Vorzug, daß eine Verschlechterung der Kohle durch Verwittern vermieden und gleichzeitig die Gefahr von Kohlenbränden verringert wird, weil die Kohlen nicht beregnet werden können. Ganz vermeiden lassen sich Kohlenbrände aber auch bei Silolagerung nicht, da die Kohlen schon gelegentlich des Transports durchnäßt werden können. Dabei stellen sich Kohlensilos von den Abmessungen, wie sie für größere Werke nötig sind, außerordentlich teuer. Offene Lagerung verursacht deshalb, wenn genügend großer und billiger Platz vorhanden ist, die geringsten Anlagekosten.

Kohlensilos hätten im übrigen noch den Vorteil, daß die Kohlen nicht zu lange lagern, da die ältesten Kohlen jeweils unten abgezogen werden. Dasselbe kann man jedoch auch bei Lagerung der Kohle im Freien erreichen, wenn man in begehbaren Kanälen unter dem Lagerraum eine Conveyoranlage vorsieht, der die Kohle durch entsprechend verteilte Auslaufstutzen selbsttätig zufließt.

**Kohlenbrände. Schütthöhe.** Die Schütthöhe der Kohlen wird im allgemeinen nicht über 5—6 m gewählt, weil mit größerer Schütthöhe die Gefahr der Selbstentzündung wächst. In der Regel ist das Kohlenlager besonders versichert; hierbei fallen im allgemeinen die Prämiensätze um so höher aus, je größer die Schütthöhe ist. Größere Schütthöhen als 6 m sollte man nur dort wählen, wo die Platzverhältnisse beschränkt sind.

Kohlenbrände infolge von Selbstentzündung treten hauptsächlich bei gasreichen Kohlenarten ein, und zwar insbesondere in nassen Jahren. Nasse Kohlen neigen im allgemeinen leichter zur Selbstentzündung als trockene.

Seitens der Feuerversicherungsgesellschaften wird vorgeschrieben, daß in gewissen Abständen Thermometerrohre in die Kohlenhaufen gesteckt werden. In das Innere dieser Rohre, die unten zugespitzt sind, werden Thermometer eingehängt. Diese Thermometer sind in regelmäßigen Zwischenräumen herauszuziehen und abzulesen. Zeigen sie eine zu hohe Temperatur an, so muß die Kohle an der betreffenden Stelle freigelegt und gegebenenfalls entfernt werden. Bisweilen allerdings tritt dann die Entzündung infolge Hinzutretens der Luft ein, während vorher nur eine Art Schwelen der Kohle stattfand.

Manchmal werden zur Ventilation der Kohlenhaufen Holzrohre von viereckigem Querschnitt, die mit seitlichen Löchern versehen sind, in die Kohlenhaufen hineingesteckt.

**Größe und Verarbeitung der Kohlenhaufen.** Einen einzigen zusammenhängenden Kohlenhaufen sollte man nur dort zulassen, wo die Entnahme der Kohle durch Greifer erfolgt. Wenn in diesem Fall irgendwo eine unzulässig hohe Erwärmung eintritt, so läßt sich die betreffende Stelle ohne Schwierigkeit mit dem Greifer freilegen. Wo die Kohlenentnahme von Hand mittels Schaufeln stattfindet, empfiehlt es sich, verschiedene Haufen mit Zwischenräumen bzw. Durchgängen vorzusehen, damit man bei Eintritt von Selbstentzündungen möglichst rasch an den Herd der Erwärmung kommt. Hat man hier einen einzigen großen Haufen, so kommt man nur schwer an die gefährdete Stelle; man muß sich dann erst eine regelrechte Gasse durch die Kohle hindurchschaufeln. Dies ist dort weniger zeitraubend, wo ein fahrbarer, elektrisch angetriebener Elevator zur Verfügung steht, der die Kohlen direkt in die Kohlenkarren auswirft.

Zweckmäßig wird der Betrieb so geführt, daß die alte Kohle gegen das Frühjahr hin aufgearbeitet wird. Denn je länger eine Kohle lagert, desto mehr büßt sie an Heizwert ein.

### **Flüssige Brennstoffe.**

Für die Lagerung und den Verkehr mit flüssigen Brennstoffen sind die in den verschiedenen Bundesstaaten bestehenden behördlichen Vorschriften maßgebend; vgl. in dieser Hinsicht Abschn. 64.



Benzin und Benzol werden meist faßweise bezogen. Für größere Dieselmotoren hingegen empfiehlt sich der Bezug des Treiböls in Kesselwagen, weil derselbe wesentlich billiger kommt als der Faßbezug. Außer den behördlichen Vorschriften hat man für die Lagerung von Treiböl noch folgendes zu beachten:

Der Lagerraum soll möglichst vor Frost geschützt sein. In kälteren Gegenden ist gegebenenfalls eine Erwärmung des Raumes durch das abfließende Kühlwasser, durch eine Dampfheizung oder durch Hindurchführen der Auspuffleitungen notwendig.

Steinkohlenteeröl sollte mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Naphthalinausscheidung, die schon bei Temperaturen von  $+10$  bis  $15^{\circ}\text{C}$  stattfindet, immer angewärmt werden. Die Tanks für Teeröl sind zu diesem Zweck mit einer Heizschlange zu versehen. Als Anwärmemittel kommt hauptsächlich das warme Kühlwasser der Motoren oder gegebenenfalls Dampf in Betracht.

Die Größe der Brennstofftanks ist abhängig von der Größe der Anlage und vom Belastungsfaktor. Jedoch ist es zweckmäßig, den Tank so groß zu wählen, daß er einen Eisenbahn-Kesselwagen aufzunehmen vermag und noch einen gewissen Überschuß enthält. Der Inhalt der Kesselwagen beträgt in Deutschland etwa 15 cbm, so daß der Tank etwa 18—20 cbm fassen sollte. Bei größeren Anlagen stellt man vielfach mehrere Tanks auf, was den Vorteil der Möglichkeit der Reinigung eines Tanks hat. Man kann jedoch auch einen einzigen großen Tank aufstellen.

Als Tank kann man z. B. einen alten Kessel, der vorher entsprechend gereinigt wurde, verwenden. Die Form des Tanks kann im übrigen zylindrisch sein, nach Art eines Walzenkessels, oder rechteckig oder, wenn es sich um sehr große Tanks handelt, aufrechtstehend zylindrisch. Werden die Tanks genietet, so sollen sie an den Nähten innen und außen gut verstemmt werden, damit sie vollständig dicht sind und bleiben.

Es ist vorteilhaft, den Tank so tief aufzustellen, in Kellerräumen oder dergl., daß das Öl aus dem Kesselwagen mit eigenem Gefälle in den Tank abfließen kann (Fig. 111—113).

#### 84. Transporteinrichtungen für Kohle und Asche.

Bei kleineren Kesselanlagen geschieht der Transport der Kohle in der Regel mittels eiserner Handkarren, deren Inhalt vor dem Kessel ausgekippt wird. Um den durch das Umkippen der Kohlenkarren entstehenden Staub zu vermeiden, werden auch mehrräderige Kohlenwagen angewendet, aus denen die Kohle direkt entnommen und in die Feuerung geworfen wird. Ist das Kohlenlager von dem Kesselhause sehr weit entfernt, so werden für die Kohlenzufuhr auch Schmalspurgeleise angelegt.

Lassen es die örtlichen Verhältnisse zu, an derjenigen Wand des Kesselhauses, die beim Heizerstand liegt, einen Kohlenbunker anzu-

ordnen, der vom Eisenbahnwaggon oder vom Fuhrwerk aus gefüllt wird, so braucht der Heizer die Kohlen nur durch Öffnungen, die in der Trennungswand zwischen Bunker und Heizerstand auszusparen sind, zu entnehmen und der Feuerung zuzuführen. Liegt das Terrain für die Anfuhr der Kohlen etwa 4—6 m über dem Kesselhausfußboden, so rutschen die Kohlen der Feuerung selbsttätig zu (Fig. 90). Derartig günstige Verhältnisse lassen sich auch künstlich schaffen, wenn man eine am Kesselhaus in etwa 4—6 m Höhe entlang führende Geleisebühne anlegt, von der aus die Bunker gefüllt werden.

Für größere Anlagen empfiehlt sich die Einrichtung einer mechanischen Kohlenzuführung, auch Kohlentransport- oder Bekohlungsanlage genannt. Die Wirtschaftlichkeit einer mechanischen Fördereinrichtung beginnt, wie die Erfahrung lehrt, bei einem Verbrauch von etwa 4—5 t Kohlen in der Stunde. Durch derartige mechanische Einrichtungen wird der Betrieb von der Zuverlässigkeit und

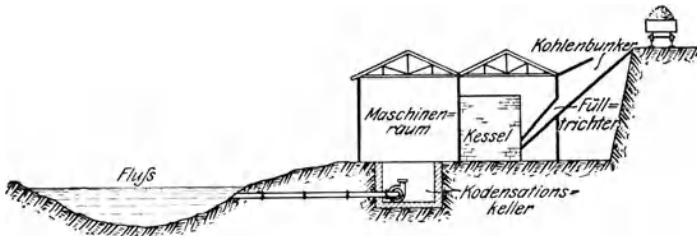


Fig. 90. Kraftwerk der Sheffield-Corporation.  
Die Lage dieses Werkes zwischen Don-Fluß und Bahndamm ist mustergültig.

dem guten Willen der Arbeiter unabhängiger, weshalb sie unter Umständen auch dann angewendet werden, wenn eine Ersparnis an Arbeitskräften nicht zu erwarten ist.

Außer dem Vorzug, der in der Entlastung der Bedienungsmannschaft liegt, haben mechanische Fördereinrichtungen noch den Vorteil, daß sie eine genaue Kontrolle des Kohlenverbrauches durch Anbringung selbsttätiger Registrierwagen, sowie eine leichte und sichere Überwachung des Betriebes ermöglichen und nicht zuletzt denjenigen völliger Staubfreiheit der Kesselhäuser und der benachbarten Gebäude.

Größere Werke sind schon deshalb gezwungen, mechanische Transporteinrichtungen verschiedenster Art zu beschaffen, die ein schnelles Entladen der Eisenbahnwagen oder Schiffe ermöglichen, weil bekanntlich nicht immer auf gleichmäßige Versorgung mit Kohlen zu rechnen ist. Sie müssen deshalb darauf bedacht sein, Kohlenvorräte für längere Zeit zur Verfügung zu halten.

Die Gesamtanordnung der Bekohlungsanlagen ist je nach den örtlichen Verhältnissen außerordentlich verschieden und richtet sich in erster Linie nach der Lage des Hauptkohlenvorrates gegenüber der Kesselanlage. Für kleine Anlagen werden für den senkrechten Transport der Kohlen Elevatoren angewendet. Zur Förderung in



Fig. 91. Becherförderer (Conveyor) für senkrechte und spiralförmige Kurven.

wagrecht oder mäßig geneigter Richtung dienen hauptsächlich Transportschnecken und Spiralen. Um das Auftreten von Staub zu vermeiden, wird der Trog, in dem sich die Schnecke bewegt, oben durch Deckbleche abgeschlossen. Man muß jedoch in diesem Falle am Ende des Troges eine Sicherheitsklappe oder ein offenes Abfallrohr vorsehen, damit ein Anstauen der Kohle verhindert wird, wenn der Heizer aus Nachlässigkeit die übrigen Auslauföffnungen geschlossen hält. Auch Band- oder Gurtförderer, die aus einem endlosen Gurt aus Gummi, Leder, Balata, Hanf oder Baumwolle bestehen, werden für kleinere Anlagen vereinzelt angewendet. Band- oder Gurtförderer können außer in horizontaler Richtung auch schräg ansteigend fördern, und zwar kann die Neigung, je nach der Kohlenart, bis zu etwa  $25^{\circ}$  betragen. Die zu transportierenden Kohlen können an beliebiger Stelle auf das Band geleitet werden und gelangen auf diesem, ohne daß ein Zermahlen der Kohle zu befürchten ist, bis an das Ende des Bandes, wo sie in einen Behälter oder auf ein anderes Transportmittel fallen. Mit Hilfe besonderer Abwurfvorrichtungen kann die Kohle aber auch an jeder beliebigen Stelle des Bandes abgenommen

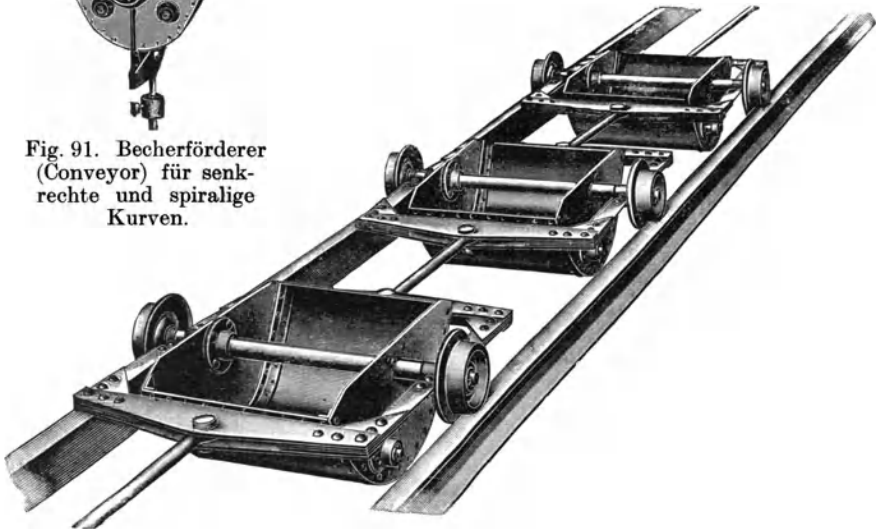


Fig. 92. Becherförderer (Conveyor) für senkrechte und wagrechte Kurven.

werden. Die zum Antrieb von Transportbändern erforderliche Kraft ist geringer als bei Schnecken oder Spiralen. Die Schnecke und Spirale ist jedoch in der Anlage billiger, da sie keiner besonderen Abstreichvorrichtungen bedarf.

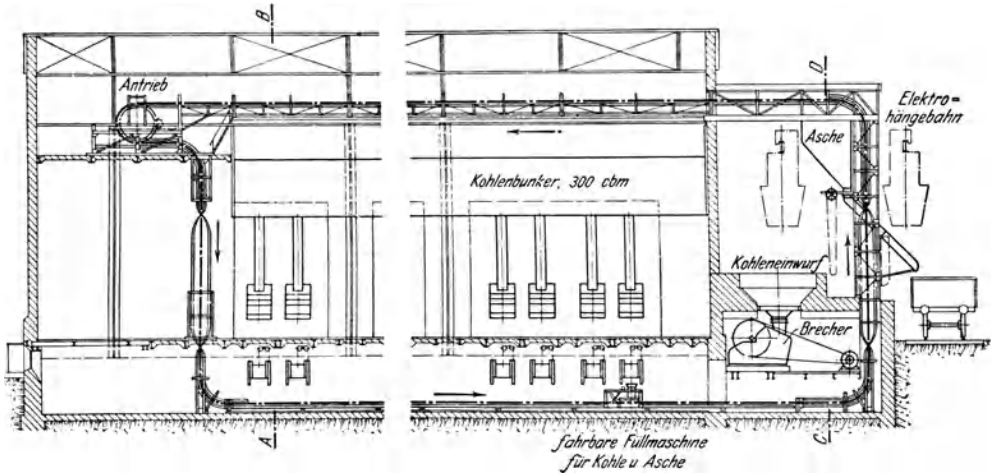


Fig. 93. Conveyoranlage zur Kohlen- und Aschenförderung im Kesselhaus; für den Kohlentransport vom Lagerplatz oder Schiff zum Kesselhaus dient eine Elektrohängebahn.

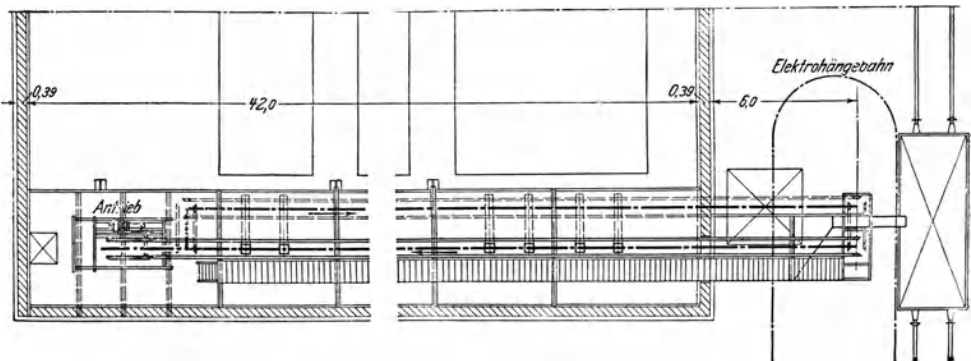


Fig. 94. Grundriß der in Fig. 93 dargestellten Kohlen- und Aschenförderanlage.

Meist werden zum Heben und Verteilen der Kohle Elevatoren in Verbindung mit Transportschnecken und Spiralen oder Transportbändern verwendet.

Für größere Anlagen kommen außer den bereits erwähnten Einrichtungen noch Förderschwingen bzw. Förderrinnen, Drahtseilbahnen, Elektrohängebahnen und vor allem Conveyor-Anlagen in Betracht.

Der Conveyor ist eine Art Becherkette (Fig. 91 und 92); er hat den Vorzug, daß man mit ihm in einem ununterbrochenen Transportvorgang Kohle von einem Ort nach einem beliebig höher liegenden Ort schaffen kann. Die Becherketten sind zwar im Preise ziemlich teuer, jedoch stellen sie bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen oft das einzig geeignete Fördermittel dar. Dabei haben Becherketten noch den Vorzug, daß sie gleichzeitig zum Aschentransport verwendet werden können, wie das Beispiel Fig. 93—96 erkennen läßt; allerdings muß man hierbei einen wesentlich stärkeren Verschleiß der Becherkette in Kauf nehmen, da die feinen Aschen- und Schlackenteile wie Schmirgel wirken. Wenn anfänglich die Becherketten häufig Anstände ergeben haben, so ist dies heute bei guter Ausführung nicht

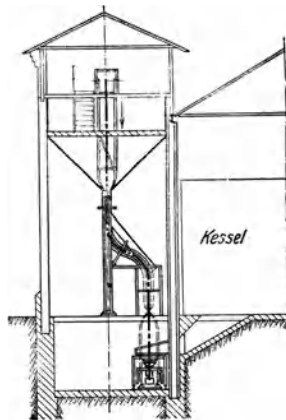


Fig. 95. Schnitt A—B durch die in Fig. 93 dargestellte Kohlen- und Aschenförderanlage.

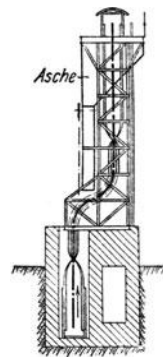


Fig. 96. Schnitt C—D durch die in Fig. 93 dargestellte Kohlen- und Aschenförderanlage.

mehr der Fall; die Becherketten sind heute so gut durchgebildet, daß sie unbedenklich empfohlen werden können. Conveyoranlagen haben nur den Nachteil, daß sie nachträgliche Änderungen, wie sie oft bei Umbauten oder Erweiterungen der Gesamtanlage nötig werden, nicht oder nur mit verhältnismäßig großem Kostenaufwand zulassen.

Zur Entfernung der Asche und Schlacke dienen entweder Handkarren oder, bei Unterkellerung des Kesselhauses, auf Geleisen bewegliche Rollwagen. Im letzteren Fall werden die Aschenwagen, je nach den örtlichen Verhältnissen, mittels schräg aufsteigender Kanäle oder durch besondere Aufzüge an die Erdoberfläche befördert. An Stelle der Rollwagen werden auch Hängewagen verwandt. Zum Hochheben der Asche und Schlacke können auch Elevatoren benützt werden, nachdem vorher die Schlacken Kuchen und die größeren Schlackenstücke durch einen Siebrost ausgeschieden und von Hand oder mittels

Schlackenbrecher zerkleinert wurden.<sup>1)</sup> Die Asche und Schlacke wird alsdann in einen hochliegenden Bunker befördert, von dem sie durch ihr Eigengewicht direkt in Eisenbahnwagen oder in Fuhrwerke fällt. Aschenelevatoren sind ebenfalls einem raschen Verschleiß unterworfen.

Auch zur mechanischen Entfernung der Flugasche aus den Zügen und Sammelkammern der Kessel wurden schon Einrichtungen ausgeführt, die eine Entleerung der Züge während des Betriebes ermöglichen (vgl. Abschn. 94).

## 85. Kraftanlagen in oder bei bewohnten Gebäuden.

Hier sind §§ 1004 und 906 des Bürgerlichen Gesetzbuches zu berücksichtigen; letzterer Paragraph lautet:

„Der Eigentümer eines Grundstückes kann die Zuführung von Gasen, Dämpfen, Gerüchen, Rauch, Ruß, Wärme, Geräusch, Erschütterungen und ähnliche, von einem anderen Grundstück ausgehende Einwirkungen insoweit nicht verbieten, als die Einwirkung die Benutzung seines Grundstückes nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt oder durch eine Benutzung des anderen Grundstückes herbeigeführt wird, die nach den örtlichen Verhältnissen bei Grundstücken dieser Lage gewöhnlich ist. Die Zuführung durch eine besondere Leitung ist unzulässig.“

Der Rauch von Schornsteinen, der Auspuff gewisser Arten von Ölmaschinen, die mit schlechter Verbrennung arbeiten, die Übertragung von Erschütterungen und Geräuschen haben schon häufig Anlaß zu langwierigen Prozessen mit den Grundstücksnachbarn, die sich auf diese Gesetzesbestimmung berufen, gegeben. Auch die Polizei ist, unabhängig von den Voraussetzungen des § 906 B.G.B., befugt, einzuschreiten, wenn die Geräusche, Gerüche usw. geeignet sind, die Gesundheit der Umwohner zu schädigen. Bei Prüfung der letzteren Frage ist von gesunden, normalen Menschen auszugehen. Dagegen ist die Polizei nicht berechtigt, den Maßstab krankhaft empfindlicher, besonders nervöser Personen anzulegen.

Der Inhaber eines Maschinenbetriebs kann sich bei Einsprüchen der Nachbarschaft nicht etwa darauf berufen, daß sein Betrieb zeitlich älter ist als die Nachbargebäude. Eine Art Prioritätsrecht oder lokales Gewohnheitsrecht gibt es hier sonderbarerweise nicht. Es kann also sehr wohl vorkommen, daß eine Gegend, die ursprünglich Fabrikgegend war und weit außerhalb der Stadt lag, durch deren Ausdehnung zur Wohngegend wird. Der ruhestörende Betrieb kann sich alsdann nicht darauf berufen, daß er die gleichen Geräusche usw. schon seit langen Zeiten hervorgebracht hat.

<sup>1)</sup> Der Elevator verträgt nämlich keine zu großen Schlackenstücke. Wo die Schlacken als Füllmasse für Bauten abgesetzt werden können, ist an sich ein vorheriges Zerkleinern der Schlacken Kuchen notwendig.

Wenn eben die Erschütterungen, Geräusche usw. wesentlich sind, so müssen sie beseitigt, oder doch wenigstens auf ein erträgliches Maß herabgesetzt werden. Ob die Geräusche usw. wesentlich sind, entscheidet die Natur und Zweckbestimmung des Nachbargrundstückes. Natürlich kann der Nachbar, wenn er eine Fabrik betreibt, nicht die gleichen Ansprüche stellen, als wenn es sich um ein Wohngebäude oder gar ein Krankenhaus handelt. In Wirklichkeit ist die Bestimmung der Wesentlichkeit der Geräusche usw. außerordentlich schwierig, weil es hier in erster Linie auf das subjektive Empfinden des Einzelnen ankommt. Ein Maß für die vergleichsweise Beurteilung von Geräuschen gibt es bekanntlich noch nicht, während sich Erschütterungen durch Seismographen messen lassen.

Bezüglich der Vermeidung der Rauch- und Rußentwicklung sei auf die Abschnitte über den Betrieb von Dampfkesselanlagen und Verbrennungsmaschinen verwiesen. Hier möge nur auf die Entstehung von Erschütterungen und Geräuschen und auf die Mittel zu deren Beseitigung oder Verringerung eingegangen werden.

Bei Kraftmaschinen handelt es sich entweder um Maschinenteile, die eine reine Drehbewegung ausführen (Elektromotoren und Turbinen), oder um Teile mit hin- und hergehender Bewegung (Kolbenkraftmaschinen). Die Maschinen, die nur rotierende Teile aufweisen, können Störungen erzeugen, die aus dem Unterschied des Schwerpunktes und der Drehachse, verbunden mit einer hohen Geschwindigkeit, herrühren. Es handelt sich hier um Impulse von zwar geringer Energie, aber hoher Frequenz. Im Gegensatz hierzu stehen die Kolbenkraftmaschinen; hier ist die Frequenz der Störungsimpulse geringer, die Energie des einzelnen Impulses aber desto größer. Im allgemeinen sind die durch die nicht ausgeglichenen hin- und hergehenden Massen von Kolbenmaschinen bedingten Erschütterungen schlimmer als diejenigen von Maschinen mit reiner Drehbewegung, wengleich auch die letzteren ganz erhebliche Erschütterungen und Geräusche verursachen können.

Die Fundierung von Maschinen wird häufig nur unter dem Gesichtspunkt der Standsicherheit betrachtet, d. h. man begnügt sich damit, Verschiebungen der Maschine gegenüber ihrer Umgebung zu verhindern. Diese Einseitigkeit der Behandlung hat in vielen Fällen Nachteile zur Folge. Die Nachteile können zweierlei Art sein: Einmal können infolge von Erschütterungen Gebäudeschäden entstehen, indem sich, je nach der Stärke der Erschütterungen, mehr oder weniger gefährliche Risse und Sprünge an den angrenzenden Gebäudeteilen bilden. In zweiter Linie sind gemäß oben zivilrechtliche Nachteile oder gegebenenfalls ein Einschreiten der Polizei zu gewärtigen.

Die Gefahr der Übertragung von Erschütterungen und Geräuschen hat mit der Steigerung der Umlaufzahlen der Maschinen zugenommen; außerdem wird die Übertragung durch die leichte Bauart der modernen Gebäude und die ausgedehnte Verwendung von Eisenbeton begünstigt. Wenn auch der Gang einer gut gebauten und instandgehaltenen

Maschine an sich geräuschlos und ruhig ist, so überträgt doch jede Maschine Schwingungen, die sich je nach ihrer Frequenz mehr oder weniger stark fühlbar machen. Hierbei lassen sich zwei Arten von Schwingungen unterscheiden:

1. Reine Luftschwingungen oder Luftgeräusche, d. s. solche, die sich unmittelbar von der Maschine durch die Luft fortpflanzen; man kann dieselben auch als primäre Luftschwingungen bezeichnen.
2. Indirekte Schwingungen oder Geräusche; diese entstehen dadurch, daß sich die Erschütterungen der Maschine auf das Fundament und das übrige Mauerwerk und von da aus auf die umgebende Luft übertragen. Die indirekten Geräusche kommen also durch das Mitschwingen von Decken und Wänden mit dem Maschinenfundament, d. h. durch Fundamentalschwingungen zustande und können deshalb auch als sekundäre Luftschwingungen bezeichnet werden.

Bezüglich der primären Luftschwingungen ist zu sagen, daß sie sich infolge ihrer geringen Energie höchstens durch dünne Wände fortpflanzen. Ist eine Mauer einen Stein stark und darüber, so ist ihre Masse bereits so groß, daß sie durch Luftschwingungen nicht mehr in Vibrationen versetzt wird, d. h. direkte Geräusche pflanzen sich durch Mauern von einem Stein und mehr im allgemeinen nicht mehr fort, vorausgesetzt, daß das Mauerwerk nicht durch Öffnungen (Türen, Fenster) unterbrochen ist.

In den weitaus meisten Fällen kommt es ausschließlich auf Beseitigung der Erschütterungen und sekundären Luftschwingungen an. Technisch gibt es hierzu zwei Wege; der eine besteht darin, die schwingende Maschine mit einer so großen Fundamentmasse zu verbinden, daß die Schwingungsenergie der Maschine nicht genügt, um diese Masse zum Mitschwingen zu bringen. Praktisch lassen sich jedoch in der Regel keine so großen Fundamente anordnen, daß deren Mitschwingen vermieden würde. Der andere Weg besteht darin, die Schwingungsarbeit durch Unterlegen elastischer Stoffe unter die schwingende Maschine oder deren Fundament zu vernichten und das letztere freistehend anzuordnen.

Indem man nur das Fundament freistehend ausführt, d. h. seitlich Luftzwischenräume zwischen dem Fundament und dem angrenzenden Mauerwerk oder Erdreich vorsieht, wird die Übertragung von Erschütterungen zwar verringert, jedoch noch nicht ausgeschlossen. Dies liegt in den Eigenschaften des Erdbodens begründet. Sieht man diesen, wie es vielfach geschieht, als einen starren Körper an und nimmt auf seine wirklichen Eigenschaften keine Rücksicht, so wird man damit den tatsächlichen Verhältnissen nicht gerecht. Denn der Erdboden überträgt Erschütterungen außerordentlich gut. — Bekanntlich kann man durch das Auflegen des Ohrs auf den Erdboden das Herannahen galoppierender Pferde schon wahrnehmen, ehe noch das



Auge in der Lage ist, diese zu sehen; es beruht dies auf der Schwingungsübertragung durch den Erdboden. — Sind die Erdschichten wasserhaltig bzw. bestehen sie aus Schwemmsand, so wird dadurch die Übertragung wesentlich begünstigt. Es ist schon öfters vorgekommen, daß sich die Erschütterungen, die von einer Maschine ausgingen, auf ganz entfernt liegende Häuser übertragen haben, während die Gebäude in der nächsten Umgebung nicht beeinflußt wurden. Man kann sich derartige Erscheinungen nur durch abnormale Bodenverhältnisse (Wasseradern) erklären.

Um die Übertragung von Erschütterungen auf den Erdboden zu verringern, hat man schon seit langem zwischen den Fundamentklotz und die Betonsohle oder den Erdboden Schichten elastischer Stoffe eingebettet. Das bekannteste Material dürfte der Kork sein; außerdem wird auch Filz, Eisenfilz und dergl. verwendet.

Eine Korkplatte stellt an sich einen Stoff dar, der die für den vorliegenden Zweck erwünschten Eigenschaften besitzt; der Fehler, der jedoch in den meisten Fällen gemacht wird, besteht darin, daß man von dem Korkmaterial Wirkungen im großen erwartet, die es nur im kleinen, bei richtiger Anwendung, besitzt. Man berechne einmal die freien Beschleunigungskräfte am Hubende einer Kolbenmaschine von nur 100 PS und man wird finden, daß man der Korkplatte Belastungen zumutet, die, zusammen mit der ruhenden Last von Maschine und Fundament, geeignet sind, ihr die erforderliche Elastizität zu nehmen. Eine zu stark gepreßte und infolgedessen unelastische Unterlage überträgt sämtliche Schwingungen; sie verhält sich genau so wie eine Feder, deren einzelne Gänge sich infolge zu starker Beanspruchung berühren.

Die Verwendung von isolierenden Zwischenlagen führt also nicht überall zur Abhilfe. Jedoch gibt es immerhin Fälle, in denen eine Zwischenlage von Kork oder dergl. das Maß der Störung auf das rechtlich zulässige zurückführen kann. Von Wichtigkeit ist hierbei, die Betonsohle, auf der das Isoliermaterial liegt, genügend stark zu dimensionieren; treten nämlich Formänderungen ein, so hat dies eine ungleiche Belastung der Isolierschicht und damit eine Verringerung ihrer Wirksamkeit zur Folge.

Läßt sich durch Einlegen von elastischen Materialien unter das Fundament der gewünschte Erfolg nicht erzielen, so verbleibt als letzter Ausweg die Anordnung von Schwingungsdämpfern oder Stoßdämpfern zwischen Maschinenrahmen und Fundament. Derartige Stoßdämpfer werden von der Gesellschaft für Isolierung gegen Erschütterungen und Geräusche m. b. H. in Berlin ausgeführt.

Die Wirkung der Schwingungsdämpfer beruht darauf, daß die Maschine auf einer Platte befestigt wird, die durch isoliert gehaltene Zugstangen getragen wird. Die durch die Schwingungen in den Zugstangen hervorgerufenen Spannungen werden auf eine Anzahl übereinander geschichteter elastischer Platten übertragen und so durch Reibung vernichtet.

Schwingungsdämpfer haben gegenüber Korkeinlagen und dergl. den grundsätzlichen Vorzug, daß hier die Maschinenerzitterungen gedämpft werden, noch ehe sie das Fundament erreichen. Die Anwendung von Schwingungsdämpfern empfiehlt sich deshalb ganz besonders dort, wo Maschinen in Stockwerken aufgestellt werden müssen, wo also Gefahr besteht, daß in Ermangelung eines eigentlichen Fundamentes das ganze Gebäude an den Schwingungen der Maschine teilnimmt. Es genügt hier nicht, wenn man unter eine mit Schrauben auf der Decke befestigte Maschine eine elastische Unterlage legt; denn die Schwingungen werden sich durch die Schraubenbolzen übertragen.

Die Anordnung von Schwingungsdämpfern ist bei Aufstellung von Maschinen über Massivdecken jedenfalls wesentlich billiger als das Isolieren der sämtlichen Trägerauflager mittels Korkzwischenlagen und dergl.

Allerdings kommen derartige Schwingungsdämpfer hauptsächlich nur für kleinere und leichte Maschinen, insbesondere Elektromotoren, in Betracht; doch sind auch schon Maschinen bis zu 40 000 kg Einzelgewicht auf diese Weise isoliert worden.

Bei größeren Kolbenmaschinen ist die Anwendung von Schwingungsdämpfern mit Rücksicht auf die hohen Kosten auf wenige Ausnahmefälle beschränkt. Hier bleibt nichts anderes übrig, als die rotierenden Massen gänzlich und die hin- und hergehenden so weit als möglich auszugleichen und im übrigen die Fundamente möglichst reichlich zu bemessen (vgl. in dieser Hinsicht Abschn. 77).

Sechster Teil.

## Beschreibung ausgeführter Kraftanlagen.

### 86. Elektrische Fabrikzentrale mit Dampflokomobilen.

Die in den Fig. 97—100 dargestellte Anlage dient zur Kraft- und Lichtversorgung der Präzisions-Kugellagerwerke Fichtel & Sachs in

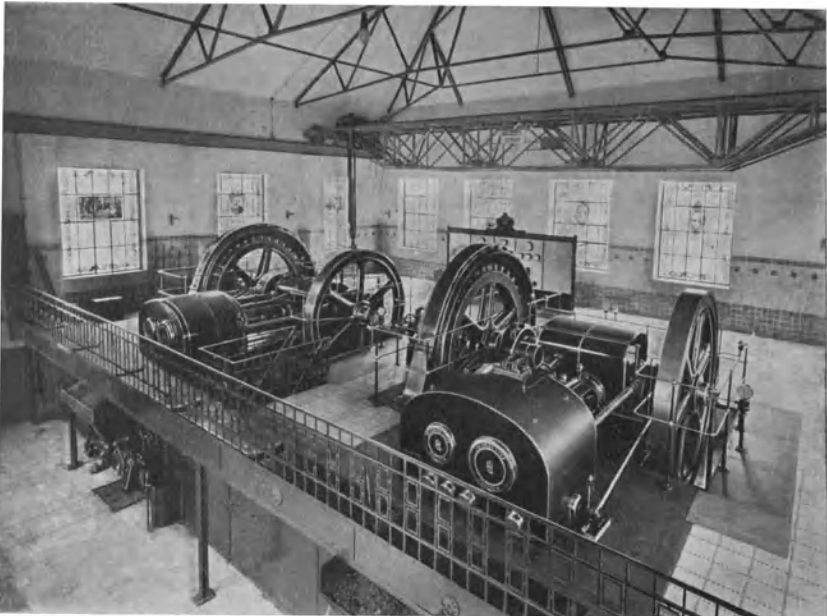


Fig. 97. Lokomobil-elektrische Fabrikzentrale von Fichtel & Sachs in Schweinfurt, enthaltend zwei Lanzsche Heißdampf-Verbundlokomobilen von 1400 PS<sub>e</sub> Gesamtleistung.

Schweinfurt a. M. Das Maschinenhaus enthält zwei Lanzsche Heißdampf-Verbundlokomobilen mit je einem direkt gekuppelten Drehstromgenerator. Die gesamte Zentralenleistung beträgt normal rd. 1100 PS, maximal 1400 PS. Das Maschinenhaus, das eine Innen-Grundfläche von 342 qm besitzt, ist durch eine feste Zwischendecke

so geteilt, daß der hochgelegene eigentliche Maschinenraum, in dem die Dampfmaschinen, die Generatoren und die Schalttafel liegen, von dem tiefgelegenen Heizraum und dem Kondensations- bzw. Kesselraum unter der Zwischendecke entsprechend abgeteilt ist. Die Verbindung zwischen dem geräumigen Heizraum und dem Maschinenraum wird durch eine — unten durch eine Tür abgeschlossene — eiserne Treppe vermittelt.

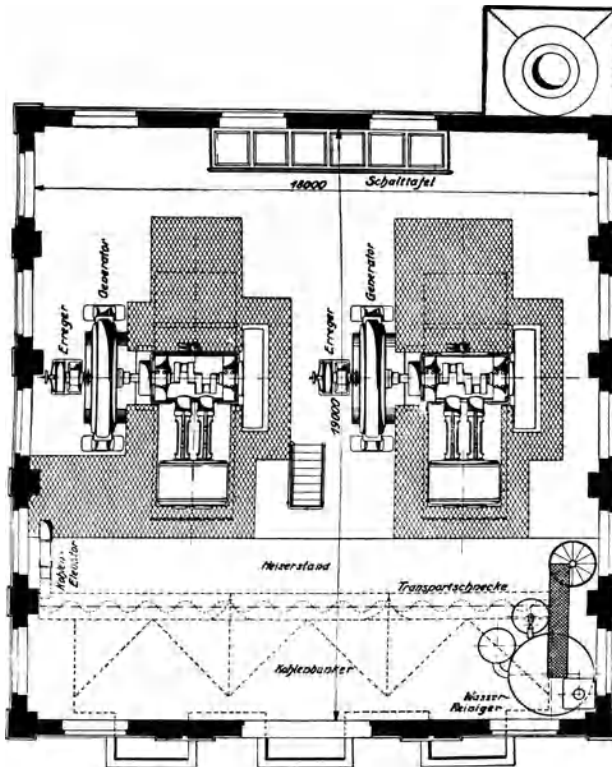


Fig. 98. Grundriß der Lokomobilzentrale von 1400 PS. Gesamtleistung.

Der eigentliche Maschinenraum unterscheidet sich in keiner Weise von einem Maschinenraum mit stationärer Dampfmaschine.<sup>1)</sup> Die Dampfmaschine liegt in Flurhöhe, von allen Seiten bequem zugänglich, daneben der Generator. In der Mitte von beiden Maschinen befindet sich an der Wand, eine gute Übersicht gewährend, die Schalttafel. Das ganze Maschinenhaus wird von einem Laufkran bestrichen, der die Montage und etwaige Revisionen sowie auch das

<sup>1)</sup> Eine stationäre Kessel- und Maschinenanlage kam im vorliegenden Fall mit Rücksicht auf die äußerst beschränkten Platzverhältnisse nicht in Betracht.

Ausziehen der Röhrenkessel zwecks Reinigung in einfachster Weise ermöglicht.

Die Maschinen besitzen Ventilsteuerung, System Lentz. Die eine Lokomobile leistet normal 500—540 PS bei 167 Umdrehungen in der Minute, maximal dauernd 590 PS und vorübergehend 650 PS. Die andere, später aufgestellte Lokomobile hat eine Normalleistung von 580 PS bei 170 Umdrehungen in der Minute, die dauernd auf 660 PS, vorübergehend auf 750 PS gesteigert werden kann.

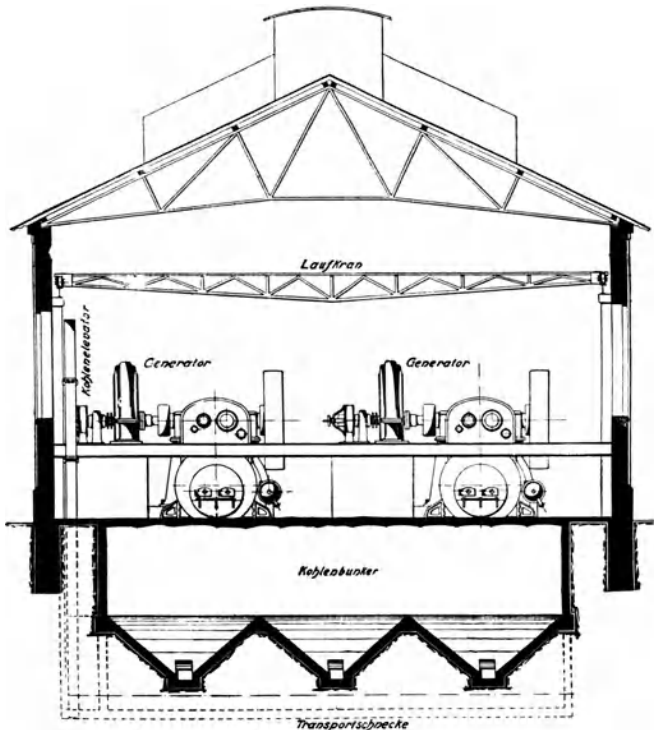


Fig. 99. Querschnitt der Lokomobilzentrale von 1400 PS<sub>0</sub> Gesamtleistung.

Der Kessel für 12 at Betriebsspannung ist ein ausziehbarer Röhrenkessel mit gewellter Feuerbüchse. Die Ankerrohre sind mit Gewinde eingeschraubt, während der größere Teil der Siederohre eingewalzt und gebördelt ist. Zur Reinigung der Siederohre von Ruß ist ein Dampfstrahlrohrbläser vorgesehen. Mit diesem Dampfrohrbläser wird Heißdampf von der Feuerung her, also in der Zugrichtung, durch die Rauchrohre geblasen und diese in wenigen Minuten ohne Betriebsstörung reingefegt.

Beide Lokomobile sind mit normalen Planrostfeuerungen für Steinkohlen ausgerüstet. Besondere Sorgfalt ist auf die Kohlenzufuhr

verwendet, die vom Bunker bis zum Rost völlig selbsttätig erfolgt. Vom Eisenbahnwagon fallen die Kohlen durch einen Schacht in die unter dem Heizerstand liegenden Kohlenbunker. Diese sind als Trichter ausgebildet, so daß die Kohle stets nach der tiefsten Stelle abfließt. Hier ist, unter allen Kohlenbunkern herlaufend, eine horizontale Transportschnecke angeordnet, die die Kohle einem an der Seitenwand errichteten Kohlenelevator zuführt. Durch den Elevator wird die Kohle gehoben, bis sie auf eine horizontale Transportschnecke

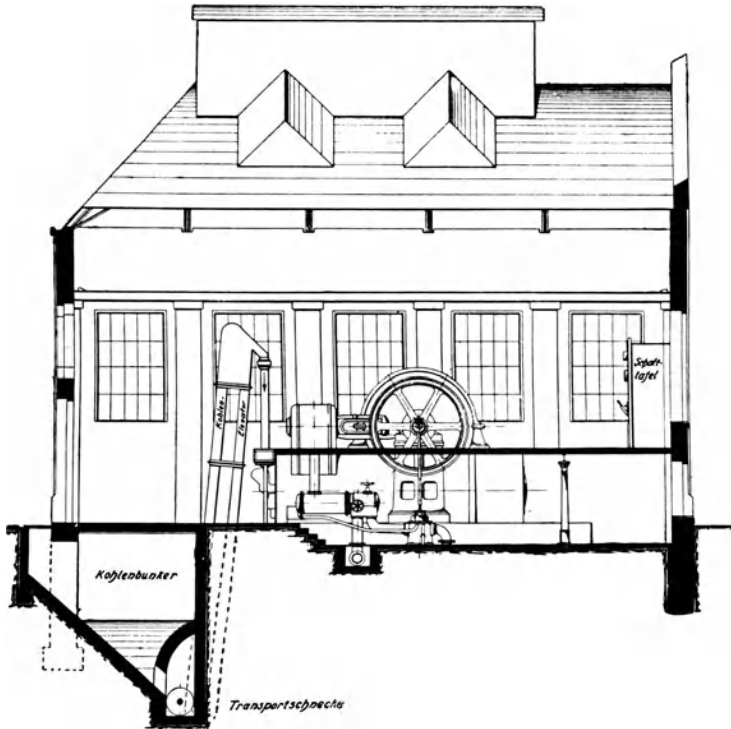


Fig. 100. Längsschnitt der Lokomobilzentrale von 1400 PS. Gesamtleistung.

fällt, die am Kopfende der Zwischendecke vor den Kesselstirnwänden entlang führt. Durch diese Transportschnecke werden die Schütt-Trichter der selbsttätigen Wurfbeschickungsapparate, System Weck, gespeist. Der Antrieb der Rostbeschickungsapparate erfolgt durch je einen kleinen Elektromotor.

Der Überhitzer ist so in die Rauchkammer eingebaut, daß die Mündungen der Siederohre zur bequemen Reinigung völlig frei bleiben. Da die Rohrwindungen des Überhitzers in horizontalen Schleifen nach oben ansteigen, so können sich an keiner Stelle Wassersäcke bilden; Wasserschläge vom Überhitzer her sind also ausgeschlossen.

Der Sattldampf wird von unten in den Überhitzer geleitet, so daß Dampf und Rauchgase im Gegenstrom zueinander strömen. Durch eine Klappe können die Heizgase ganz oder teilweise direkt in den Rauchkanal geleitet und dadurch der Überhitzer ganz oder teilweise ausgeschaltet und die Höhe der Überhitzer reguliert werden.

Zylinder, Steuerung und Kreuzkopfführung entsprechen der bekannten Lanzschen Anordnung. Die Kurbelwellenlagerung erfolgt auf besonderen massiven, gußeisernen Lagerständern, die um den Kessel herumgreifen und sich direkt auf das gemauerte Fundament stützen. Der Kessel kann sich somit ungehindert unter der Kurbelwellenlagerung bzw. unter den Ständern ausdehnen, ohne daß die Stellung der Lagerung, die durch Strebestangen gegen den Zylinder fixiert ist, irgendwie verändert wird.

Beide Lokomobilen sind durch ein Dampfsammelrohr so miteinander verbunden, daß jede Maschine im Bedarfsfall mit dem Dampf des Nachbarkessels gespeist werden kann.

Unmittelbar mit der Kurbelwelle ist je ein Drehstromgenerator der Siemens-Schuckert-Werke starr (also ohne Zwischenschaltung einer elastischen Kupplung oder dergl.) gekuppelt. Das in dem Generator untergebrachte Schwungmoment zusammen mit dem Schwungmoment des fliegend aufgesetzten Massenschwungrades von 3200 mm Durchmesser verleihen dem Aggregat einen Ungleichförmigkeitsgrad von 1:250. Auf der verlängerten Generatorwelle ist die zugehörige Erregermaschine fliegend aufgesetzt. Das an derselben Seite am Kopf der Hauptwelle vorgesehene Handrad gestattet Tourenverstellungen bis zu 5<sup>0</sup>/<sub>10</sub> der normalen Umlaufzahl.

## 87. Dampfanlage einer Brauerei.

Während früher die Braupfannen unmittelbar mit Feuer geheizt wurden, geschieht dies heute in modernen Brauereien fast nur noch mit Dampf. Und zwar verwendet man hierzu meist Maschinenabdampf. Außer zur Dampfkochung beansprucht jede Brauerei noch große Mengen Abdampf zur Warm- und Heißwasserbereitung sowie allenfalls zur Heizung der Gebäude, zur Trebertrocknung usw.

Die erste nach modernen Grundsätzen eingerichtete größere Anlage ist diejenige der Pschorrbrauerei in München, die in Fig. 101 schematisch dargestellt ist<sup>1)</sup>. Zur Dampferzeugung sind 5 Zweiflammrohrkessel von je 85 qm Heizfläche für 14 at Betriebsüberdruck aufgestellt. Hinter den Flammrohren sind gußeiserne Überhitzer eingebaut. Die Abgase der Kessel strömen durch 2 Ekonomiser, von denen einer für das Speisewasser, der zweite für das sog. Anschwänzwasser, d. i. ein zum Brauprozeß erforderliches Wasser von etwa 90<sup>0</sup> C, dient. In den Ekonomisern wird das in den Abdampf-

<sup>1)</sup> Entnommen aus der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1908, S. 691.

vorwärmen auf 40—50° C erhitze Wasser auf die erforderliche Temperatur gebracht. Zur Speisung dient eine elektrisch betriebene Pumpe und zur Aushilfe eine schwungradlose Dampfmaschine.

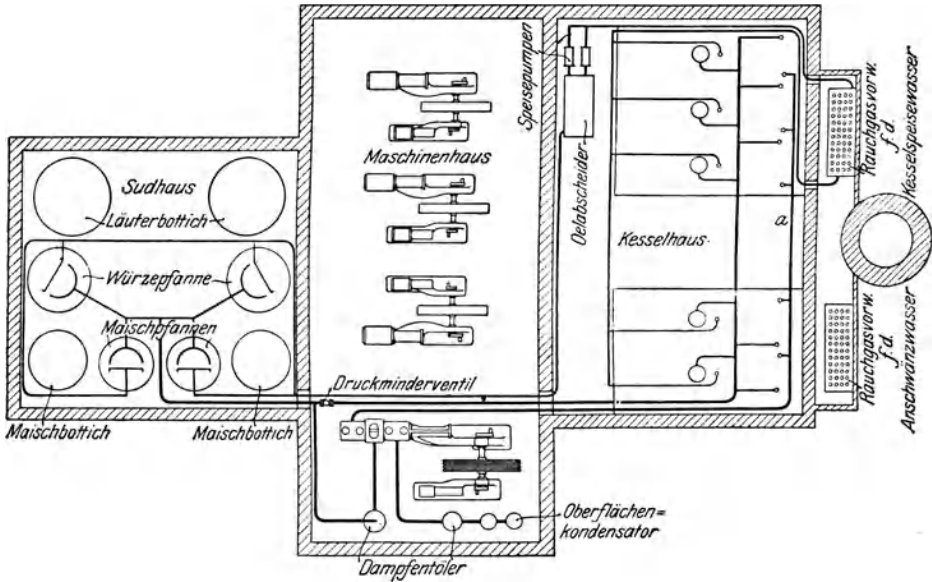


Fig. 101. Schematische Darstellung der Dampfanlage der Pschorrbrauerei in München.

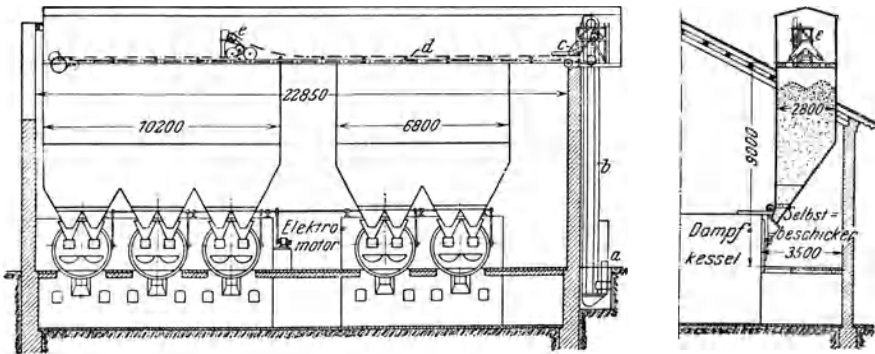


Fig. 102 und 103. Kesselhaus der Pschorrbrauerei, enthaltend 5 Zweiflammrohrkessel mit mechanischen Rostbeschiebern und mechanischer Bekohlungsanlage.

Die Kohlenversorgung des Kesselhauses ist aus Fig. 102 und 103 zu erkennen. Die ankommende Kohle wird in einen Trichter *a* geworfen, aus dem sie durch ein Becherwerk *b* in die Höhe gefördert wird. Das Becherwerk wirft die Kohle durch die Rinne *c* auf das Leder-



band *d*, das die wagrechte Förderung übernimmt und die Kohle in eine der fünf Abteilungen des großen Bunkers abwirft. Der Abwurfwagen *e* kann mittels Kurbelgetriebes beliebig hin- und hergefahren werden. Von der am Wagen befindlichen Abwurfrolle fällt die Kohle in den Abwurftrichter und aus diesem in den Bunker. Mit der Anlage können etwa 7000 kg Kohlen in der Stunde gefördert werden. Der Antriebs-Elektromotor erfordert etwa 1 PS.

Aus dem Bunker fallen die Kohlen in die Fülltrichter der selbsttätigen Rostbeschicker.

Da für die Braupfannen ein Dampfüberdruck von 3 at gefordert wurde (im allgemeinen genügen 1,5—2 at), so wählte man, um mit dem Gesamtdampfverbrauch der Maschine das Heizbedürfnis sicher nicht zu überschreiten, einen Kesselüberdruck von 14 at und Dampfüberhitzung auf 280—300° C. Der überhitzte Dampf wird dem Hochdruckzylinder der Tandemmaschine durch die Leitung *a* zugeführt. Die Maschine hat Ventilsteuerung (Ausklinksteuerung) und ist mit einem Lindeschen Ammoniakkompressor unmittelbar gekuppelt. Der für die Braupfannen erforderliche Dampf wird der Maschine zwischen beiden Zylindern entzogen und passiert zunächst einen Dampfentöler.

Haupterfordernis ist, unabhängig von den Belastungsschwankungen der Maschine und dem Dampfverbrauch der Pfannen, den letzteren

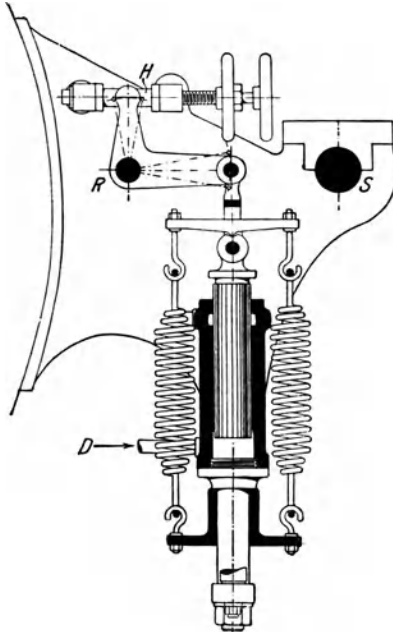


Fig. 104. Druckregler für Zwischendampfentnahme, angewendet für Ausklinksteuerungen.

stets Dampf von möglichst gleichbleibendem Druck zuzuführen. Zu diesem Zweck steht die Füllung des Niederdruckzylinders durch die in Fig. 104 schematisch dargestellte Einrichtung unter dem Einfluß des Aufnehmerdruckes. Durch die Rohrleitung *D* tritt der Dampf aus dem Aufnehmer in den Reglerzylinder ein und wirkt auf einen federbelasteten Kolben. Bei Veränderungen des Dampfdruckes ändert sich auch die Höhenlage dieses Kolbens und damit die Stellung des Hebels *R*. Ein mit diesem verbundener zweiter Hebel beeinflußt die Einlaßsteuerung des Niederdruckzylinders. Durch die Spindel *H* kann die Füllung auf bestimmte Werte eingestellt oder begrenzt werden. *S* ist die Steuerwelle der Maschine. Ist die kleinste mögliche Niederdruckfüllung erreicht, so beginnt bei größerem Dampfverbrauch der Dampfdruck im Aufnehmer zu sinken; nunmehr öffnet

sich ein an die von den Kesseln kommende Sattdampfleitung angeschlossen Druckreduzierventil mit Quecksilberregelung, Bauart Salzmann, und läßt Frischdampf ein, so daß der Dampfdruck auf gleichbleibender Höhe erhalten wird. Ist die Maschine ganz außer Betrieb, so liefert dieses Ventil allen für die Pfannen erforderlichen Dampf. Der dem Aufnehmer nicht entzogene Dampf arbeitet im Niederdruckzylinder weiter und gelangt aus diesem durch einen Entöler in die Vorwärmer für die Warmwasserbereitung, wo er vollkommen niedergeschlagen wird.

Die Dampfmaschine hat in Anbetracht der großen Dampfenahme aus dem Zwischenbehälter nicht das normale Zylinderverhältnis. Die Kolbenwegräume verhalten sich vielmehr etwa wie 1:2. Die

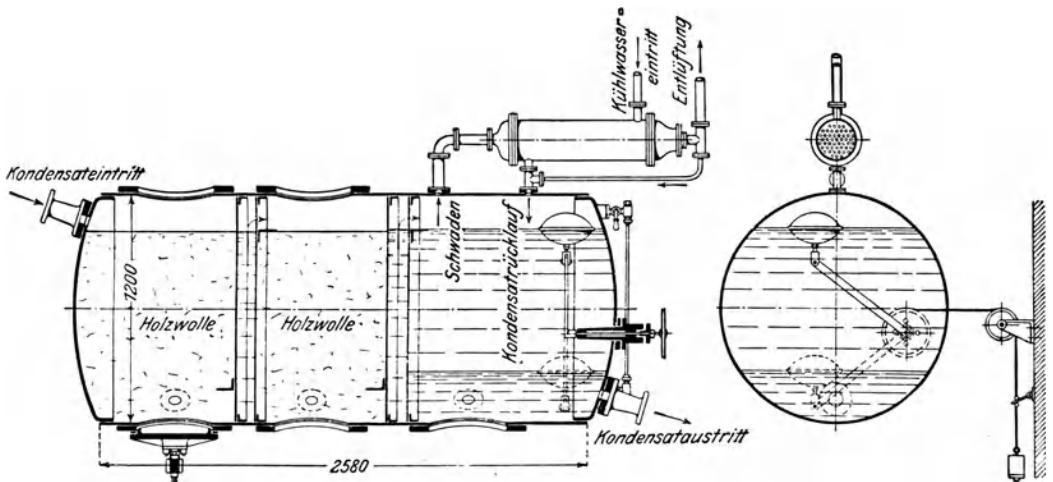


Fig. 105 und 106. Filter zur Entölung ölhaltigen Dampfwassers.

Zylinderdurchmesser betragen 475 und 675 mm, der Kolbenhub 900 mm und die Umdrehungszahl 100 in der Minute.

Das aus den Pfannen abfließende und das sich im Behälter *F* sammelnde Dampfwater werden in das Kesselhaus zurückgeleitet und nach Durchgang durch ein Filter wieder zur Speisung benutzt.

In allen derartigen Anlagen ist dafür zu sorgen, daß das aus den Pfannenmänteln abfließende heiße Dampfwater wieder zur Speisung verwendet wird. Liegt das Kessel- und Sudhaus nicht nebeneinander, sondern voneinander getrennt, so muß in nächster Nähe des Sudhauses eine Pumpe aufgestellt werden, die das Wasser zum Kesselhaus zurück und in die Kessel fördert.

Die Anordnung der Dampfwaterfilter ist z. B. aus den Fig. 105 und 106 zu entnehmen. Es findet hier außer der Entölung des Dampfes noch eine Filtration des Dampfwassers statt, ehe es zur Kesselspeisung benutzt wird. Die gesamten aus den Braupfannen

abfließenden Dampfwater werden in den mit Holzwolle als Filterstoff gefüllten zylindrischen Behälter geleitet. Hinter den Filtern sammelt sich das Wasser in dem vorderen als Ausgleichbehälter dienenden Teil des Kessels, aus dem es einer elektrisch angetriebenen Pumpe zufließt, die das Wasser wieder in die Kessel drückt, Fig. 107. Ein im Ausgleichbehälter angeordneter Schwimmer stellt die Pumpe an und ab, so daß also das Wasser vollkommen selbsttätig in die Kessel zurückgeleitet wird. Es ist wiederholt durch Wasseruntersuchungen festgestellt worden, daß die mit derartigen Filtern und mit Dampfentölnern erreichte Entölung ganz vorzüglich ist.

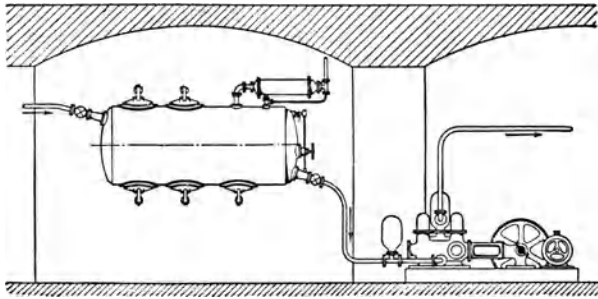


Fig. 107. Dampfwaterfilter in Verbindung mit einer elektrisch betriebenen Pumpe, die das Wasser wieder in die Kessel zurückfördert.

## 88. Elektrizitätswerk mit Dampfturbinen<sup>1)</sup>.

Fig. 108—110 zeigen das im vergangenen Jahre südwestlich von Nürnberg errichtete Großkraftwerk Franken. Das neben der Rednitz gelegene Baugelände hat den Vorzug, daß es unmittelbar an die Staatsbahngleise angeschlossen werden konnte, daß es im Stadtgebiet Nürnberg liegt, daß die Rednitz genügend Wasser für die Kondensation liefert und daß ferner, wenn Kraft aus den staatlichen Wasserkraften zur Verfügung steht, leicht eine 100 000 V-Freileitung bis zum Grundstück geführt werden kann.

Bei der Anlage der Gebäude galt als Grundsatz, daß alle Gebäudeteile und Räume tunlichst geräumig, übersichtlich und hochwasserfrei gelegen sind, daß die Möglichkeit für einen unbegrenzten Ausbau gegeben ist, und daß Licht und Luft reichlich Zutritt haben.

Das Kesselhaus ist 43 m lang,  $33\frac{1}{2}$  m breit und so hoch, daß auch Kessel von den größten Abmessungen darin untergebracht werden können. Mit Ausnahme der Umfassungswände ist das Gebäude in Eisenkonstruktion ausgeführt. Das Dach besteht aus Eisenbimsbeton von 8 mm Stärke. Das Maschinenhaus ist 40 m lang

<sup>1)</sup> Entnommen aus einem Vortragsbericht von Direktor Scholtes, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1912, S. 2111.

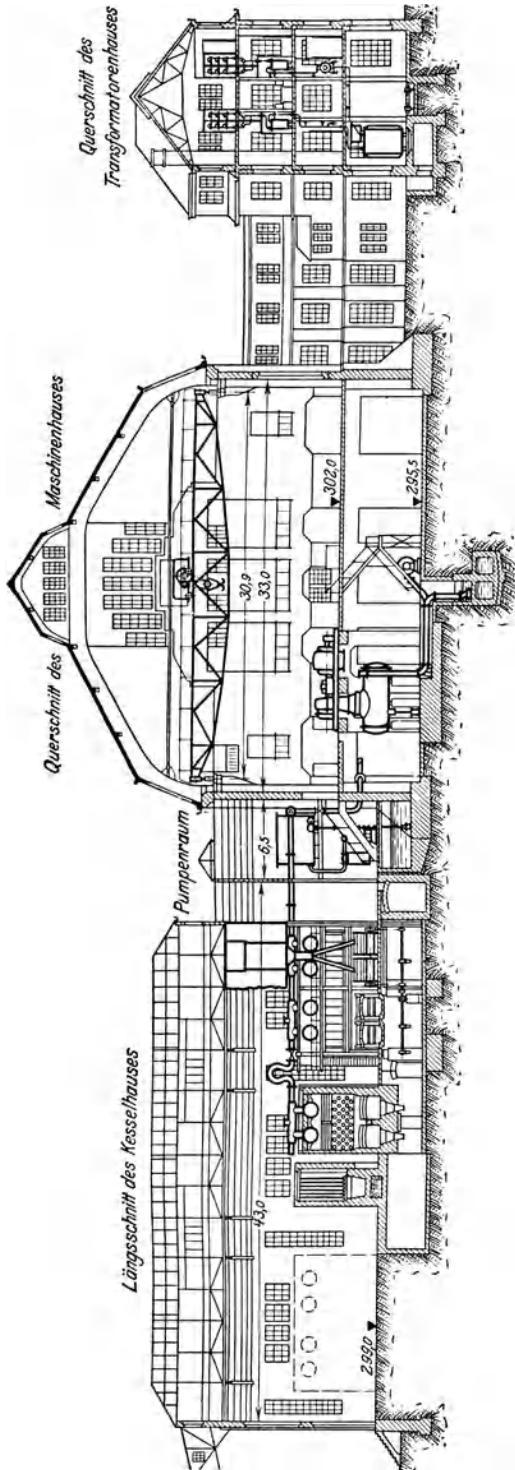


Fig. 108. Großkraftwerk Franken in Stein bei Nürnberg (Maßstab 1 : 600).

und 33 m breit; sein freitragendes Dach ist in Eisenbeton ausgeführt. Das Maschinenhaus wird von einem Laufkran von 40 t Tragfähigkeit bestrichen.

Zwischen Maschinen- und Kesselhaus liegt der  $33\frac{1}{2}$  m lange und  $6\frac{1}{2}$  m breite Pumpenraum. Die Schaltgeräte und Transformatoren sind in einem besonderen vierstöckigen Gebäude untergebracht, das  $36\frac{1}{2}$  m lang und  $10\frac{1}{2}$  m breit ist und ein eisernes Dach hat. Als Verbindung zwischen Maschinen- und Schalthaus dient das Magazin- und Werkstattgebäude. Die Arbeiteraufenthaltsräume, Wascheinrichtungen und Bäder sind in einem besonderen Arbeiterfürsorgehaus untergebracht.

Das zur Kondensation nötige Kühlwasser wird der Rednitz in teils offenen, teils unterirdischen Kanälen entnommen. Der Zuleitungskanal ist doppelt angeordnet, um den Schlamm beseitigen und den Kanal reinigen zu können.

Das Bahnanschlußgleise ist 1800 m lang und vermittelt den Wagenübergang vom Bahnhof Stein zum Großkraftwerk. Der Höhenunterschied von 16 m wird mit einer Rampe von  $2\frac{1}{2}\frac{0}{10}$  genommen. Auf

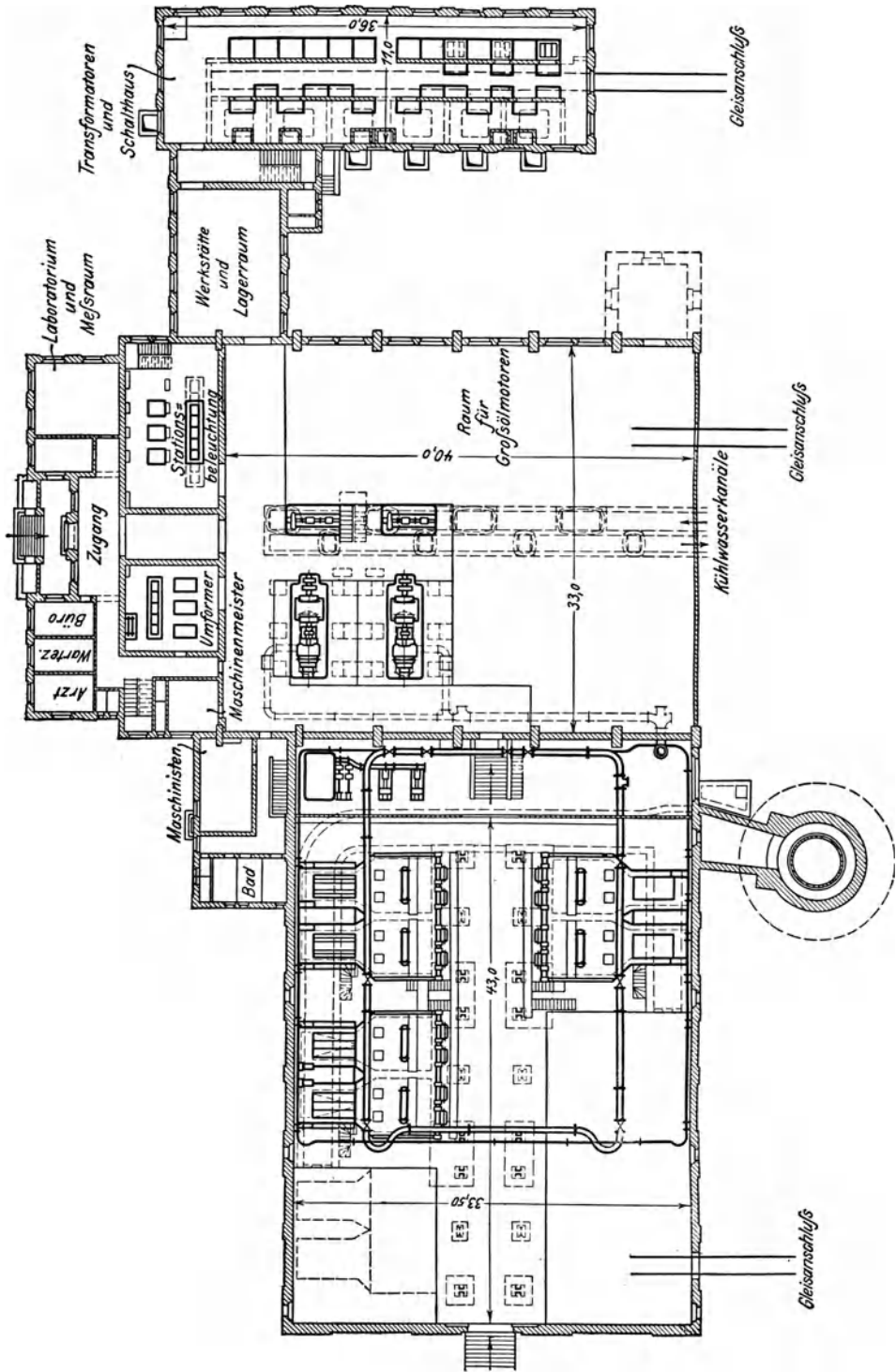


Fig. 109. Grundriß des Großkraftwerkes Franken (Maßstab 1 : 600).

einer Schiebebühne von 60 t Tragfähigkeit werden die Eisenbahnwagen in das Kessel- und Maschinenhaus gefahren.

Im Kesselhaus sind zunächst 6 Kessel von je 370 qm Heizfläche untergebracht. Platz ist für 12 Kessel vorhanden. Die Dampfspannung beträgt 15 at, die Dampftemperatur  $360^{\circ}$  C, die Leistung 25—32 kg/qm Heizfläche. Die Überhitzer haben 110 qm, die Vorwärmer 250 qm Heizfläche. Es sind je 2 Kessel zu einem Block zusammengebaut. Die Kessel haben Wanderroste von 11, 12 qm mit selbsttätiger Kohlenzuführung. Als Brennstoffe wurden Ruhrkohle, Saarkohle, sowie böhmische und bayerische Braunkohlenbriketts in Aussicht genommen.

Die Kessel werden von einem mittleren Gang aus bedient, dem die Kessel-Stirnrflächen zugekehrt sind. Oberhalb dieses Ganges befindet sich ein Kohlenbunker von 750 cbm Inhalt. Die Kohlen ge-

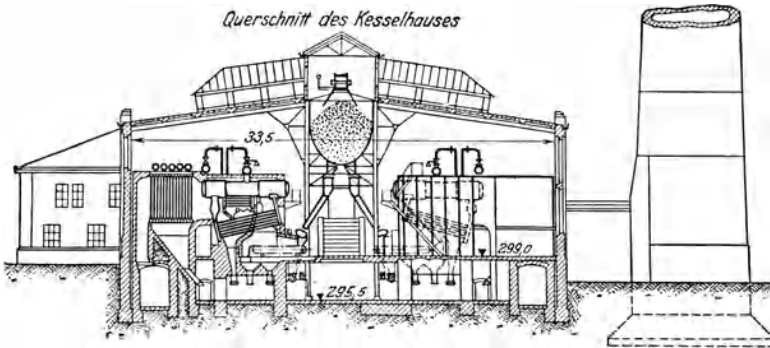


Fig. 110. Kesselhaus-Querschnitt des Großkraftwerkes Franken.

Maßstab 1 : 600.

langen von den Eisenbahnwagen durch mechanische Fördereinrichtungen in den Bunker. Zunächst wird ein Förderband für 40 t/st benutzt. Für später ist noch die Anlage eines Kohlensilos und eines Wagenkippers in Aussicht genommen. Asche und Schlacke werden selbsttätig entfernt.

Der Sockel des 90 m hohen Kamins mit 4 m oberer Lichtweite ist so ausgebildet, daß die Flugasche während des Betriebes beseitigt werden kann.

Die Kessel werden durch elektrisch betriebene Kreiselpumpen und durch Kolbenpumpen gespeist. Die ersteren fördern 50 cbm/st und bringen das Wasser in 3 Stufen mit 1450 Uml./min auf einen Druck von 16—18 at, wobei 47 PS aufgenommen werden. Die vierfach wirkende Dampfpumpe leistet 100 cbm/st bei 43 Doppelhüben in der Minute.

Die Pumpen entnehmen das Speisewasser zwei Behältern von je 80 cbm Inhalt. Das Speisewasser ist destilliertes Wasser, insofern der Abfluß aus den Kondensatoren immer wieder verwendet wird.

Der Ersatz geschieht in der Weise, daß Brunnenwasser in Atlasverdampfern destilliert und dem Kondensat zugefügt wird. Das Nutzwasser für die ganze Anlage wird einem besonderen Brunnen entnommen und mit einer Delphinpumpe auf 5 at gepreßt. Die heißen Abwässer werden in einem Schacht gesammelt und einem Klärteich zugeführt, der auch die Regen- und Waschwässer aufnimmt. Dieser Teich ist nötig, damit keine Ölteilchen in die Rednitz gelangen. Die Wässer aus den Aborten und Wohnungen durchfließen eine biologische Anlage.

Das Maschinenhaus bietet in seinem ersten Ausbau Raum für Dampfturbinen bis 30000 PS Leistung. Daneben ist noch Platz für etwa 5000 PS an Ölmaschinen vorhanden. Zunächst sind zwei Turbodynamos von je 5000 PS Leistung aufgestellt, die bei 5000 V, 50 Per. und 3000 Uml./min je 3400 KW liefern. Die zur Oberflächenkondensation erforderlichen Pumpen werden elektrisch angetrieben.

Im Transformatorenhaus sind zunächst drei luftgekühlte Transformatoren von je 4500 KVA aufgestellt, die die Spannung von 5000 V auf 20000 V erhöhen.

Um bei Störungen jederzeit Strom zur Verfügung zu haben, ist eine Akkumulatorenbatterie von 66 Zellen, 65 KW Leistung, 120 V und 540 Amp. aufgestellt. Sie dient in der Hauptsache zur Notbeleuchtung und außerdem zur Betätigung der Schaltwerke. Geladen wird die Batterie durch einen Drehstrom-Gleichstrom-Umformer von 75 KW Leistung bei 208 V Drehstrom- und 120 V Gleichstromspannung in Verbindung mit einer Zusatzmaschine. Ein zweiter Drehstrom-Gleichstrom-Umformer dient zur Reserve.

Die Maschinen werden von einer erhöhten Schaltbühne aus bedient, von der aus das Maschinenhaus übersehen werden kann. Alle Bewegungen geschehen durch Elektromagnete. Der hochgespannte Strom gelangt nicht auf die Schaltbühne, sondern unmittelbar nach dem Schalthaus. Die im Schalthaus befindlichen Apparate werden durch elektrische Fernsteuerung betätigt.

Im Erdgeschoß des Schalthauses sind die Leistungstransformatoren und die Kabel, im ersten Stock die Meßtransformatoren, im zweiten die Hochspannungsschalter und Trennschalter, im dritten die Sammelschienen und der Blitzschutz untergebracht.

Der Betrieb wird durch umfassende Kontrolleinrichtungen erleichtert, die ständig den Verbrauch an Kohlen, Wasser, Dampf, die Stromerzeugung und -abgabe, die Verbrennungsvorgänge, die Temperaturen in den Dynamos, Transformatoren und Schaltgeräten überwachen. Eine Fernsprechanlage, die sich nicht nur auf das Kraftwerk, sondern auch auf das ganze Netz erstreckt, dient zur unmittelbaren Verständigung und Zeichengebung.

Die gesamte maschinelle Anlage stammt von der M. A. N., Werk Nürnberg, die elektrische Anlage von den Siemens-Schuckert-Werken.

## 89. Elektrizitätswerk mit stehenden Dieselmotoren.

Fig. 111—113 zeigen eine elektrische Zentrale, enthaltend zwei stehende einfachwirkende Viertakt-Dieselmotoren (Ausführung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.), direkt gekuppelt mit Drehstromgeneratoren. Die Gesamtanlage besteht aus einem Hauptgebäude, an das sich ein Nebengebäude anschließt. Im Hauptgebäude sind die beiden Dieselmotoren sowie die Umformeraggregate aufgestellt. Im Nebengebäude sind die Schaltanlage, Akkumulatorkammern und sonstigen Räume untergebracht. Das Nebengebäude ist ferner mit einem turmartigen Aufbau versehen, in dem die Kühlwasser- und Brennstoffvorratsbehälter untergebracht sind.

Die beiden Dieselmotoren besitzen ein gemeinsames Fundament, das über einer Betonsohle, deren Stärke von den vorhandenen Baugrundverhältnissen abhängt, erstellt ist. Die Ankerplatten der Dieselmotoren sind nicht in die Fundamente eingemauert, sondern in Nischen angeordnet, die von einem Kanal aus zugänglich sind. Hierdurch wird es ermöglicht, daß die Fundamentschrauben jederzeit bequem demontiert werden können, und daß ferner die in der Regel etwas länger als notwendig ausgeführten Ankerschrauben leicht so zu montieren sind, daß ihr oberes Ende mit den Muttern an der Grundplatte gerade abschneidet, ohne daß ein Kürzen der Anker erforderlich ist.

Der zwischen dem Fundament und den Seitenwänden des Maschinenhauses befindliche Raum ist unterkellert. Sämtliche Rohrleitungen sind so verlegt, daß sie vom Fundamentkeller aus bequem zugänglich sind. Im Fundamentkeller haben ferner Nebenapparate, wie Pumpen, Schmierölfiltriereinrichtung usw. Aufstellung gefunden.

Die Auspuffleitungen gehen von den Motoren schräg abwärts bis unter Flur und von da horizontal bis zu den Auspuffgefäßen. Die über Flur befindlichen Leitungen sind wassergekühlt. Die Auspuffgefäße sind vor dem Maschinenhaus in einer Grube aufgestellt. Neben jedem Auspuffgefäß sind zur möglichen Verminderung des Auspuffgeräusches zwei gemauerte Schallgruben angeordnet. Von der zweiten Schallgrube werden die Abgase in einer Steigleitung bis über Dach geführt. Für jeden Motor ist eine besondere Auspuffsteigleitung angeordnet, womit der Vorteil verbunden ist, daß jeder Motor bezüglich seiner Verbrennung leicht kontrolliert werden kann.

Das zur Kühlung der Dieselmotoren dienende Wasser wird in einem Kühlturm, der unmittelbar neben dem Maschinenhaus aufgestellt ist, rückgekühlt. Das rückgekühlte Wasser wird durch zwei mit Elektromotoren gekuppelte Zentrifugalpumpen, von denen eine zur Reserve dient, in einen Kühlwasserbehälter gefördert. Letzterer ist so hoch aufgestellt, daß von ihm das Wasser selbsttätig zu den Motoren und von da zum Kühlturm-Einlauf fließt. Das Wasser wird also in einer geschlossenen Leitung vom Hochbehälter bis zum Kühl-



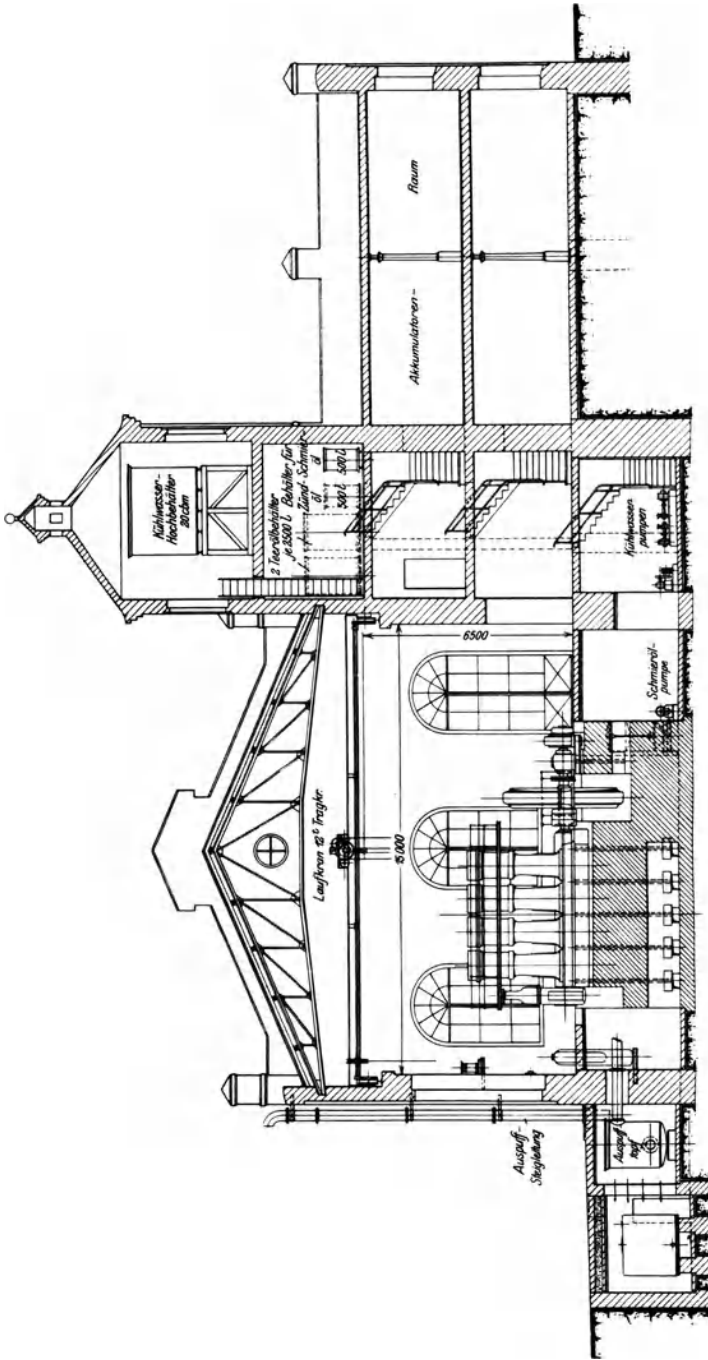


Fig. 111. Elektrizitätswerk mit zwei stehenden Teeröl-Dieselmotoren der M.A.N. von je 600 PS (Längsschnitt).  
Maßstab 1:250.

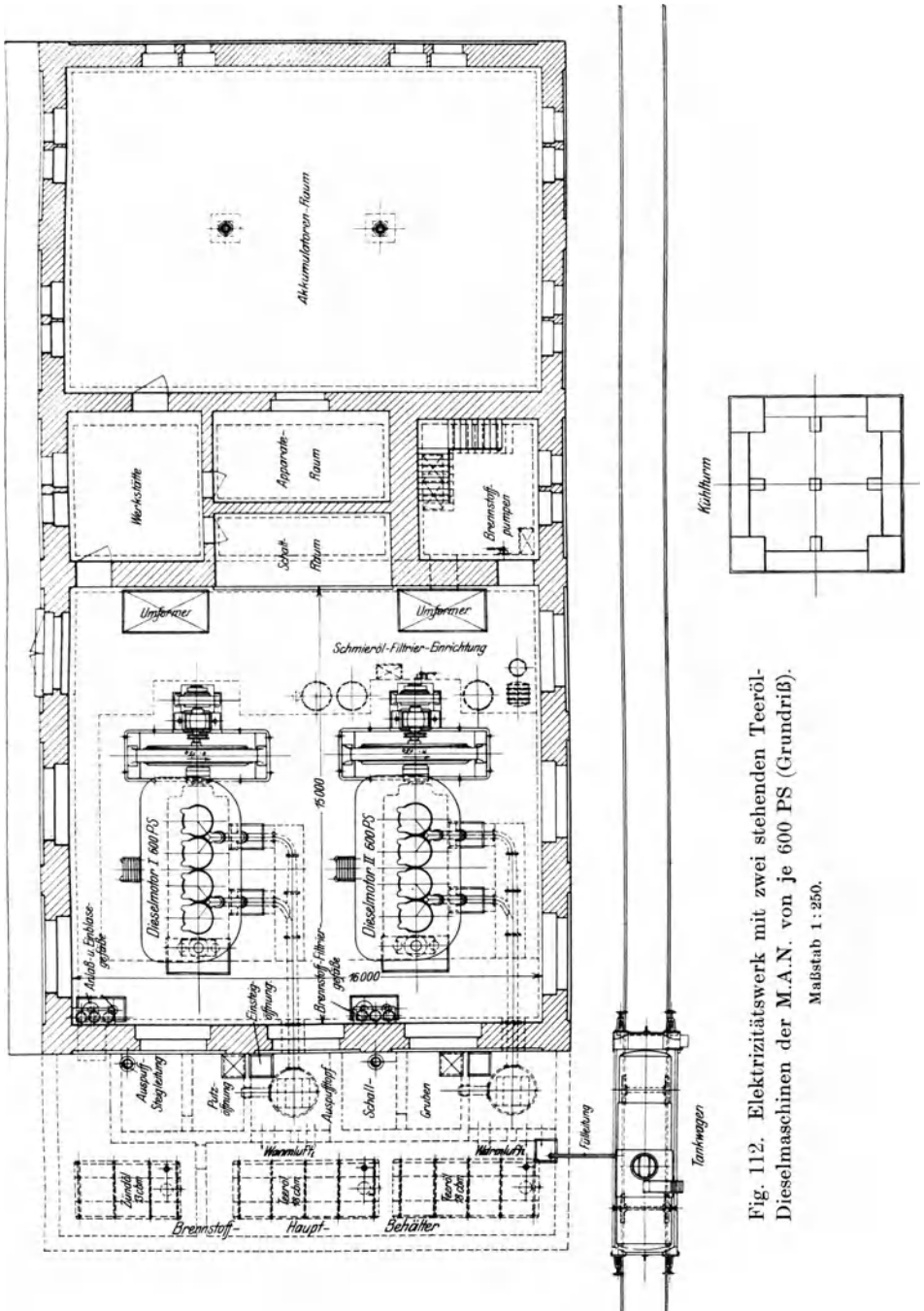


Fig. 112. Elektrizitätswerk mit zwei stehenden Teeröl-Dieselmotoren der M.A.N. von je 600 PS (Grundriß).

Maßstab 1 : 250.

turm geführt. Zur Kontrolle sind an jedem Zylinder Proberleitungen angeordnet; auch sind Signalthermometer eingeschaltet, die, falls die Temperatur des Wassers eine gewisse Höhe überschreitet, eine elektrische Klingelanlage in Tätigkeit setzen.

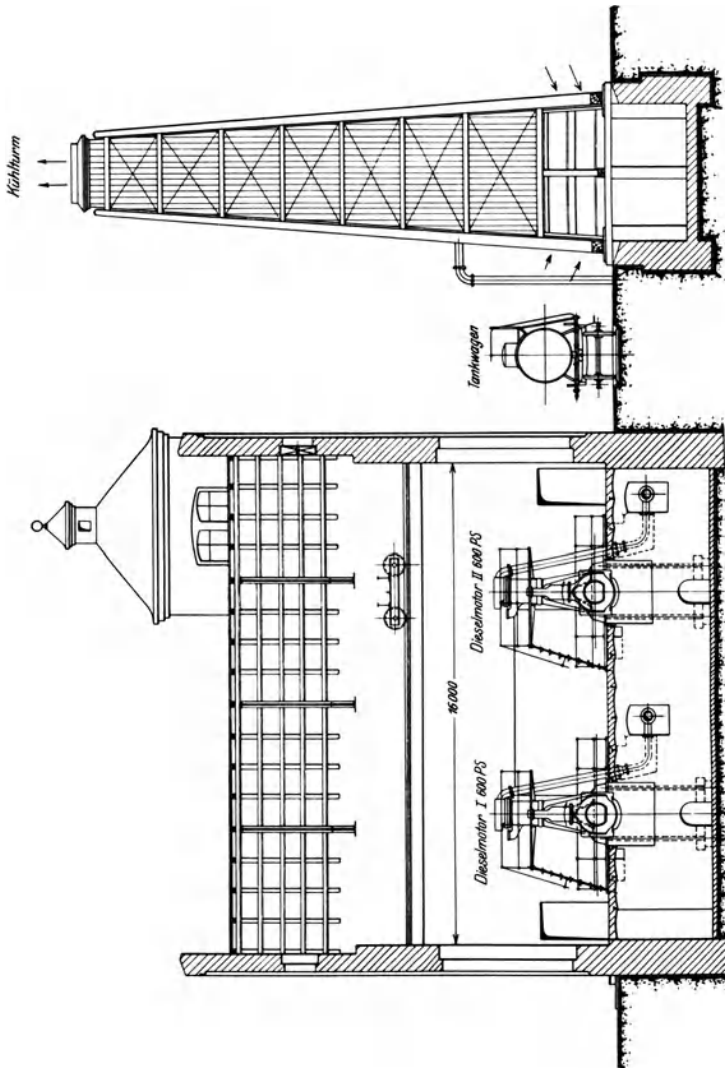


Fig. 113. Elektrizitätswerk mit zwei stehenden Teeröl-Dieselmotoren der M.A.N. von je 600 PS (Querschnitt). Maßstab 1 : 250.

Ein Teil des von den Motoren abfließenden warmen Wassers wird zur Erwärmung des Teeröls in den Vorrats- und Filtriergefäßen verwendet. Zu diesem Zweck sind in diesen Gefäßen Heizschlangen eingebaut. Der Kühlwasserbehälter ist so hoch aufgestellt, daß in

den Heizschlangen noch eine genügende Zirkulation des von den Motoren abfließenden warmen Wassers vorhanden ist.

Für die Lagerung des Brennstoffes sind drei Hauptbehälter vor dem Maschinenhaus unter Flur angeordnet. Zwei von diesen Behältern dienen zur Aufnahme von Teeröl, der dritte zur Aufnahme von Zündöl (Gasöl). Der Teerölbehälterraum befindet sich unmittelbar neben den Auspuffgefäßen und wird durch die von diesen ausstrahlende Wärme geheizt.

Die Brennstoffhauptbehälter werden aus einem Eisenbahn-Kesselwagen, der direkt an die Zentrale gefahren werden kann, gefüllt. Das Abfüllen geschieht selbsttätig, da die Brennstoffhauptbehälter tief liegen. Für den Tagesbedarf sind zwei Vorratsgefäße für Teeröl und ein weiteres für Zündöl in dem turmartigen Nebengebäude aufgestellt. Zur Förderung des Teeröls aus dem Hauptbehälter in die Vorratsgefäße dient eine mit Elektromotor gekuppelte Zahnradpumpe und als Reserve eine Handflügelpumpe. Zur Förderung des Zündöls ist eine weitere Handflügelpumpe vorgesehen. Von den Vorratsgefäßen gelangt der Brennstoff selbsttätig zu den Filtriergefäßen, von denen bei jedem Motor zwei für Teeröl und eines für Zündöl angeordnet sind, und von da zu den Motoren. Die Brennstoffhauptbehälter und Vorratsgefäße sind mit Inhaltsanzeiger versehen; sämtliche Gefäße sind staubdicht abgeschlossen. Durch Anordnung von zwei Hauptbehältern, zwei Vorratsgefäßen und je zwei Filtriergefäßen für Teeröl ist die Möglichkeit gegeben, während des Betriebes eines dieser Gefäße reinigen zu können. Das von den Motoren abfließende schmutzige Schmieröl sammelt sich jeweils in der Grundplatte und läuft von dort aus selbsttätig einer im Fundamentkeller aufgestellten Filtriereinrichtung zu, wo es zwecks Wiederverwendung gereinigt wird.

Der Maschinenraum wird von einem Handlaufkran bestrichen, dessen Tragkraft zum Heben der schwersten Teile ausreicht.

## 90. Elektrizitätswerk mit liegenden Dieselmotoren.

Fig. 114 und 115 stellen die Dieselmotorenanlage des Schandauer Elektrizitätswerkes mit Straßenbahnbetrieb dar. Die drei Dieselmotoren sind von liegender Bauart und stammen von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg. Jede Maschine besitzt vier Zylinder und leistet bei 187 minutlichen Umdrehungen normal 400 PS<sub>e</sub>, maximal 480 PS<sub>e</sub>.

Die Maschinen sind mit Drehstromgeneratoren für Parallelbetrieb unmittelbar gekuppelt. Die Aufstellung erfolgte derart, daß der Schaltbrettwärter eine bequeme Übersicht über die maschinelle Anlage hat und sich mit dem Bedienungspersonal leicht verständigen kann. Die Anlage ist in allen ihren Teilen bequem zugänglich.

Die zum Anlassen der Maschinen und zum Einblasen des Brennstoffs erforderliche Druckluft wird von der Luftpumpe jedes Motors

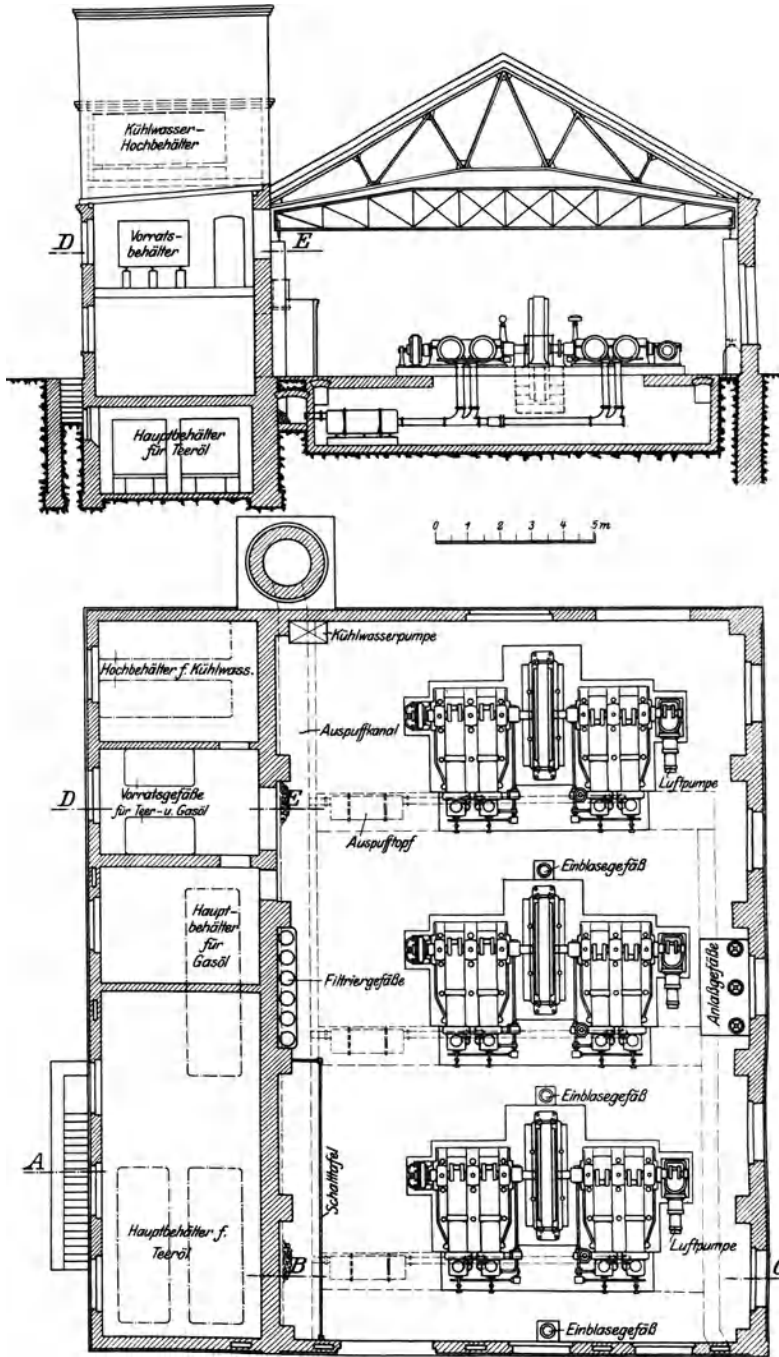


Fig. 114 und 115. Elektrizitätswerk mit drei liegenden Teeröl-Dieselmotoren der M.A.N. von je 400 PS.

Additional information of this book

*(Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen;*

*978-3-662-22788-6; 978-3-662-22788-6\_OSFO3)* is provided:



<http://Extras.Springer.com>

erzeugt und in drei gemeinsamen Anlaßgefäßen sowie drei kleinen Einblasegefäßen aufgespeichert.

Der Betrieb der Motoren erfolgt mit Steinkohlenteeröl unter Verwendung von etwa  $5\frac{0}{100}$  Gasöl zur Einleitung der Zündung. Der Brennstoff wird in drei Hauptbehältern in einem besonderen, neben dem Maschinenhause befindlichen Kellerraum gelagert. Zwei der Behälter sind für Teeröl bestimmt und besitzen je 15 cbm Inhalt; der dritte Behälter besitzt 18 cbm Inhalt und dient zur Aufspeicherung des Gasöls.

Die Anfuhr der Öle geschieht mittels Kesselwagen, von denen die Behälter unmittelbar von der Straße aus gefüllt werden.

Dem Tankraum wird warme Luft durch Maueröffnungen aus dem durch die Auspuffleitungen erwärmten Maschinenhauskeller zugeführt. Zur Entlüftung dienen gemauerte Abzugschächte.

Teeröl und Gasöl werden mittels Pumpen nach den hochgelegenen Tagesvorratsgefäßen gedrückt, von denen sie unter eigenem Druck den Filtriergefäßen und von diesen den Maschinen zulaufen.

Der Auspuff der Maschinen geht in je einen großen gußeisernen Auspufftopf, dessen Austritt in einen für sämtliche Maschinen gemeinschaftlichen gemauerten Kanal mündet. Diefer führt nach einem Schornstein, der noch von der früher vorhandenen Dampfkesselanlage herrührt.

Das zur Kühlung nötige Wasser wird von einem großen Bassin, dem es aus der Kirnitz zugeführt wird, mittels zwei Evolventenpumpen nach den Hochbehältern gedrückt, von denen es unter eigenem Druck den Maschinen zuläuft.

Ein den ganzen Maschinenraum bestreichender Laufkran für 5 t Tragfähigkeit vervollständigt die Einrichtung des Werkes.

## 91. Großgasmaschinen-Zentrale eines Hüttenwerkes.

Fig. 116 und 117 zeigen die von der Maschinenfabrik Thyssen & Co. A.-G. Mülheim-Ruhr ausgeführte Gaskraftzentrale der Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Bruckhausen a. Rh. Die Anlage wurde im Jahre 1905 projektiert und in der Zwischenzeit ausgebaut. Das Gebäude besitzt Doppelhallenanordnung; in dem einen Schiff sind Tandemgasmaschinen, unmittelbar gekuppelt mit Drehstromdynamos, eingebaut, in dem anderen Schiff Hochofengas- und Stahlwerksgas-Gebläsemaschinen. In dem Mittelbau, der zur Windversteifung dient, ist die Schalttafel und die gesamte Stromverteilung untergebracht. Der weitere im Mittelbau verfügbare Raum ist ausgenützt für die Unterbringung der Hilfsmaschinen, der Zentrifugalpumpen für Kolben-, Zylinderkühlwasser und Warmwasser, der Kompressoren für die Preßluftherzeugung zum Anlassen der Gasmaschinen sowie für die Aufstellung der Akkumulatorenbatterien, der Drehstrom-Gleichstromumformer, einer Ölfilteranlage, für die Unterbringung der Wasch-

und Ankleideräumlichkeiten der Maschinisten, einiger Bureauräumlichkeiten und des Magazins für kleinere Reserveteile.

Sämtliche Maschinen in dieser Zentrale liegen derart, daß die Schwungräder zum Mittelbau gerichtet sind. Es ergibt sich hierdurch eine äußerst übersichtliche Rohrleitungsanordnung für die Wasser-, Druckluft- und Ölversorgung der Maschinen. Für das Gas ist um das ganze Gebäude im Freien eine große Ringleitung gezogen, von der einzelne Abzweigungen in Form von schmiedeisernen, dünnwandigen Leitungen zu den einzelnen Maschinen führen. Die Ringleitung ist durch einige Abschlußorgane in einzelne Teile zerlegt zur Vornahme von Reparaturen oder behufs Reinigung. In die Gasleitung

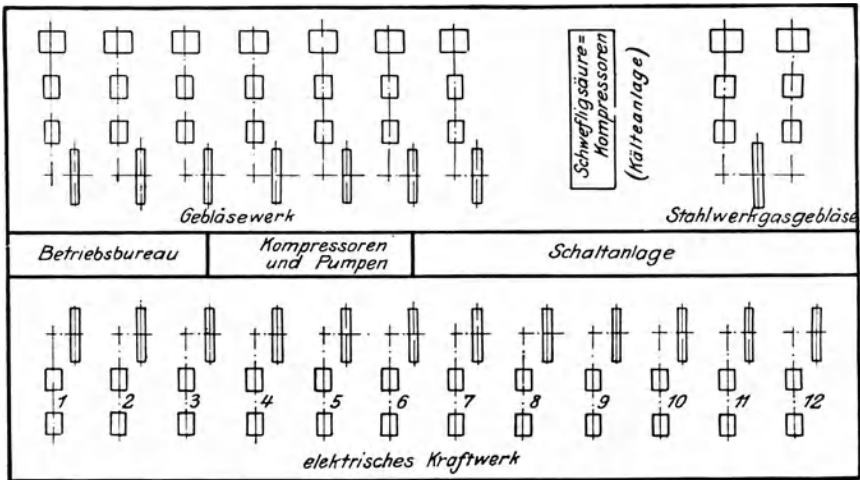


Fig. 117. Gaskraftzentrale der Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Bruckhausen a. Rh.

sind Explosionsklappen nicht eingebaut, da diese die gewünschte Sicherheit doch nicht zu geben vermögen. Die Luft für die Gas- und Gebläsezylinder ist in getrennten, gemauerten Kanälen, die im Fundament eingebettet sind, vom Freien ins Maschinenhaus zu jeder einzelnen Maschine geführt.

Die Abgase von den einzelnen Maschinen werden durch gußeiserne Leitungen ins Freie abgeführt; alle diese Leitungen münden in einen großen gemauerten Kanal, von dem aus eine Anzahl gußeiserner Auspuffrohre die Gase bis zur Höhe des Daches hochführen. Die Leitungen für Druckluft, Kolben- und Zylinderkühlwasser sind ebenfalls innerhalb der Zentrale gelegen und als Ringleitungen ausgebildet, die den Mittelbau der Zentrale umschließen; Abzweigungen führen zu jeder Maschine. Um beim Auftreten von Rohrbrüchen ein Stillliegen von mehreren Maschinen zu verhindern, sind in den Ringleitungen für Wasser zwischen je zwei Maschinen Schieber ein-



gebaut. Für den Zündstrom aller Maschinen ist eine Batteriezündung von 65 Volt Spannung vorgesehen. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, daß nicht alle Maschinen an eine einzige Batterie angeschlossen sind, da bei Versagen der Sicherung die ganze Zentrale zum Stillstand kommen würde. Für mehrere oder nur für zwei Maschinen wurde deshalb eine kleine Batterie aufgestellt. Der tägliche Stromverbrauch einer Gasmaschine beträgt etwa 20 bis 30 Ampèrestunden, weshalb die Kapazität der Batterien eine verhältnismäßig niedrige ist.

Für jede Halle ist ein elektrisch betriebener Kran von 40 t Tragkraft, mit zwei Katzen ausgerüstet, vorgesehen.

Die Fundamente in der Zentrale der Gewerkschaft Deutscher Kaiser, die auf stark wasserführende Schichten und auf Bergbauboden in der Nähe des Rheinstromes stehen, sind sehr sorgfältig durchgebildet, um Bodenschwingungen zu vermeiden. Zur weiteren Sicherung sind bei den einzelnen Gasmaschinen die rotierenden Massen ganz und die hin- und hergehenden Massen etwa zur Hälfte ausgeglichen, damit die Maschinen möglichst ruhig auf dem Fundament sitzen. Die Fundamente sind sämtlich aus Eisenbeton hergestellt. Unter sämtlichen Fundamenten ist eine gemeinsame Sohle vorgesehen von etwa 1 m Stärke. Bei Senkungen des Bodens wird die Sohle zwischen den einzelnen Maschinen durchbrechen, während der Fundamentklotz jeder Maschine als Ganzes erhalten bleibt. Das Gebäude der Zentrale ist aus Eisenfachwerkkonstruktion hergestellt mit  $\frac{1}{2}$  Stein starker Mauer. Die eisernen Stützen für die Kranpfeiler wurden bis zur Kellersohle durchgeführt.

Um möglichst viel Tageslicht in die Zentrale zu bringen, sind große Flächen der Seitenwände mit Glas eingedeckt, ebenso das Dach des Gebäudes.

Um die Übertragung der Bewegungen des Fundaments auf die Gebäudemauern und Stützen zu verhindern, sind die Fundamente vollständig freistehend, d. h. es ist jeder Zusammenhang dieser Teile gegenseitig vermieden. Alle Decken sind getrennt von den Umfassungsmauern durch eine besondere Konstruktion abgestützt.

Die Kellerhöhe beträgt 4—4,5 m, damit die Rohrleitungen, die sämtlich an den Decken aufgehängt sind, übersichtlich sind. Der Maschinenhausflur ist so konstruiert, daß er etwa 2000 kg Nutzlast auf 1 qm aufzunehmen vermag.

An den Kragenden der Zentrale führen Eisenbahngleise ins Innere des Gebäudes, so daß alle schweren Stücke mit dem Kran vom Wagen aus gefaßt werden können.

Die Ölreinigungsanlage wurde als besonders wichtiger Bestandteil der Gaskraftzentrale erkannt und deshalb sehr großzügig durchgebildet. In einem verschließbaren Raum, der mit Rücksicht auf die Feuergefährlichkeit von der Schalttafel abgelegen ist, sind große öldichte, geschweißte Behälter untergebracht mit einem Vorrat für die Zentrale von 2—3 Wochen. Diese Ölbehälter werden unmittelbar vom Eisen-

bahnwagen aus gefüllt, wobei durch Evakuieren der Behälter mittels Druckluftinjektor das Öl vom Wagen aus durch eine Anschlußleitung in die Behälter läuft. Alles verschmutzte Öl der Zentrale wird in einem großen Filterapparat sorgfältig wieder gereinigt. Der Transport des Öls von allen Maschinen zur Filteranlage geschieht durch ein Rohrnetz mittels Druck- oder Saugwirkung, so daß Ölverluste durch Kannentransport vermieden werden.

Das Mittelschiff in Maschinenflurhöhe ist möglichst ohne Wände durchgebildet, so daß freier Verkehr von einer Halle in die andere möglich ist.

In der Zentrale der Gewerkschaft Deutscher Kaiser sind in einer Halle folgende Gaskraftmaschinen für Drehstromerzeugung eingebaut:

4 Stück	1300 mm	Hub-Maschinen	von je	2200 PS <sub>e</sub>	Leistung
6	„	1400	„	„	„ 2800 „
2	„	1400	„	„	„ 3200 „

Die minutliche Umdrehungszahl aller dieser Maschinen ist 94. Die Drehstromgeneratoren, die direkt auf den Kurbelwellen der Gasmaschinen sitzen, haben eine Periodenzahl von 50/sk; Lieferant derselben sind die Siemens-Schuckert-Werke und die A. E. G. In der zweiten Halle sind eine Reihe von Hochofengas-Gebläsemaschinen mit einer minutlichen Windansaugemenge von 10000 cbm und Stahlwerksgebläsemaschinen mit 2500 cbm minutlich angesaugter Windmenge eingebaut.

Wenn auch die ersten Anfänge dieser Zentrale noch in die Entwicklungsjahre des Gasmaschinenbaues fallen, so hat doch die Zentrale nach Wissen des Verfassers allen an sie gestellten Erwartungen entsprochen, so daß auch der weitere Ausbau des Hüttenwerkes mit Gasmaschinen geplant ist.

Der Belastungsfaktor der Gaszentrale lag in den bisherigen Betriebsjahren zwischen 65 und 72<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Diese Zahl ist sehr günstig, wenn man bedenkt, daß auf Hüttenwerken an Sonntagen nur geringe Last vorhanden ist und bei Walzwerksbetrieben stoßartige Belastungen auftreten.

Durch den Einbau von größeren Tandemaschinen oder Zwillingstandemaschinen mit der jetzt üblichen Höchstleistung von 3500 bis 7000 PS<sub>e</sub> würde eine erheblich bessere Raumausnützung erzielt worden sein; ebenso würden hierbei noch wesentlich geringere Anlage-, Bedienungs- und Betriebskosten entstanden sein. Maschinen von solcher Größe waren jedoch beim Beginn des Baues der Anlage noch nicht bekannt. Heute kann aber als sicher angenommen werden, daß sich auf dem gleichen Raum leicht Gasmaschinen mit doppelter Leistung und mehr unterbringen lassen.

## 92. Elektrizitätswerk mit Wasserkraftbetrieb.

Eine früher unzureichend ausgenützte Wasserkraft bei Burgau an der Saale wurde vor kurzem durch eine moderne Turbinenanlage der Firma Amme, Giesecke & Konegen A.-G. in Braunschweig unter Anlehnung an ein Dampfkraftwerk ausgebaut<sup>1)</sup>. Für die Ausnützung stand das Saalegefälle zur Verfügung, das von der Göschwitzer Eisenbahnbrücke bis zur Wehrkrone des Rasenmühlwehres in Jena reicht. Auch das feste Streichwehr mit 90 m Kronenlänge, Fig. 118, und eine am rechten Ufer eingebauten Floßgasse war vorhanden. Ferner war am linken Ufer ein Kanal von 9,5 m Breite eingebaut, der den vorhandenen Turbinen, einer 60pferdigen Girard-Turbine aus dem Anfang der achtziger Jahre und zwei 75pferdigen Francis-Turbinen aus dem Jahre 1903, das Wasser zubrachte und durch einen 9,5 m breiten und 1200 m langen Ablaufgraben in die Saale zurückführte. Die alte vorhandene Anlage diente zum Betrieb einer Holzschleiferei und -sägerei, der inzwischen eingestellt wurde.

Während früher nicht ganz ein Viertel der insgesamt verfügbaren Energie ausgenutzt wurde, hat sich der Ausnutzungsfaktor durch den Ausbau der Wasserkraft auf 76<sup>0</sup>/<sub>0</sub> erhöht, d. h. die Leistung der Anlage beträgt jetzt mehr als das Dreifache gegenüber früher.

Gewählt wurde die Anordnung mit drei stehenden, als vollständige Spiralturbinen ausgebildeten Turbinen gleicher Laufradgröße, aber mit verschiedenen Umdrehungszahlen, entsprechend dem auftretenden niedrigen, mittleren und hohen Gefälle. Die Turbinen arbeiten mittels Kegelrädern auf eine gemeinschaftliche wagrechte Vorgelegewelle, an deren einem Stirnende ein Drehstromgenerator sitzt, Fig. 119 und 120.

Der Betrieb mit diesen Turbinen vollzieht sich so, daß

1. bei kleiner Wassermenge und hohem Gefälle von rd. 2,8 m Turbine I allein arbeitet und eine höchste Leistung von 440 PS bei 47,1 Uml./min an der senkrechten Welle entwickelt,
2. bei mittlerer Wassermenge und mittlerem Gefälle von rd. 2,5 m Turbine I und II zusammen arbeiten und eine höchste Leistung von 650 PS bei 41,5 Uml./min entwickeln,
3. bei großer Wassermenge und niedrigem Gefälle von rd. 2,1 bis 1,7 m Turbine I, II und III zusammen arbeiten und eine höchste Leistung von 850 bis 670 PS bei 37,5 Uml./min entwickeln.

Die Übersetzungen sind so gewählt, daß die wagrechte Vorgelegewelle und der Drehstromgenerator unveränderlich 187 Uml./min

<sup>1)</sup> Eine ausführliche Beschreibung dieser Anlage von Gelpke befindet sich in der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913, S. 561 u. f.

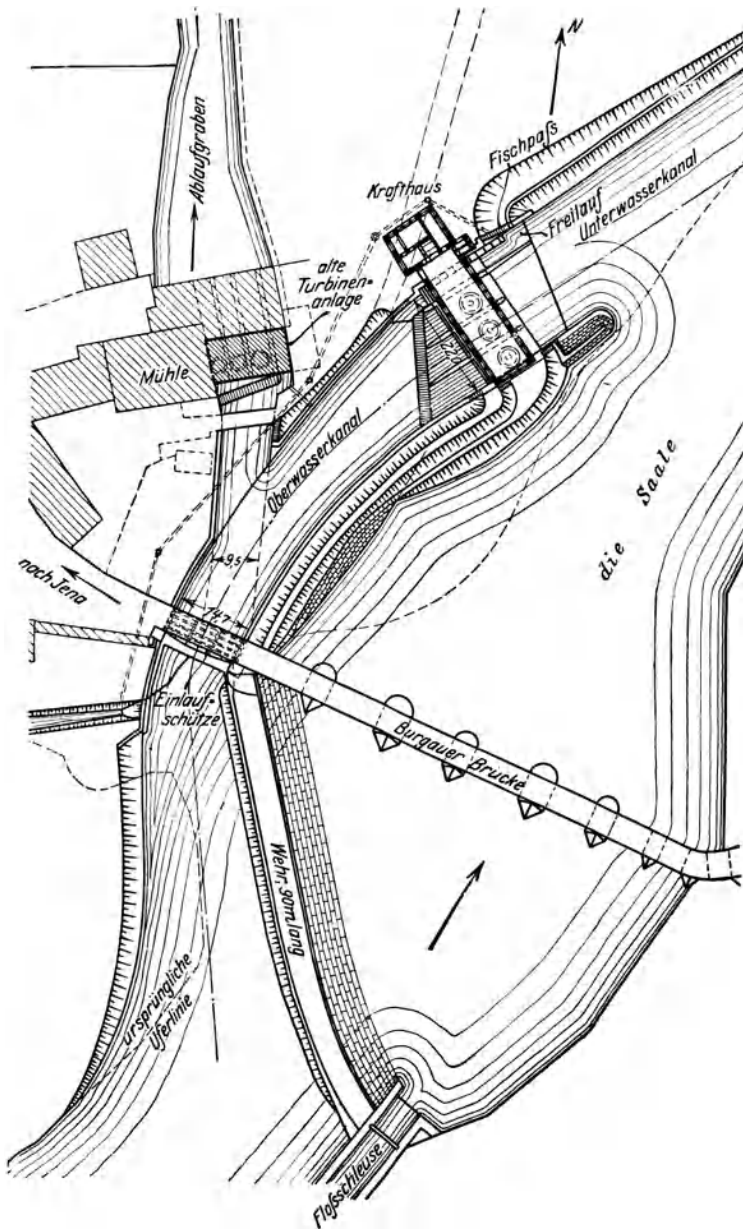


Fig. 118. Lageplan der Niedergefälle-Wasserkraftanlage bei Burgau a. S.  
Maßstab 1:1500.

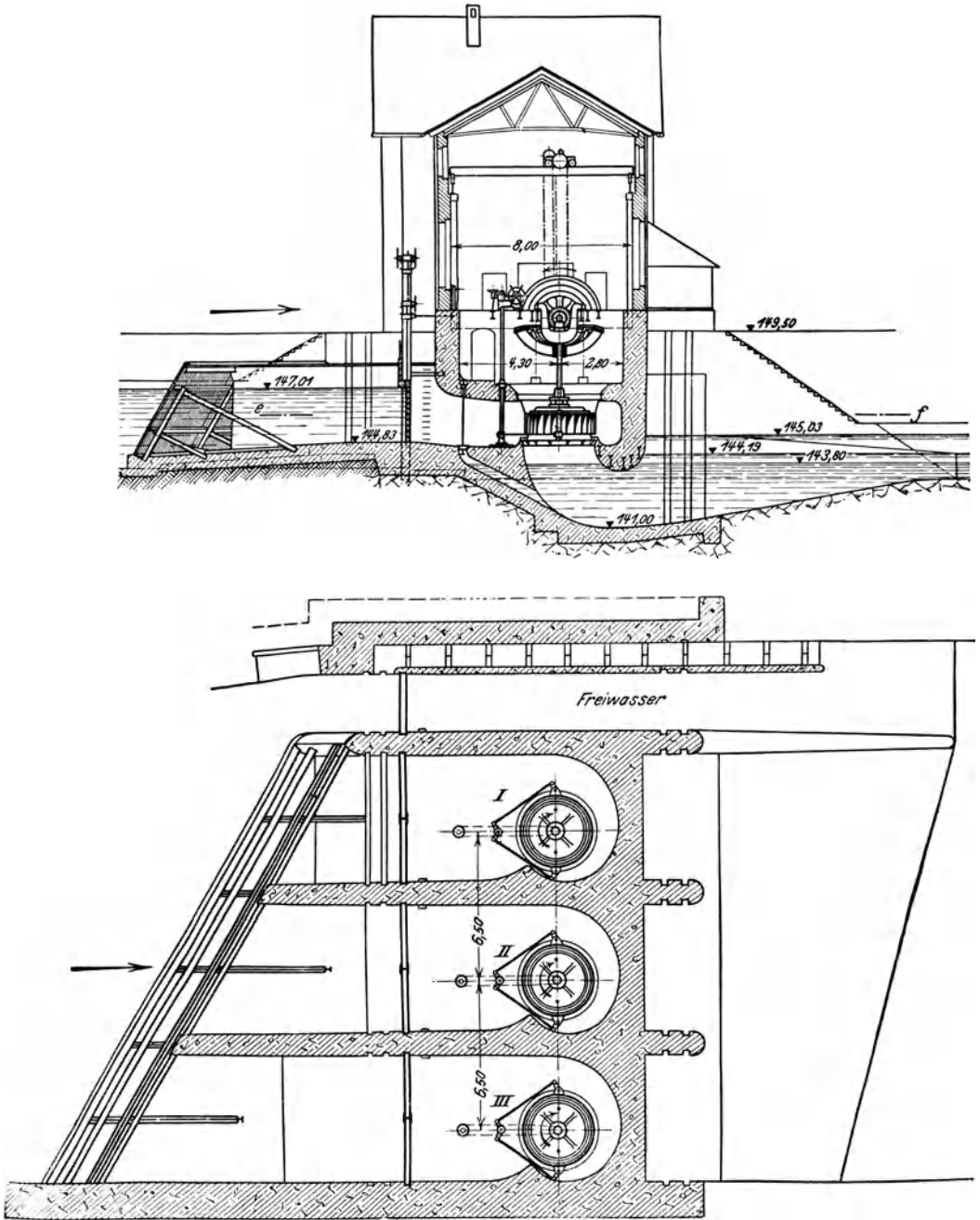


Fig. 119 und 120. Schnitte durch die Niedergefälle-Turbinenanlage bei Burgau a. S.  
 Maßstab 1 : 300.

machen; außerdem ist Turbine I noch mit einer zweiten Kegelrad-übersetzung versehen, die es ermöglicht, sie ebenfalls bei großer Wassermenge und niedrigem Gefälle mit der sich bei höchstem Wirkungsgrad ergebenden Umlaufzahl, 37,5, laufen zu lassen und

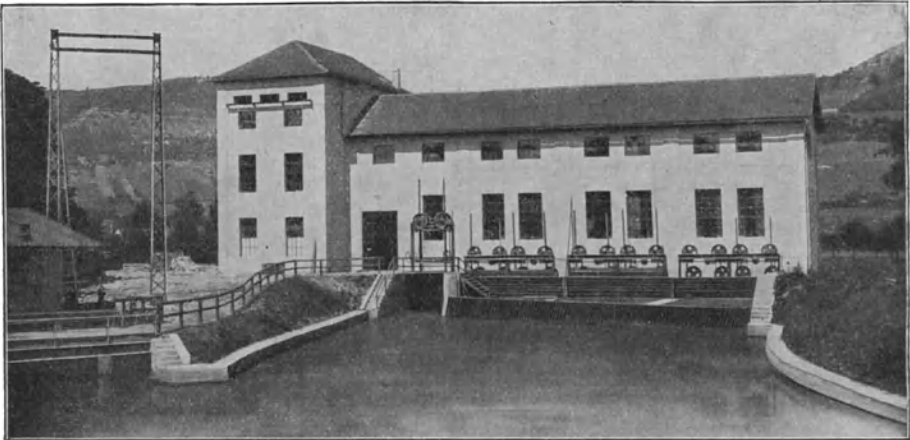


Fig. 121. Niedergefälle-Turbinenanlage bei Burgau a. S., von stromaufwärts gesehen.

trotzdem wieder auf die Umlaufzahl des Stromerzeugers von 187 zu kommen.

Erwähnt sei, daß, weil die drei Turbinen zusammen ihre Leistung an einen einzigen Stromerzeuger abgeben, zur Regelung der drei Turbinen auch nur ein einziger gemeinschaftlicher Regler notwendig ist.

Der Zulaufkanal verbreitert sich bis zum Turbinenhouse allmählich auf 22 m; seine Länge beträgt 72 m.

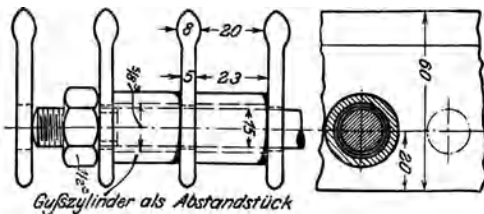


Fig. 122 und 123. Profil der Rechenstäbe.  
Maßstab 1:2,5.

Der Rechen ist unmittelbar oberhalb der Turbinen-Einlaufschützen eingebaut und hat eine mittlere Breite von 21,9 m bei 60° Schrägstellung der Stäbe im Aufriß, Fig. 119 und 120. Die lichte Weite zwischen den Stäben beträgt 20 mm, die Rechenstablänge 4085 mm. Die

Stäbe sind nach einem besonderen Profil gewalzt, Fig. 122 und 123, durch das Gefällverluste infolge von Kontraktion vermieden und Verstopfungen durch Laubwerk usw. verhindert werden sollen. Der lichte Durchgangsquerschnitt des Rechens beträgt 41 qm, die Wasser-

tiefe beim Rechen 2,61 m, die größte Wassergeschwindigkeit zwischen den Rechenstäben 1,01 m/sk. Die Schräglage im Grundriß dient außer zur Querschnittsvergrößerung dem Zweck, den Schwimmstoffen den Weg zur Freischütze zu weisen. Sinkstoffe dagegen stoßen an die 0,5 m hohe Rechenschwelle und werden dadurch ebenfalls zur Freischütze geleitet.

Die drei Turbinen-Einlaufschützen für 2,18 m Wassertiefe und 5,5 m l. W. sind als Doppelschützen mit Hochwasserschild ausgeführt. Diese Schützen werden durch Handräder vom Maschinenraum aus gehoben und gesenkt, was dem Maschinenwärter die Bedienung wesentlich erleichtert. Zwischen den Schützen und dem Maschinenraum ist ein mit Holztafeln gedeckter Zwischenraum von 1 m gelassen worden, damit man bei geschlossenen Schützen die spiralförmigen Turbinenkammern leicht begehen kann.

Die Freischütze hat bei einer Breite von 2,5 m eine Gesamthöhe von 5,3 m. Sie ist in der Höhe geteilt. Die obere Hälfte der Schütze mit 2,9 m Höhe dient zum Ablassen von Schwimmstoffen; sie wird also hauptsächlich gesenkt. Die untere Hälfte mit 2,65 m Höhe dient zum Ablassen von Sinkstoffen. Die beiden Schützentafeln überdecken sich auf 0,25 m Höhe. Jede Tafelhälfte kann für sich durch ein Doppelwindwerk mit zwei Zahnstangen gehoben und gesenkt werden. Für jede Schütze ist ein Handrad vorgesehen. Zwischen der Leerlaufschütze und dem Ufer ist noch eine Fischtreppe errichtet, die unter dem Maschinenhaus hindurch vom Oberwasser zum Unterwasser führt.

Zur Regulierung dient ein Öldruck-Geschwindigkeitsregler, Bauart Gelpke-Kugel.

Um ein Sinken des Oberwasserspiegels unter eine zulässige Grenze zu verhindern, ist der Regler mit einer Schwimmervorrich-

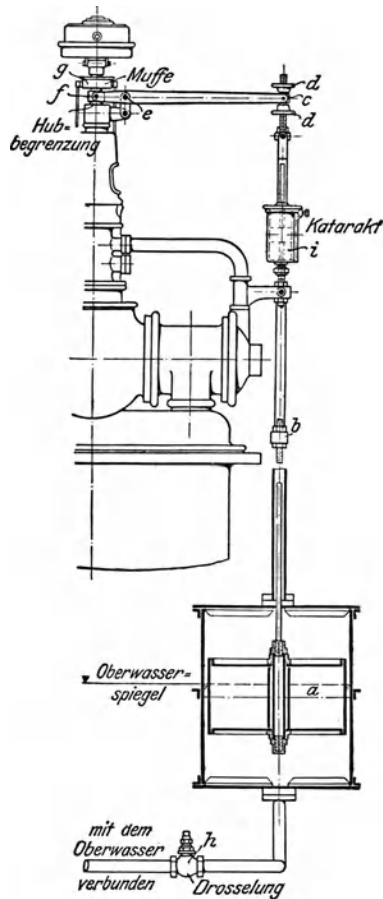


Fig. 124. Wasserstandsregler, d. i. eine Regelvorrichtung zur Erhaltung eines gleichbleibenden Oberwasserspiegels.

Maßstab 1 : 40.

tung, Fig. 124, ausgerüstet, die wie folgt arbeitet: Angenommen, die Turbinen würden mehr Wasser schlucken als der Kanal zubringen kann, so beginnt der Wasserspiegel sich zu senken, und mit dem Wasserspiegel der Schwimmer  $a$  und dessen Stange  $b$ , die bei  $c$  einen zweiarmigen Hebel  $cef$  faßt. Der bei  $e$  drehbare Hebel trägt an seinem andern, gegabelten Ende einen Ring  $f$ , der sich gegen die Pendelmuffe  $g$  stemmt und diese am weiteren Herabsinken hindert. Sobald nun der Schwimmer unter eine zulässige, vom Oberwasserspiegel vorgeschriebene Marke sinken will, ist der Regler außerstande, die Turbinen weiter zu öffnen, und für den Oberwasserspiegel muß ein Beharrungszustand eintreten. Da man imstande ist, mit den beiden Handrädchen  $d$  den Abstand des Schwimmers bis zum Angriffspunkt des Hebels zu verändern, so kann man auf diese Weise für jeden beliebigen Oberwasserspiegel den gewünschten Beharrungszustand herbeiführen.

Der Schwimmer selbst bewegt sich in einem mit Wasser gefüllten Blechgefäß, dessen Wasserspiegel mit dem Oberwasser des Zulaufkanales vor der Rechenanlage durch ein Rohr verbunden ist. Ein Drosselschieber  $h$  in der Verbindungsleitung ermöglicht, im Blechgefäß einen annähernd ruhigen Wasserspiegel herbeizuführen für den Fall, daß der Wasserspiegel vor dem Rechen in pendelnde Bewegung geraten sollte. Eine weitere Dämpfung ist an der Schwimmerstange in Form eines Ölkataraktes  $i$  angebracht.

---



## Siebenter Teil.

# Betrieb von Kraftanlagen.

### 93. Einleitung. Allgemeine Betriebsregeln.

Der Betrieb von Kraftanlagen ist so zu führen, daß das wirtschaftliche Gesamtergebnis ein möglichst gutes ist, und daß weder die Anlagen noch das Bedienungspersonal der Gefahr von Beschädigungen ausgesetzt sind.

Das in den Abschnitten 94 bis 105 über den Betrieb der verschiedenen Kraftmaschinen Ausgeführte bezieht sich in der Hauptsache auf die rein betriebstechnische Seite, d. h. auf das Inangestellen und Abstellen sowie auf die Bedienung und Instandhaltung der Maschinen. Naturgemäß können diese Ausführungen, da sie nicht auf spezielle Maschinentypen zugeschnitten sind, keinen Anspruch darauf machen, eine erschöpfende Betriebsanleitung zu sein; es kann sich hier nur um die wichtigsten, für die meisten Maschinen der betreffenden Gattung geltenden Hinweise handeln. Es werden deshalb stets noch die besonderen Vorschriften der liefernden Firmen sowie vor allem die mündliche Unterweisung durch einen tüchtigen Monteur erforderlich sein.

Hinweise wirtschaftlicher Art enthalten die Abschnitte 106 und 107.

Um gewisse Vorschriften, die für die meisten Kraftbetriebe Gültigkeit haben, nicht mehrfach wiederholen zu müssen, sei im folgenden eine Reihe von Betriebsregeln allgemeiner Natur vorangestellt, deren Beachtung im Interesse eines sicheren und geordneten Betriebes von Wichtigkeit ist.

Für die gute Instandhaltung einer Maschinenanlage trägt ein großes und sauberes Maschinenhaus wesentlich bei; namentlich muß Staubbildung möglichst vermieden werden, da Staub wie Schmirgel wirkt und leicht ein Warmlaufen der Triebwerksteile sowie eine große Abnützung zur Folge hat.

Ordnungsliebe und Reinlichkeit, größte Aufmerksamkeit und Nüchternheit sind für einen tüchtigen Maschinisten unerlässlich.

Ein guter Maschinist muß seine Maschine genau kennen; er soll deshalb seine Betriebsvorschriften von Zeit zu Zeit durchlesen. Der Maschinist soll mindestens  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde vor dem Anlaufen

der Maschine am Platze sein; dies ist notwendig, damit alle Vorarbeiten sowie gegebenenfalls das Vorwärmen der Maschine pünktlich und ohne Übereilung besorgt werden können. Die Maschine soll im Gang sein, noch ehe die Arbeit beginnt.

Der Maschinenraum darf nicht für Unberufene zugänglich sein. Die Temperatur im Maschinenraum soll bei Betriebspausen niemals unter 3°C Wärme sinken, damit Wasser oder Kondensat in Zylindern, Rohrleitungen usw. nicht einfrieren und hierbei diese Teile sprengen kann. Bei zu niedriger Raumtemperatur muß nach dem Abstellen der Anlage das Wasser aus Leitungen, Kühlräumen usw. abgelassen werden, um ein Sprengen dieser Teile durch Einfrieren zu verhindern. Dies ist besonders zu beachten, wenn die Maschinenanlage während mehrerer Tage oder Wochen nicht gebraucht wird.

Alle zum Maschinenbetrieb erforderlichen Werkzeuge und Reservestücke sollen in guter Ordnung erhalten und am richtigen Platz, die Werkzeuge in nächster Nähe, aufbewahrt werden. Insbesondere sind die Schraubenschlüssel nach Gebrauch stets wieder an ihre richtige Stelle am Schlüsselbrett zu hängen.

Mitgelieferte Reserveteile müssen gut eingefettet oder mit einer Rostschutzfarbe gestrichen, sorgfältig aufbewahrt und vor Beschädigung geschützt werden. Bei Benützung dieser Teile ist für baldigen Ersatz zu sorgen.

Von allen zum Betrieb erforderlichen Materialien soll stets ein genügender Vorrat vorhanden sein, namentlich Schmier- und Putzmaterial, Stopfbüchsenpackungen, Dichtungsmaterialien, Schrauben usw.

Zum Reinigen der Maschinen dürfen keinerlei scheuernde Materialien, wie Schmirgel, Kalk usw. verwendet werden. Es genügt die Verwendung eines angefetteten und eines trockenen wollenen Lappens, Putzwolle und dergl.

Die Schmier- und Putzmaterialien sollen möglichst unter staubfreiem Verschluß gehalten werden.

An der Anlage soll nichts unnötigerweise verändert werden. Insbesondere soll man die Steuerung nur bei dringender Notwendigkeit verstellen. Die kleinste Abänderung, deren Wirkung von Unkundigen nicht erkannt wird, kann erhöhten Brennstoffverbrauch und auch direkte Gefahren für die Maschine und deren Bedienungspersonal zur Folge haben. Jede eigenmächtige Änderung der Sicherheitsventile oder ihrer Belastung, insbesondere jede Überlastung und Unwirksammachung, ist strengstens verboten.

Ehe die Maschine in Gang gesetzt wird, hat sie der Maschinist mindestens zweimal ganz durchzudrehen und darauf zu achten, daß an den Triebwerksteilen oder in deren Nähe keine Fremdkörper, wie Schraubenschlüssel, Putzwolle usw. zurückbleiben, da hierdurch schwere Beschädigungen der Maschine verursacht werden können. Dasselbe hat nach jedem Nachstellen von Lagern und Kreuzkopfschuhen, Öffnen der Arbeitszylinder, Neuverpacken von Stopfbüchsen, überhaupt nach jeder größeren Arbeit an der Maschine zu geschehen,

um vollkommen sicher zu sein, daß bei Inbetriebsetzung der Maschine nirgends ein Anstoß erfolgt.

Ferner ist vor dem Anlassen ein Zeichen nach den Arbeitsräumen zu geben. Beim Anlassen hat sodann der Maschinenführer den Regulator und gegebenenfalls das Tachometer zu beachten, um beim Hängenbleiben oder zu langsamen Funktionieren des Regulators ein Durchgehen der Maschine zu verhindern.

Regulator und Reguliergestänge müssen stets leicht beweglich sein. Deren Gelenke und Lagerstellen sind etwa alle zwei Wochen mit reinem Petroleum gut auszuwaschen, um eine Verschmutzung und Verharzung des Schmieröls zu vermeiden.

In der Regel soll das Anfahren ohne Belastung oder doch nicht unter voller Last geschehen. Die Belastung soll erst stattfinden, wenn die Maschine ihre volle Tourenzahl erreicht hat.

Ehe nicht die Maschine einige Zeit unter voller Last gelaufen ist, darf sich der Maschinenführer nicht von ihr entfernen. Er muß sich durch Befühlen der Lager davon überzeugen, daß eine genügende Zufuhr von Schmiermaterial stattfindet und somit ein Warmlaufen der Lagerstellen ausgeschlossen ist. Die Zapfenabmessungen guter Maschinen sind meist so reichlich, daß warme Lager in der Regel auf ein Verschulden des Bedienungspersonals zurückzuführen sind.

Sofort nach Stillstand der Maschine sind sämtliche Lager zu befühlen, ob sie nicht zu warm sind. Alsdann wird die Maschine in allen Teilen gut gereinigt und die Öltropfschalen entleert. Vorhandene Mängel sind sofort zu beseitigen, auch wenn sie noch so geringfügig erscheinen.

Neue Maschinen sind anfangs besonders reichlich zu schmieren. Auch nachgestellte oder nachgearbeitete sowie mit frischen Schalen versehene Lager sind anfangs besonders gut zu schmieren, bis man sicher ist, daß kein Warmlaufen eintritt.

Bei größeren Anlagen empfiehlt es sich, halbstündliche oder stündliche Aufschreibungen über die Spannung, Temperatur, Kohlensäuregehalt, Zugstärke, Pegelablesungen usw. zu machen und in ein besonderes Maschinenjournal einzutragen, damit der Betriebsleiter in der Lage ist, das Bedienungspersonal zu kontrollieren. Außerdem empfehlen sich Aufschreibungen über den Wasser- bzw. Dampfverbrauch sowie den Kohlenverbrauch. Und endlich soll bei geordnetem Betrieb auch über die Belastung und den Ölverbrauch der Maschinen regelmäßig Buch geführt werden, sowie über den Zustand der Maschinen, die Reparaturen und die Reinigungszeiten. Bei Gasanlagen sind außerdem die Gasdruckschwankungen sowie allenfalls die Gaszusammensetzung aufzuschreiben. Näheres über Betriebskontrolle findet sich in den Abschnitten 106 und 107.

Wenn die Maschine für längere Zeit außer Betrieb gesetzt werden soll, so sind sämtliche Teile, insbesondere der Arbeitszylinder, kurz vor dem Abstellen reichlich zu schmieren. Die blanken Teile sind sorgfältig zu reinigen und gut einzufetten, besonders die Kolben-

stangen, damit die Metallabdichtungen nicht auf denselben festrosteten.

Maschinen, die nur als Reserve dienen, sollen zeitweise in Gang gesetzt werden, damit sie im Bedarfsfall anstandslos arbeiten.

## 94. Betrieb von Dampfkesselanlagen.

Ehe auf die bei der Inbetriebsetzung, dem Betrieb, der Außerbetriebsetzung und der Reinigung von Dampfkesseln zu beachtenden Betriebsregeln eingegangen sei, möge einiges über den Kesselwärter, über das Speisewasser und seine Reinigung sowie über die Entstehung von Korrosionen und Explosionen vorausgeschickt werden. Auch über den rauchschwachen Betrieb der Feuerung und die mechanische Aschenabsaugung sei einiges erwähnt.

**Kesselwärter.** Geschultes Personal ist für Dampfkessel schon mit Rücksicht auf die Gefahr, die durch unsachgemäßen Betrieb für die Umgebung entstehen kann, von großer Bedeutung. Der Kesselwärter soll möglichst sparsam und sicher arbeiten, in allem bewandert sein, was seinen Dampfkessel betrifft, und alle Instandhaltungsarbeiten an Ventilen, Wasserständen usw. selbst besorgen können.

Die Ingenieure der Dampfkesselüberwachungsvereine sind angewiesen, die Heizer auf ihre Fähigkeiten zu prüfen und gegebenenfalls zu unterweisen. Wo völlig unzuverlässige und nicht unterrichtete Kesselwärter angetroffen werden, sind die Revisionsbeamten gehalten, deren Entlassung zu verlangen. Aber auch der Kesselbesitzer oder dessen Betriebsleiter ist gesetzlich verpflichtet, nur solchen Personen die Wartung der Dampfkessel anzuvertrauen, die mit deren Betrieb vollständig vertraut sind.

Manche Länder haben Heizerschulen oder Heizkurse und den Zeugniszwang bzw. den Befähigungsnachweis eingeführt. Andere bedienen sich der Lehrheizer, wieder andere veranstalten Wettheizversuche. Das Richtigeste dürfte sein, den Kesselwärter, soweit er nicht durch ältere Kollegen eingeschult wird, durch einen tüchtigen Lehrheizer, und zwar in der betreffenden Anlage selbst, unterweisen zu lassen. Denn jeder Brennstoff und jede Kesselbauart verlangen ihre eigenartige Bedienung.

Jedenfalls steht fest, daß zu einem brauchbaren Kesselwärter ein pflichtbewußter, pünktlicher, geistesgegenwärtiger und nüchterner Mann gehört, Eigenschaften, die weder durch eine Schule zu erlangen, noch durch eine Heizerprüfung nachzuweisen sind. Im Gegenteil ist der geprüfte Heizer dem ungeprüften oft nur im Eigendünkel überlegen.

An dieser Stelle möge auch darauf hingewiesen sein, daß vielfach der Heizer nicht der Wichtigkeit seiner Stellung entsprechend bezahlt ist. Der Fabrikleiter schadet aber in erster Linie sich selbst,

wenn er wegen einer kleinen Lohnersparnis einen weniger tüchtigen Wärter anstellt. Denn beim Dampfkessel hängt die Wärmeausnutzung in erheblichem Maße von der Aufmerksamkeit und Sachkenntnis des Heizers ab. Es hat auf die Kohlenkosten erheblichen Einfluß, ob die Wärmeausnutzung 65 oder 75% beträgt. Es empfiehlt sich deshalb, den Heizer angemessen zu bezahlen und ihn durch Kohlenprämien an dem Betrieb zu interessieren.

Speisewasser. Je reiner das zur Kesselspeisung verwendete Wasser ist, desto besser eignet es sich für die Zwecke des Kesselbetriebes. Vollkommen rein ist nur destilliertes Wasser und Regenwasser, während die Oberflächen- und Grundwässer (insbesondere die letzteren) alle mehr oder weniger reich an Beimengungen sind. Diese können teils mechanisch, teils vollständig aufgelöst in dem Wasser enthalten sein. Infolge dieser Beimengungen bilden sich bei der Verdampfung des Wassers Schlamm- und Kesselsteinablagerungen auf den Heizflächen, durch die der Wärmeübergang von den Heizgasen an den Wasserinhalt des Kessels erschwert wird.

Die dem Wasser mechanisch beigemengten Stoffe sind schon äußerlich an der Trübung des Wassers zu erkennen. Sie können teils durch Absetzenlassen, teils durch Filtration entfernt werden. Die im Wasser gelöst enthaltenen Bestandteile sind unsichtbar; ihre Ausscheidung hat auf chemischem Wege zu erfolgen.

Die im Wasser gelösten Stoffe stellen die eigentlichen Kesselsteinbildner dar. Es sind dies kohlenaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk (Gips), kohlen saure Magnesia, schwefelsaure Magnesia und gegebenenfalls Chlormagnesium. Die drei erstgenannten sind die hauptsächlichsten Kesselsteinbildner; in der Regel sind sie gleichzeitig im Wasser enthalten.

Wasser, das eine größere Menge von diesen Kalk- und Magnesia-salzen enthält, wird als hartes Wasser bezeichnet. Treten diese Stoffe nur in geringer Menge auf, so spricht man von weichem Wasser. Je größer die Härte eines Wassers ist, desto mehr neigt es zur Kesselsteinbildung.

Die durch die Sulfate bedingte Härte nennt man die bleibende, die durch die Karbonate bedingte die vorübergehende Härte. Besonders ungünstig verhalten sich die Sulfate (insbesondere Gips). Dieselben bilden einen festen Stein, der schwer zu entfernen ist und der eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Demgegenüber erzeugen die Karbonate nur schlammartige Ablagerungen, die allerdings an heißen Flächen leicht festbrennen und so den aus den Sulfaten ausgeschiedenen eigentlichen Kesselstein vermehren.

Die mechanisch mitgeführten Verunreinigungen setzen sich in der Hauptsache als Schlamm ab, der von Zeit zu Zeit abzulassen ist. Die im Speisewasser aufgelösten Kesselsteinbildner werden beim Erwärmen und Verdampfen des Wassers teils als Schlamm ausgeschieden, teils setzen sie sich an den heißen Kesselwandungen als fester Kesselstein an, dessen Bildung vor allem durch den Gipsgehalt

des Wassers befördert wird. Springt der feste Kesselstein infolge Abkühlung des Kessels in den Betriebspausen ab, so bilden sich häufig sog. Kesselsteinkuchen, die meist zu mehr oder weniger großen Klumpen zusammenbacken.

Es ist ein Irrtum, anzunehmen, daß der Ansatz von Kesselstein durch eine kräftige Wasserzirkulation verhindert werde. Denn Kesselstein bildet sich überall, wo Wasser verdampft, am stärksten in der Nähe der Wärmequelle. Ein flotter Wasserumlauf hat jedoch das Gute, daß der absplitternde Kesselstein sowie auch der Schlamm weitergeführt und unter Umständen an ungefährlichen Stellen abgelagert werden<sup>1)</sup>. Allerdings splittert nicht jeder Kesselstein ab. Mancher Stein ist so zäh, daß er bei Temperaturänderungen nachgibt. Ein derartig zäher Stein ist sehr schwer zu entfernen, insbesondere aus den Röhren von Wasserrohrkesseln.

Die Nachteile des Kesselsteins bestehen in der öfter notwendigen Reinigung des Kessels, in den durch denselben bedingten Betriebsstörungen und Reparaturen sowie in den Wärmeverlusten, die durch das öftere Außerbetriebsetzen entstehen. Sodann hat der Kesselstein Wärmestauungen in den Kesselblechen und damit schädliche Überhitzungen der Bleche zur Folge, was zu Ausbauchungen und Einbeulungen, unter Umständen auch zu Kesselexplosionen Veranlassung geben kann.

Selbst wenn jedoch keine gefährlichen Deformationen der Heizflächen eintreten, so können sich durch Kesselstein- oder Schlammablagerungen immerhin Undichtheiten an Nieten, Stehbolzen, Heizröhren, Stemmungen usw. einstellen. Auch Kanten- und Nietlochrisse können entstehen. Weiterhin werden durch Kesselstein und Schlamm die Speiseröhre, die Wasserstands- und Manometerrohre usw. verstopft und das Undichtwerden der Hähne und Ventile befördert. Auch ist es nicht ausgeschlossen, daß ein Mitreißen von Kesselstein und Schlamm in die Maschine stattfindet und dort zur vermehrten Abnutzung der gleitenden Teile beiträgt.

Dünne Kesselsteinschichten sind nicht nachteilig, sondern sogar oft erwünscht, da sie die Kesselwandung vor dem chemischen Angriff schädlicher Bestandteile des Speisewassers schützen. Ein Stein bis zur Stärke einer Eierschale auf den Feuerblechen und bis zu  $1\frac{1}{2}$  mm auf den vom Feuerherd entfernteren Teilen der Kesselwandung ist deshalb unbedenklich.

In wirtschaftlicher Hinsicht macht ein Kesselsteinbelag weit weniger aus als man gemeinhin annimmt<sup>2)</sup>. Solange die durchschnittliche Stärke des Kesselsteins über die ganze Heizfläche den Betrag von 5 mm nicht überschreitet, macht die Verminderung der Wärmeausnutzung im allgemeinen nicht mehr als 2—3% aus. Selbst bei

<sup>1)</sup> Befährt man einen ungereinigten Kessel, so kann man aus dem Ort und der Stärke der Ablagerungen Schlüsse auf den Wasserumlauf ziehen.

<sup>2)</sup> Kesselstein beeinträchtigt vor allem die Betriebssicherheit und Lebensdauer des Kessels.

einem Steinbelag von obiger Stärke und sehr geringer Wärmeleitfähigkeit dürfte der Einfluß auf die Wärmeausnutzung nicht mehr als 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> betragen. Die Wärmeausnutzung wird sonach durch einen Kesselstein von mittlerer Leitfähigkeit so wenig beeinflusst, daß es sich durch vergleichende Verdampfungsversuche gar nicht einwandfrei nachweisen läßt.

Ein Steinbelag von 5 mm im Mittel dürfte aber in geordneten Betrieben kaum überschritten werden. Wenn man noch berücksichtigt, daß sich die obigen Ziffern auf den Zustand des Kessels kurz vor der Reinigung beziehen, so beträgt der durchschnittliche Einfluß auf die Wärmeausnutzung, bezogen auf die ganze Betriebsdauer, nur die Hälfte, also etwa 1—2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Das naheliegendste Mittel zur Bekämpfung des Kesselsteins besteht in der Verwendung eines geeigneten Speisewassers. Da dies jedoch nicht überall möglich ist, so hilft man sich wohl auch damit, daß man den Kessel um so öfter reinigt, je kesselsteinhaltiger das Speisewasser ist. Die Länge der Reinigungsfristen hängt hierbei vom Kesselsystem, der Wasserbeschaffenheit und der Betriebsdauer ab. Auch ist hier von Einfluß, ob der Kessel täglich teilweise oder wöchentlich ganz abgelassen bzw. ausgewaschen wird.

Das Mittel der öfteren Reinigung ist mit Rücksicht auf die damit verbundene Betriebsstörung sowie die unvermeidlichen Wärmeverluste durch Ablassen des Kessels und Frisanheizen desselben für gewöhnlich nicht zu empfehlen. Bei größerer Härte des Speisewassers soll deshalb eine Wasserreinigung vorgesehen werden. Von welchem Härtegrad an eine Wasserreinigung notwendig ist, läßt sich jedoch nicht allgemein angeben, weil dies von dem Kesselsystem, von der Beschaffenheit des Wassers sowie von der Betriebsdauer und der Beanspruchung abhängt. Während z. B. Hochleistungs-Wasserrohrkessel nur mit ganz reinem Wasser (Turbinenkondensat) gespeist werden sollen, ist bei Flammrohrkesseln und Lokomobilkesseln mit ausziehbarem Röhrensystem im allgemeinen eine Wasserreinigung nicht unbedingt notwendig, wenn das Wasser weniger als 10—15 deutsche Härtegrade besitzt. Auch Wasserrohrkessel normaler Beanspruchung vertragen anstandslos bis zu 5—6 deutsche Härtegrade. Die geringste Härte vertragen Röhrenkessel, da dieselben noch schwerer zu reinigen sind als Wasserrohrkessel. Man sollte daher hier keinesfalls mehr als 5—6 deutsche Härtegrade zulassen.

Die Reinigung des Wassers kann inner- oder außerhalb des Kessels erfolgen. Meistens geschieht sie außerhalb, und zwar mittels Soda und Ätzkalk (oder Ätznatron), seltener nach dem Permutitverfahren.

Bei dem Kalk-Soda-Verfahren werden die Chemikalien dem Wasser vor seiner Einführung in den Kessel in einem meist kontinuierlich arbeitenden Apparat zugesetzt. Das Wasser sollte hierbei den Reinigungsapparaten mit einer Temperatur von etwa 60—70<sup>0</sup> C zugeführt werden, da bei höherer Temperatur die Ausfällung der

Kesselsteinbildner schneller und leichter erfolgt. Um die Art und Menge der zuzusetzenden Chemikalien zu bestimmen, ist es nötig, das Speisewasser chemisch zu untersuchen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Härtegrad der Oberflächenwässer (Flußwasser) je nach der Witterung innerhalb weiter Grenzen schwanken kann. Nach einem längeren Regen ist das Wasser unter Umständen bedeutend weicher als bei großer Trockenheit. Die Wasserreinigung erfordert deshalb eine sorgfältige Überwachung. Insbesondere ist auch darauf zu achten, daß kein wesentlicher Überschuß an Soda in das Speisewasser gelangt, da sonst die Kesselarmaturen angegriffen werden und das Wasser leicht aufschäumt und überkocht.

Das Permutit wird durch Zusammenschmelzen von Feldspat, Kaolin, Ton und Soda hergestellt. Durch das so entstandene körnige Material wird das Speisewasser filtriert, wobei die Kalzium- und Magnesiumsalze von dem Permutit aufgenommen werden. Die Filtriermasse wird durch Einwirkung einer Kochsalzlösung wieder regeneriert und kann dann immer wieder zum Filtrieren verwendet werden. Die Reaktion tritt hier auch bei kaltem Wasser ein und es wird kein Schlamm niedergeschlagen. Dagegen ist es als ein Nachteil des Verfahrens anzusehen, daß alle Säuren im Wasser bleiben und daß größere Mengen Soda in den Kessel gelangen.

Es existiert eine große Anzahl von Mitteln, die, dem Speisewasser zugesetzt, die Kesselsteinbildung verhindern sollen. Vor allen diesen sog. Geheimmitteln ist dringend zu warnen. Sie sind in der Regel ziemlich teuer und meist von geringem Nutzen, wenn nicht geradezu gefährlich, da sie ohne Rücksicht auf die Zusammensetzung des Wassers angewendet werden.

Innenanstriche von Dampfkesseln sind im allgemeinen zu vermeiden und nur dort anzuwenden, wo das Wasser bei geringer Härte korrosive Eigenschaften besitzt. Zu den Anstrichen, die nur dünn sein dürfen, ist etwa guter Asphaltlack, Leinölfirnis, Graphit und dergl. zu verwenden. Derartige Anstriche erleichtern das Ablösen des festen Kesselsteins.

In Fällen, in denen Kondensat gespeist werden kann, braucht nur das Zusatzwasser gereinigt zu werden. Da jedoch das Kondensat gewöhnlicher Kolbenmaschinen im Gegensatz zu demjenigen von Dampfturbinen ölhaltig ist, so kann es nicht ohne vorherige gründliche Reinigung verwendet werden. Ein Ölsatz im Dampfkessel erschwert den Wärmedurchgang in höherem Maße als ein Steinbelag. Zudem bilden sich bei Verwendung organischer Fette und Öle sog. Fettsäuren im Kessel, die Anfrassungen der Kesselwandung, namentlich in der Höhe des Wasserstandes, verursachen können. Mineralöle werden im Kessel nicht verändert.

Zur Entfernung des Öles aus dem Kondensat empfiehlt sich die gleichzeitige Anwendung eines ausreichend bemessenen Dampf- und eines Wasserentölers (Fig. 125 und 126 sowie 105). Man kann auf diese Weise ein Kondensat von solcher Reinheit bekommen, daß



bei dessen Verwendung die Kessel wesentlich reiner bleiben, als bei Speisung von enthärtetem Wasser. Mit den zurzeit bekannten Dampfentölern kann man den Ölgehalt auf etwa 10—15 g/1000 kg Dampf herunterbringen.

**Korrosionen.** Treten an den Kesselwandungen Korrosionen auf, so können diese auf das Speisewasser oder auf die im Wasser enthaltene Luft zurückzuführen sein. Luft ist nämlich in jedem Wasser in mehr oder weniger großer Menge enthalten. Luftkorrosionen, das sind Anrostungen, treten besonders häufig um die Öffnungen von Ablaßstutzen herum auf. Auch bei Kesseln, die längere Zeit außer Betrieb sind, kommen derartige Anrostungen vor. Unter Umständen können Luftkorrosionen auch durch fehlerhafte Konstruktion des Kessels verursacht sein. Letzteres trifft dort zu, wo die Möglichkeit zur Bildung von Luftsäcken im Wasserraum besteht.

Um Luftkorrosionen möglichst zu vermeiden, verwende man zum Speisen Kolbenpumpen oder Zentrifugalpumpen und keine Injektoren, da durch letztere beträchtliche Luftmengen in den Kessel gefördert werden. Auch mit Kolbenpumpen kann durch zu ausgiebige Anwendung des Schnüfelfels (bei unruhigem Pumpengang) viel Luft in den Kessel kommen; vgl. Abschn. 66.

Weitere Verhütungsmittel sind ein geeigneter Anstrich der Kesselwandung (vgl. oben) und möglichst hohe Vorwärmung (Entlüftung) des Speisewassers; wo das Wasser der Pumpe nicht zuläuft, ist auf gute Dichtigkeit der Saugleitung zu achten, um ein Einsaugen von Luft zu vermeiden.

Bezüglich des Speisewassers ist zu bemerken, daß dieses außer den bekannten Kesselsteinbildnern vielfach noch andere schädliche Bestandteile enthält, die sich bei der Verdampfung im Kessel teils verflüchtigen, teils ständig anreichern und die Kesselwandungen angreifen. So z. B. enthalten Speisewässer aus Bergwerken, Torfmooren, chemischen Fabriken und dergl. vielfach freie Säuren, die die Kesselwandungen angreifen und Korrosionen zur Folge haben. Solche schädliche Wirkungen auf die Kesselwandungen können auch entstehen,

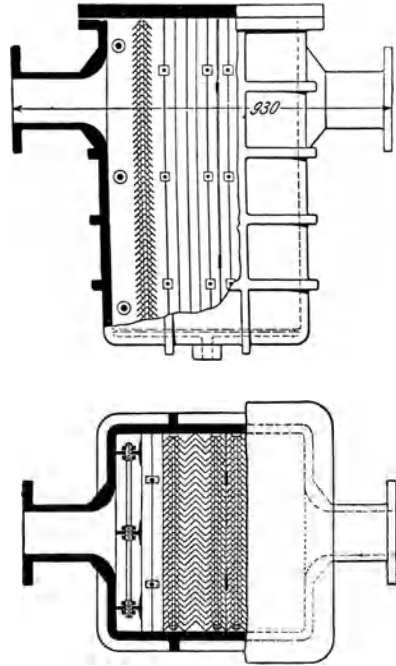


Fig. 125 und 126. Stoßkraftentöler zur Entölung des Abdampfes von Kolbenmaschinen.

wenn korrodierend wirkende Salze, wie z. B. die Chloride und Nitrate von Kalzium und Magnesium im Speisewasser enthalten sind. Diese Salze geben im Dampfkessel Anlaß zur Bildung von Salzsäure, Chlor und nitrosen Gasen, die auf Eisen korrodierend einwirken und zunächst die Kesselwandungen, in zweiter Linie aber auch den Überhitzer und die Rohrleitung angreifen.

Größere Mengen von Chloriden und Nitraten finden sich hauptsächlich in solchen Wässern, die mit den Zersetzungsprodukten tierischer und menschlicher Abfallstoffe beladen sind.

Korrosionen kamen auch schon bei solchen Kesseln vor, die mit Kondensat und mittels Kalk und Soda gereinigtem Zusatzwasser gespeist wurden. Die Korrosionen waren hier auf zu reichlichen Sodazusatz zurückzuführen.

Ein allgemeines Mittel gegen die schädlichen Bestandteile im Speisewasser gibt es nicht. In der Regel aber wird die nachteilige Wirkung derselben durch einen Zusatz von Soda aufgehoben, der von Fall zu Fall nach vorausgegangener Analyse des Wassers festzusetzen ist. Nicht selten hilft man sich gemäß oben auch dadurch, daß man einen dünnen Schutzbelag von Kesselstein sich bilden läßt.

Eine weitere Schutzmaßregel besteht darin, daß man wöchentlich einen Teil des Wasserinhaltes des Kessels ausbläst und alle 6 bis 8 Wochen, je nach der Beschaffenheit des Speisewassers und je nach der vom Kessel zu liefernden Dampfmenge, den Kessel ganz entleert, ausspült und ihn wieder mit frischem Wasser füllt. — Dies empfiehlt sich auch bei allen Reinigungsverfahren, bei denen Salze in Lösung gehen und sich im Kessel anreichern. Dadurch wird eine zu starke Anreicherung dieser Salze verhütet. — Die verschiedenen schädlichen Bestandteile bedürfen nämlich alle einer gewissen Konzentration, ehe sie die Fähigkeit erlangen, auf Eisen zerstörend einzuwirken. Man muß deshalb darauf bedacht sein, die Konzentration des Kesselwassers unter derjenigen Grenze zu halten, die diesen Salzen und Säuren die Fähigkeit verleiht, Eisen anzugreifen.

Auf alle Fälle ist dem Kesselbesitzer dringend anzuraten, ein unbekanntes Wasser vor seiner Verwendung zum Kesselspeisen chemisch untersuchen zu lassen, und zwar nicht nur auf seinen Gehalt an Kesselsteinbildnern, sondern auch auf seine sonstigen Bestandteile. Hierbei sollte jedoch eine Probe von mindestens 5 ltr gewählt werden, um eine erschöpfende quantitative Analyse zu ermöglichen.

Im vorstehenden war nur von Anfressungen auf der Wasserseite die Rede; es kommen aber auch Korrosionen auf der Feuerseite vor. Diese sind im allgemeinen bedenklicher als die ersteren. Rostungen auf der Feuerseite sind in der Regel auf Undichtheiten an Nietnähten und Flanschverbindungen zurückzuführen. Sie können aber auch durch schwitzende Kesselteile, die mit den Heizgasen, insbesondere mit schwefelhaltigen, in Berührung kommen, verursacht werden.

**Kesselexplosionen.** Diese sind meist auf Unachtsamkeiten des Bedienungspersonals zurückzuführen, während die Verwendung schlechten Speisewassers oder mangelhafte Konstruktion und schlechtes Material oder endlich Anrostungen der Kesselbleche weit seltener die Ursachen von Explosionen bilden<sup>1)</sup>.

Weitaus die meisten Explosionen sind auf Wassermangel zurückzuführen. — Wassermangel ist vielleicht zu etwa 90 % die Ursache aller Kesselexplosionen. — Sinkt beispielsweise infolge einer Verstopfung der Wasserstandsapparate oder infolge unrichtiger Stellung der Wasserstandshähne, infolge mangelhaften Funktionierens der Speisevorrichtung, infolge unzumutbarer und unübersichtlicher Einrichtung der Gesamtanlage oder infolge fahrlässiger Bedienung der Wasserstand im Kessel zu tief, so wird ein Teil der Heizwänden innen nicht mehr vom Wasser, sondern vom Dampf bespült. Da aber der letztere ein schlechter Wärmeleiter ist, so wird sich an den dampfberührten Stellen die Wärme stauen und die Kesselwandung eine unzulässige Erwärmung erfahren, die sich unter Umständen bis zur Weißglut steigern kann. Die Folge ist ein Weichwerden und Nachgeben des Blechs. Nach welcher Seite hin das Ausweichen des Materials eintritt, bestimmt der Dampfdruck, der seinerseits bestrebt ist, die eingetretene Unrundung zu vergrößern und dadurch unter Umständen einen Materialbruch und eine Explosion herbeizuführen.

Glücklicherweise hat bei den heutigen zähen Eisensorten nicht jede Deformation ein Reißen des Kesselblechs oder der Nietverbindungen zur Folge. Es kommt nicht selten vor, daß z. B. Flammrohre die weitgehendsten Formänderungen aushalten, ohne aufzureißen, ein Zeichen für die hervorragende Güte des verwendeten Materials. Dabei ist es erfahrungsgemäß nicht notwendig, daß die betroffenen Stellen im glühenden Zustand waren; es genügen vielmehr auch niedrigere Temperaturen zur Einleitung der Deformation.

Wenn infolge von Wassermangel die Wandungen eine Überhitzung erfahren und dadurch notgelitten haben, so ist es zweckmäßig, das Speisen zu unterlassen, da eine allenfalls eintretende Explosion um so verheerender ausfällt, je größer der Kesselinhalt ist. Der Heizer entfernt in diesem Fall besser das Feuer, öffnet Feuertür und Rauchschieber, damit die Dampfspannung sinkt und überläßt dann den Kessel sich selbst, indem er sich mit den anderen, in der Nähe beschäftigten Personen in die nötige Entfernung begibt.

Nächst dem Wassermangel bildet die Verwendung harten oder ölhaltigen Speisewassers die häufigste Ursache von Kesselexplosionen. Explosionen infolge zu hoher Dampfspannung sind nur bei großer Unachtsamkeit des Heizers denkbar, da jeder Kessel mit Manometer und Sicherheitsventil ausgerüstet ist. Wenn auch das Manometer — was bei den regelmäßig stattfindenden Revisionen nicht wohl anzu-

---

<sup>1)</sup> Über die Definition des Begriffes „Explosion“ findet sich näheres im Abschn. 117.

nehmen ist — defekt sein und falsch anzeigen sollte, so bleibt noch immer das Sicherheitsventil, welches bei Überschreiten der höchsten Spannung deutlich hörbar abzublasen beginnt. Der Kessel ist alsdann zu speisen, der Zug zu verringern und gegebenenfalls das Feuer vom Rost zu entfernen.

Naturgemäß können auch schlechte Konstruktion oder mangelhaftes Material die Veranlassung zu Explosionen bilden<sup>1)</sup>, desgleichen Verrostungen, Anfressungen und Altersschwäche. Auch zu stark forcierter Betrieb kann unter Umständen zu Kesselexplosionen führen, insbesondere bei Kesseln mit geringer Wasserbewegung.

Oft machen sich lange vor Eintritt von Kesselexplosionen Risse bemerkbar. Der Keim zur Entstehung von Rissen wird nicht selten bei der Herstellung der Kessel gelegt, entweder durch ungeeignete Behandlung des Bleches (Bearbeitung in der Blauhitzte) oder durch fehlerhafte Zusammenfügung oder Versteifung einzelner Kesselteile, unsachgemäßes Anrichten der Blechenden, unvorsichtiges Verstemmen der Nähte usw. Daneben kommen aber auch Risse infolge mangelhafter Wartung, Überanstrengung und dergl. vor. Auch die infolge langer Betriebszeit eintretende Verminderung der Zähigkeit des Bleches kann unter Umständen zu einer Ribbildung führen.

Daß Explosionen von Kesseln um so verheerender wirken, je größer deren Wasserinhalt ist, leuchtet ohne weiteres ein. Am günstigsten verhält sich in dieser Beziehung der Wasserrohrkessel. Das Aufreißen eines einzelnen Rohres hat hier keine explosionsartige Wirkung wie bei einem Großwasserraumkessel, sondern nur eine Entleerung des Kesselinhaltes zur Folge. Jedoch ist nicht zu verkennen, daß für das Leben der Bedienungsmannschaft dieselben Gefahren (durch Verbrühung) bestehen wie beim Großwasserraumkessel.

Rauchschwacher Feuerungsbetrieb. Das rauchschwache Arbeiten einer Feuerung wird aus zwei Gründen angestrebt, einmal vom wirtschaftlichen und sodann vom hygienischen Standpunkt aus. Der Rauch belästigt die Umgebung und hat einen unmittelbaren Wärmeverlust sowie ein Verrußen der Heizflächen zur Folge.

Hauptbedingungen für eine gute und rauchschwache Verbrennung sind genügende Luftzufuhr (gegebenenfalls auch Oberluft) und gute Mischung der Luft mit den Gasen sowie genügend hohe Temperatur im Verbrennungsraum bei ausreichender Größe des letzteren. Zur Erfüllung dieser Bedingungen bedarf es eines genügend starken Zuges, einer dem verwendeten Brennstoff angepaßten Feuerung, vor allem aber einer aufmerksamen und sachverständigen Bedienung. Insbe-

<sup>1)</sup> Diese Fälle sind heute verhältnismäßig selten, da es bei der scharfen Konkurrenz im eigensten Interesse jeder Firma gelegen ist, nur das Beste auf den Markt zu bringen. Zudem werden die Kessel bei ihrer Konzessionierung einer genauen Nachrechnung und Prüfung unterzogen, so daß Konstruktions- oder Ausführungsfehler schwerlich unentdeckt bleiben. Auch wird das Kesselbaumaterial vor seiner Verarbeitung daraufhin geprüft, ob es den gesetzlichen Vorschriften entspricht.

sondere ist darauf zu achten, daß die Beschickung eine möglichst gleichmäßige ist, am besten eine ununterbrochene wie bei den selbsttätigen Feuerungen, sowie daß die Brennstoffschicht auf dem Rost keine unzulässig hohe ist, da sonst die Luftzufuhr zu sehr beeinträchtigt wird. Im übrigen hängt die Schichthöhe von verschiedenen Faktoren ab, von der Korngröße und dem Gasgehalt des Brennstoffs sowie von der Zugstärke. Ein feinkörniger Brennstoff bedingt kleinere, ein grobkörniger dagegen größere Schichthöhe. Im normalen Betrieb soll die Schichthöhe sowie der Zug der Belastung entsprechend eingestellt werden; bei forciertem Betrieb hingegen kann es vorkommen, daß die höchstzulässige Schichthöhe überschritten wird und daß alsdann der Schornstein raucht.

Vollständig vermeiden läßt sich die Rauchentwicklung auch bei der besten rauchverzehrenden Feuerung nicht, es sei denn, daß man nur gasarme Brennstoffe, wie Anthrazit, Koks und Holzkohle verfeuert, oder daß man eine Gasfeuerung anwendet. Denn es liegt in der Natur jeder technischen Anlage, daß sie Schwankungen in ihrer Leistung, wie sie durch die Art des Betriebes, die Konjunktur usw. bedingt sind, unterworfen ist. Es läßt sich nicht immer gerade derjenige Zustand aufrecht erhalten, der vom Standpunkt der rauchfreien Verbrennung aus der günstigste wäre. Um jedoch die Rauchbelastung für die Umgebung einer Kesselanlage nach Möglichkeit zu verringern, wird in vielen Städten eine Mindesthöhe des Schornsteins von 35—40 m vorgeschrieben.

Im übrigen ist darauf hinzuweisen, daß ein schwaches Rauchen des Schornsteins in wirtschaftlicher Hinsicht meist günstiger ist als gänzliche Rauchlosigkeit; denn im letzteren Fall besteht die Gefahr, daß mit einem zu großen Luftüberschuß gearbeitet wird.

Die Aschenbeseitigung aus den Kammern und Zügen des Kessels sowie aus dem Fuchs geschieht in der Regel von Hand. Dieses Verfahren der Aschenentfernung aus den engen Feuerzügen ist ziemlich mühsam und unhygienisch. Demgegenüber bietet das Absaugen der Asche mittels einer rotierenden, durch Elektromotor angetriebenen Saugpumpe mannigfache Vorteile; das Arbeiten ist sauberer, da keine Staubwolken entstehen; außerdem kann die Aschenabsaugung ohne Betriebsstörung während des Arbeitens der Anlage erfolgen. Die mechanische Absaugung wird deshalb insbesondere für solche Anlagen in Betracht kommen, die mit einem geringwertigen, viel Flugasche bildenden Brennstoff arbeiten, vor allem für Müllverbrennungsanstalten.

### Betriebsregeln für Dampfkessel<sup>1)</sup>.

1. Das Kesselhaus ist stets sauber, in bester Ordnung und frei zu halten von allem, was nicht hineingehört. Der Kesselwärter

<sup>1)</sup> Es existieren zahlreiche Vorschriften; die hier abgedruckten gelten für Bayern gemäß Min.-Bek. vom 12. Januar 1910 (Gesetz- und Verordnungsblatt für das Königreich Bayern 1910, S. 33).

hat dafür zu sorgen, daß Unbefugte nicht in das Kesselhaus eintreten und dort verweilen.

2. Während des Betriebs und so lange Feuer auf dem Roste ist, darf der Kessel niemals ohne Aufsicht gelassen werden. Das Decken des Feuers nach Beendigung des Betriebs ist nur gestattet, wenn der Kessel unter Aufsicht bleibt.

3. Sämtliche Ausrüstungsteile des Kessels sind rein und gangbar zu erhalten und bei jedem Kaltlegen sorgfältig nachzusehen. Insbesondere sind die Wasserstands-, Manometer- und Speiseröhre innen gründlich zu reinigen.

4. Feuerbedienung. Die ganze Rostfläche ist stets mit Brennstoff, aber nicht zu hoch bedeckt zu halten. Das Heizen soll rasch und bei mehreren Feuerungen abwechselnd geschehen. Die Vermeidung von Rauch ist mit allen Mitteln anzustreben. Vor dem Öffnen der Feuertüre ist der Kaminschieber so weit als möglich zu schließen. Rostspalten und Aschenfall sind fleißig zu reinigen.

5. Der Wasserstand ist stets auf möglichst gleicher Höhe zu erhalten und darf niemals unter die gesetzliche Wasserstandsmarke herabsinken.

6. Die Wasserstandszeiger (Gläser, Probierhähne und Schwimmer) sind täglich mehrmals zu probieren und stets gangbar zu erhalten. Jede Verstopfung in ihnen ist sofort zu beseitigen; ist dies unmöglich, so muß das Feuer gelöscht und der Kessel kalt gelegt werden. Das Feststellen der Hähne ist streng verboten. Vor längeren Betriebspausen, während deren die Kesselanlage unter Druck ohne Aufsicht gelassen wird, sind die Hähne der Wasserstandsanzeiger zu schließen.

7. Vor dem Anheizen (Feuermachen) muß der Wasserstand geprüft, d. h. es müssen die Hähne geöffnet werden, wenn das Wasser im Glase auch über der Marke steht. Steht das Wasser tiefer wie 2 cm unter der Marke, so darf unter keinen Umständen geheizt werden.

8. Die Speisevorrichtungen sind abwechselnd zu benützen, um ihrer steten Gangbarkeit sicher zu sein. Geraten sie in Unordnung, so ist das Feuer zu löschen und der Betrieb des Kessels einzustellen. Jede in Unordnung geratene Speisevorrichtung ist ohne Verzug instand zu setzen.

9. Das selbsttätige Speiseventil (Rückschlagventil) am Kessel darf nie geöffnet werden, wenn nicht der vor dem Ventil sitzende Hahn oder das Absperrventil geschlossen ist. Das Öffnen muß immer vorsichtig geschehen.

10. Der Dampfdruck darf nie ein höherer werden, als die gesetzliche Marke am Manometer anzeigt.

11. Das Manometer ist stets zu beobachten. Hierbei ist darauf zu sehen, ob es noch regelmäßig geht, insbesondere, ob sein Zeiger noch auf den Nullpunkt zurückgeht; andernfalls ist es sofort instand zu setzen.

12. Die Sicherheitsventile sind täglich vorsichtig zu lüften und stets in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. Jede eigenmächtige Änderung der Ventile oder ihrer Belastung, insbesondere jede Überlastung und Unwirksammachung ist strengstens verboten.

13. Ventile und Hähne sind stets langsam zu öffnen und vorsichtig zu schließen.

14. Steigt der Dampfdruck zu hoch, so ist das Feuer zu dämpfen, der Zug zu beschränken, der Kessel zu speisen und nachzusehen, ob die Sicherheitsventile in Ordnung sind, damit der überschüssige Dampf entweichen kann. Ist eine Dampfableitung vorhanden, so ist sie zu öffnen bis die Dampfspannung wieder auf die genehmigte Höhe gesunken ist.

15. Schäumt das Wasser, so ist der Kessel mit frischem Wasser zu speisen, das überflüssige Wasser vorsichtig abzublasen und das Feuer zu dämpfen, bis sich das Wasser beruhigt hat.

16. Fällt das Wasser rasch unter die Wasserstandsmarke, oder ist es durch Nachlässigkeit so tief gesunken, daß sein Stand nicht mehr mit Sicherheit erkannt werden kann, oder zeigen sich starke Undichtheiten, ein Erglühen oder Formveränderungen (Beulen, Risse) an Kesselwandungen, so darf unter keinen Umständen gespeist werden. Vielmehr sind sofort das Feuer zu löschen, der Kaminschieber zu öffnen, die Dampfventile zu schließen und der Vorgesetzte zu benachrichtigen. Das Ablassen von Dampf darf nur langsam geschehen. Der Kessel muß genau untersucht und darf nicht eher wieder gespeist werden, als bis Kessel und Mauerwerk gehörig abgekühlt sind.

17. Vor jedem Stillstande des Kessels und, wenn irgend tunlich, während des Stillstandes ist der Kessel über den gewöhnlichen Wasserstand zu speisen, das Feuer zu dämpfen und der Zug zu beschränken. Vor längerem Stillstand und am Schlusse der Arbeitszeit ist das Feuer ganz zu löschen und der Kaminschieber vollständig zu schließen.

18. Beim Schichtwechsel, sowie vor und nach jedem Stillstande des Kessels, hat sich der Heizer von dem ordnungsmäßigen Zustande der Anlage und namentlich aller Ausrüstungsteile zu überzeugen. Nach jeder Reinigung hat der Heizer oder eine andere geeignete Person den Kessel und seine Feuerzüge zu befahren und dabei genau zu untersuchen.

19. Das gänzliche Ablassen eines Kessels darf nur geschehen, wenn das Feuer gelöscht, durch Öffnen des Kaminschiebers das Mauerwerk abgekühlt und der Dampfdruck unter eine Atmosphäre gesunken ist. Das Ablassen darf niemals beim Schichtwechsel und nur unter Aufsicht eines Sachverständigen vorgenommen werden.

20. Teilweises Ablassen des Wassers bis zur Wasserstandsmarke ist bei Kesseln, die viel Schlamm absetzen oder schwierig zu reinigen sind, z. B. bei allen Rohrkesseln, möglichst häufig nach längerem Stillstande, bei Kesseln, die über Nacht still liegen, jeden

Morgen vor dem Anheizen vorzunehmen, nachdem abends vor dem Abstellen überschüssiges Wasser in den Kessel gepumpt worden ist. Abgesehen hiervon ist die Entnahme von Wasser aus dem in Betrieb befindlichen Kessel unstatthaft.

21. Schlammiges Wasser ist möglichst oft durch gänzlich ablassen zu entfernen; außerdem soll dies nach längerem Stillstande des Kessels durch vorsichtiges teilweises ablassen bis zur gesetzlichen Wasserstandsmarke geschehen.

22. Das Füllen der Kessel mit frischem Wasser darf nur geschehen, wenn Kessel und Mauerwerk gehörig abgekühlt sind. Den leeren Kessel mit kaltem Wasser abzukühlen ist untersagt.

23. Züge und Kesselwandungen müssen so oft als möglich gründlich von Asche und Ruß gereinigt werden.

24. Der Kesselstein muß überall gründlich und mit nicht zu scharfen Werkzeugen abgeklopft werden. Hierbei sind jedoch heftige Schläge namentlich an den Nieten und Fugen zu vermeiden. Schlamm ist durch Abkratzen und Auswaschen zu entfernen. Ohne ausdrücklichen Auftrag der Vorgesetzten dürfen dem Kesselspeisewasser keine Zusätze, besonders keine „Geheimmittel gegen Kesselstein“ beigemischt werden. Vor Beginn der Reinigung müssen etwa nebenan gelegene und in Betrieb stehende Kessel in allen Leitungen durch Blindflanschen oder durch Herausnahme von Leitungszwischenstücken sichtbar abgesperrt werden. Anstrichmassen, die leichtflüchtige, gesundheitsschädliche oder brennbare Stoffe enthalten (Teeröle, Mineralöle und dergl.), dann gewöhnlicher Steinkohlenteer sollen zum Anstreichen des Kessellinnern nicht benützt werden. Die dem Feuer benachbarten Kesselwandungen betriebener Kessel dürfen niemals einen Anstrich auf der Wasserseite erhalten.

25. Undichtheiten und sonstige Schäden an Kessel, Ausrüstung oder Mauerwerk sind sofort dem Vorgesetzten anzuzeigen und durch Sachverständige zu beseitigen.

26. Vor Leckwasser und ausströmenden Dämpfen sind alle Teile des Kessels sowie seine Einmauerung sorgfältig zu schützen.

27. Außer Betrieb stehende Kessel sind im Winter durch vollständige Entleerung auch der Rohrleitungen vor Einfrieren zu schützen.

28. Den Dampfkesselbesitzern ist es anheimgegeben, weitergehende Sicherheitsvorschriften zu erteilen.

## 95. Betrieb von Kolbendampfmaschinen.

Nachdem die Maschine aufgestellt ist, muß dafür gesorgt werden, daß die Frischdampfleitung mit Dampf gereinigt, d. h. gründlich ausgeblasen wird.

Das Anlassen der Maschine darf erst stattfinden, nachdem die Dampfleitung und die Maschine ausreichend angewärmt und ent-



wässert wurden. Bei ungenügender Anwärmung und Entwässerung können Wasserschläge eintreten, die sowohl Rohrleitungs- als auch Maschinendefekte nach sich ziehen können. Dies ist besonders zu beachten, da gerade Wasserschläge die am häufigsten bei Dampfmaschinen vorkommenden Betriebschäden sind.

Während des Anwärmens der Rohrleitung bleibt das Absperrventil vor der Maschine geschlossen.

Der Maschinist überzeuge sich zunächst davon, ob die Dampfkessel in Ordnung sind und öffne dann langsam und wenig das Dampfventil am Kessel bzw. Überhitzer, damit sich die Rohrleitung allmählich anwärmt. Das in der Leitung entstehende Kondenswasser fließt durch das offen zu haltende Ausblaseventil am Wasserabscheider ab. Je weiter nun allmählich das Kesselventil geöffnet wird, um so mehr kann das Ausblaseventil am Wasserabscheider geschlossen werden. Ganz abgesperrt soll letzteres jedoch erst nach dem Anlaufen der Maschine werden. Der am Wasserabscheider befindliche Kondensstopf bewirkt dann die Entwässerung selbsttätig.

Vor Beginn des Anwärmens der Maschine müssen sämtliche Zylinderschlammhähne geöffnet werden, damit das Kondenswasser, das in die Maschine gekommen ist oder sich dort gebildet hat, abfließen kann.

Das Anwärmen der Maschine geschieht meist durch direktes Dampfgeben in die Zylinder in der Weise, daß man sie mit Hilfe der Drehvorrichtung auf Totpunkt stellt und das Absperrventil der Maschine vorsichtig ein wenig öffnet. — Bei Zweifachexpansionsmaschinen halte man die Auslaßventile des Hochdruckzylinders durch Unterschieben eines Holzkeils offen, damit der Dampf auch in den Niederdruckzylinder gelangt. — Nach einiger Zeit stelle man die Maschine auf den andern Totpunkt und wärme die andere Zylinderseite in gleicher Weise vor. Nachdem man so etwa eine Viertelstunde lang angewärmt hat, läßt man die Maschine anlaufen, wobei man jedoch mit der Umdrehungszahl ganz allmählich in die Höhe gehen soll.

Um zu verhüten, daß beim Anwärmen durch unvorsichtiges Öffnen des Absperrventils zuviel Dampf in die Maschine gelangt und so das Anwärmen zu plötzlich vor sich geht, ordnet man auch besondere, vor dem Absperrventil abzweigende kleine Heizleitungen an. Es genügt hierbei, den Heißdampf in die beiden Hochdruckzylinderseiten einzuführen. Er gelangt dann von selbst durch das eine Auslaßventil des Hochdruckzylinders in den Receiver und von da in den Mantel des Niederdruckzylinders bzw. in die eine Niederdruckzylinderseite. Dies genügt für gewöhnlich. Will man den Dampf auch in die andere Niederdruckzylinderseite leiten, so halte man das betreffende Einlaßventil des Niederdruckzylinders durch Unterschieben eines Holzkeils offen. Durch Anordnung solcher besonderer Heizleitungen wird das bei großen Maschinen etwas unbequeme Einstellen auf Totpunkt vermieden.

Das tägliche Anwärmen einschließlich der allmählichen Tourensteigerung dauert, auch bei großen Maschinen, nicht länger als etwa 20 Minuten. Wird die Maschine nach längerem Stillstand aus dem gänzlich kalten Zustand angelassen, so muß man unter Umständen 2—3 Stunden und mehr anwärmen, je nach der Maschinengröße und der Dampftemperatur.

Vor der Inbetriebsetzung der Maschine sind alsdann noch sämtliche Öler zu prüfen. Auch hat man sich davon zu überzeugen, daß die Kondenswasserableiter ordnungsgemäß arbeiten und nicht etwa, wie dies bei neuen Anlagen vorkommen kann, mit Sand und Zunder verstopft sind. Derartige Verstopfungen können unter Umständen Wasserschläge zur Folge haben. Auch während des Betriebes hat man von Zeit zu Zeit das richtige Arbeiten der Kondenswasserableiter zu kontrollieren. Die Apparate arbeiten richtig, wenn sie das Wasser stoßweise entleeren, ohne daß Dampf ausströmt. Ist dies nicht der Fall, so sind die Ventile zu reinigen oder nachzuschleifen, oder es müssen die Töpfe selbst einer Reinigung unterzogen werden.

Nach gegebenem Zeichen zur Ingangsetzung wird zuerst das Absperrventil an der Maschine so viel geöffnet, daß diese langsam in Bewegung kommt. Gleichzeitig muß auch der Einspritzhahn am Kondensator ein wenig geöffnet werden, damit die Luftpumpe Wasser hat, wenn der Dampf in größerer Menge in dieselbe eintritt. Bei zu spätem Öffnen des Einspritzhahns würde der Fall eintreten, daß durch den Dampf die aus Gummi bestehenden Luftpumpenklappen oder Ventile verbrennen.

Das Absperrventil an der Maschine wird sodann nach und nach immer mehr geöffnet, bis der Regulator zu spielen beginnt und die Maschine ihre richtige Geschwindigkeit erreicht hat. Alsdann wird der Einspritzhahn in seine normale Stellung gebracht.

Wird beim Anlassen der Einspritzhahn zuviel geöffnet, so besteht die Gefahr von Wasserschlägen im Niederdruckzylinder, da bei geringer Umdrehungszahl der Maschine mehr Wasser in den Kondensator eingesaugt wird als die Luftpumpe wegschaffen kann.

Die Schlammhahnen an den Zylindern werden erst geschlossen, nachdem die Maschine 3—4 Umdrehungen gemacht hat. Dies gilt insbesondere für den Niederdruckzylinder, der sich mit Wasser aus der Kondensation füllen könnte, solange er noch keinen Dampf erhalten hat. Ebenso wird das Ausblaseventil am Wasserabscheider erst nach dem Anlaufen der Maschine ganz geschlossen. Die Ablasshahnen der Rohrleitung werden nach Ingangsetzen der Maschine abgesperrt. Etwa behufs Durchblasens geöffnete Kondenswasserableiter werden so einreguliert, daß das Wasser stoßweise entleert wird. Treten Stöße oder Schläge in dem Zylinder ein, so öffne man sofort die zugehörigen Kondenswasserableiter.

Während des Betriebes hat man sich davon zu überzeugen, daß die Schmierung sämtlicher gleitenden Teile eine ausreichende

ist und daß nirgends ein Warmlaufen stattfindet. Insbesondere der Regulator ist sehr sorgfältig zu warten, damit er bei Belastungsschwankungen sicher und präzise funktioniert. Die Zapfen des Reglers müssen daher stets gut geschmiert und in bestem Zustand sein.

Die Sicherheitsventile an den Dampfzylindern und in der Speiseleitung sind zeitweilig durchzublasen, damit sie sich nicht festsetzen oder verstopfen können.

Von Wichtigkeit für einen störungsfreien Betrieb ist die Verwendung eines guten Zylinderöls zur Schmierung des Arbeitszylinders. Das Öl muß um so sorgfältiger ausgewählt werden, je höher die Dampfüberhitzung ist. Denn es wäre natürlich unwirtschaftlich, sich mit der Höhe der Überhitzung nach dem Schmieröl zu richten.

Die Eintrittsspannung muß stets auf der vorgeschriebenen Höhe erhalten werden. Das Absperrventil an der Maschine muß stets voll geöffnet bleiben, damit der volle Dampfdruck zur Wirkung kommt. Für den Dampfverbrauch der Maschine ist es nämlich am günstigsten, wenn eine gleichmäßige Dampfspannung gehalten wird; es soll keinesfalls bei schwacher Belastung mit geringerer Dampfspannung gefahren werden, sondern vielmehr mit geringerer Füllung; letztere wird selbsttätig vom Regulator eingestellt.

Bei einer neuen Maschine ist anfangs besonders reichlich zu schmieren. Alle reibenden Teile, besonders Kurbellager, Kurbelzapfen, Geradföhrung, Kreuzkopf, Steuerungsteile, Regulator sind sorgfältig zu beobachten, damit allenfalls erforderliche Nachhilfe rechtzeitig möglich ist.

Die Schmierung der Dampfzylinder muß mit ganz besonderer Sorgfalt überwacht werden. Die Antriebsteile der Ölpumpen sind in gutem Zustand zu erhalten und das Schaltwerk ist genau nach dem jeweiligen Ölbedarf einzustellen. Es ist darauf zu achten, daß sich die Schmierröhrchen nicht verstopfen; gegebenenfalls Ausblasen derselben und der Ölpumpe mit Dampf, nach Herausnahme der Rückschlagventilchen an den Einlaßventilkästen. Wenn nötig, sind die Rückschlagventilchen nachzuschleifen.

Die Zylinder sind nur dann ausreichend geschmiert, wenn während des Ganges der Maschine die Kolbenstangen einen leichten, frischen Fetthauch zeigen. Der Maschinist hat sich deshalb öfters durch Anfühlen der Kolbenstange zu überzeugen, ob dies der Fall ist. Wenn den Zylinderstopfbüchsen Öl unter Druck zugeführt wird, also kein äußeres Anzeichen für die ausreichende Zylinderschmierung gegeben ist, so hat der Maschinist um so sorgfältiger das Arbeiten der Ölpumpen zu überwachen.

Ist das Vakuum zu niedrig oder die Luftpumpe ungewöhnlich warm, so muß die Ursache sofort ermittelt und allenfallsigen Undichtheiten abgeholfen werden; solche können an den Kolben, den Ventilen, Stopfbüchsen, Flanschen oder anderen Dichtungen vorhanden sein. Wird das Vakuum nicht besser, so ist die Luftpumpe nachzusehen und zu untersuchen, ob die Einspritzdüse nicht teil-

weise verstopft ist und ob die Luftpumpenklappen undicht, verbogen oder hängen geblieben sind. Gegebenenfalls hat eine Auswechslung stattzufinden.

Besonders bei Gleichstrom-Dampfmaschinen muß man wegen des großen Kompressionsweges auf ein möglichst hohes Vakuum und eine vollkommene Übertragung desselben in das Zylinderinnere bedacht sein, da andernfalls zu hohe Kompressionsdrücke entstehen.

Wenn durch starke Absenkung des Wasserspiegels im Einspritzwasserschacht oder durch Rohrbruch ein plötzliches Umschlagen bzw. Abreißen des Vakuums eintritt, so ist die Maschine sofort abzustellen.

Beim Abstellen muß die Maschine allmählich entlastet werden; man öffne das Ausblaseventil des Wasserabscheiders und schließe das Absperrventil vor der Maschine langsam, nachdem vorher der Einspritzhahn gedrosselt wurde. Unmittelbar vor Stillstand der Maschine muß der Einspritzhahn ganz geschlossen werden; dies ist besonders zu beachten, da sonst der Niederdruckzylinder infolge der Luftleere mit Wasser angefüllt würde. Zuletzt werden die Schlammhähnen an den Zylindern, die Receiver-Ausblaseventile, falls solche vorhanden sind, sowie alle Kondensationswasser-Ablahnhähnen geöffnet; dieselben müssen bis zur Wiederingangsetzung der Maschine offen bleiben. Die Öltropfapparate sind gleich nach dem Stillsetzen der Maschine zu schließen.

Über Mittag wird in der Regel nur das Absperrventil an der Maschine und das Absperrventil der Hauptdampfzuleitung geschlossen; abends muß auch das Dampfventil am Kessel geschlossen werden, und zwar zuerst, damit in der Leitung zwischen Kessel und Maschine kein Dampf verbleibt, der sich über Nacht kondensieren würde.

Ist die Maschine nicht in ihrer Anlaßstellung stehen geblieben, so muß sie mittels des Schaltwerks in die Anlaßstellung gebracht werden.

Ehe die Maschine wieder in Gang gesetzt wird, hat sie der Maschinist einmal vollkommen durchzudrehen, und darauf zu achten, daß an den Triebwerksteilen oder in deren Nähe keine Fremdkörper, wie Schraubenschlüssel, Putzwolle usw. zurückbleiben, da hierdurch schwere Beschädigungen der Maschine verursacht werden können. Dasselbe hat auch nach jedem Nachstellen von Lagern, Öffnen der Zylinder, überhaupt nach jeder vorgenommenen Arbeit an der Maschine zu geschehen.

Die Dampfzylinder sollen von Zeit zu Zeit, am Anfang öfter, geöffnet und daraufhin untersucht werden, ob sie in gutem Zustand sind, d. h. ob sie eine Spiegelfläche zeigen, sowie ob die Dampfkolben und die Ventile gut schließen.

Brummen des Kolbens sowie Klopfen oder Schlagen der Kolbenringe wird in der Regel dadurch verursacht, daß der Dampfzylinder infolge vernachlässigter Schmierung oder ungeeigneten Öles, das sich

besonders bei hohen Temperaturen im Zylinder zersetzt, rau und verdorben wurde. Der Zylinder kann durch reichliches Schmieren und schwach spannende Kolbenringe nach und nach wieder glatt gebracht werden.

Macht sich im Zylinder ein Klatschen bemerkbar, so sind sofort die Schlammhähne zur Entfernung des Kondenswassers zu öffnen. Treten plötzlich heftige Stöße im Zylinder auf, so ist die Maschine sofort abzustellen und der Zylinder zu öffnen, damit sich der Maschinist überzeugen kann, worin der Grund der Störung liegt.

Wenn die Ventile undicht sind, so müssen sie rechtzeitig nachgeschliffen werden; denn wenn die Sitzflächen einmal rau sind, so werden sie bald ausgefressen. Undichtheit der Ventile wird durch Dampfprobe bei abgestellter Maschine ermittelt; letztere wird auf den Totpunkt gestellt, die Indikatorhahnen sowie die Luftpumpe geöffnet oder das Wechselventil auf Auspuff gestellt.

Die Kolben der Luftpumpe und besonders deren Gummiklappen sind von Zeit zu Zeit nachzusehen; bei schadhafte Klappen, oder wenn sich diese an den Wandungen der Pumpe klemmen, kann es vorkommen, daß das Einspritzwasser direkt in den Dampfzylinder gesaugt wird, wodurch große Schäden verursacht werden können; es sind deshalb schadhafte und verbrannte Klappen rechtzeitig auszuwechseln. Von besonderem Einfluß auf das gute Arbeiten der Luftpumpe sind die Druckklappen.

Die Einspritzleitung muß während des Stillstandes der Maschine voll Wasser bleiben; das Rückfallventil im Saugkorb muß deshalb dicht schließen. Der Seiher der Einspritzleitung sowie die Kondensatorbrause sind rein zu halten; dies ist besonders bei großer Saughöhe oder bei Verwendung von Flußwasser zu beachten.

Alle Flanschen an Maschine und Rohrleitungen müssen stets gut dicht halten. Vor Herstellung neuer Dichtungen müssen die Dichtungsflächen sauber gereinigt und abgeschabt werden. Die neu hergestellten Dichtungen müssen nach einiger Zeit nachgezogen werden.

Soll eine für Kondensation bestimmte Maschine mit Auspuff arbeiten, so ist zu beachten, daß bei längerem Arbeiten mit Auspuff die Treibstange der Luftpumpe auszuhängen und durch Umschalten des Wechselventils die Verbindung der Abdampfleitung mit der Auspuffleitung herzustellen ist. Das Wechselventil soll nur bei stillstehender Maschine geöffnet oder geschlossen werden; auch soll man es öfters auf Dichtheit prüfen.

Bei zeitweiligem Arbeiten mit Auspuff, überhaupt dann, wenn es nicht zugänglich ist, die Luftpumpe abzuhängen, sollen die Schnüffelventile völlig geöffnet werden und der Einspritzhahn nur so weit offen sein, als zur Kühlung des Kolbens Wasser verbraucht wird.

Speziell bei Gleichstrommaschinen ist es mit Rücksicht auf die große Kompression notwendig, daß beim Übergang vom Kondensations- zum Auspuffbetrieb ein größerer schädlicher Raum selbst-

tätig oder von Hand zugeschaltet wird. Ein Zuschaltraum ist hier schon mit Rücksicht auf das Anlassen der Maschine erforderlich.

Ist die Maschine mit verstellbaren Auslaßexzentern am Niederdruckzylinder versehen, so werden diese durch entsprechendes Verdrehen auf kleinere Kompression eingestellt. Sind die Auslaßexzenter auf Verstellung nicht eingerichtet, so kann der Betrieb ohne Kondensation nur auf kurze Zeit aufrecht erhalten werden. Bei voraussichtlich längerem Stillstand der Kondensation ist es zu empfehlen, die Auslaßexzenter durch solche von geringerer Kompression zu ersetzen.

Wird die Maschine längere Zeit außer Betrieb gesetzt, so müssen die Zylinder durch starke Ölzufuhr kurz vor dem Abstellen reichlich geschmiert und die Stopfbüchspackungen allenfalls ausgebaut und gut gereinigt aufbewahrt werden. Die Zylinderdeckel sind gegebenenfalls loszunehmen, damit das sich bildende Kondensationswasser verdunsten kann. Ferner ist darauf zu achten, daß die Kolbenstangen nicht durch Rosten angegriffen werden.

## 96. Betrieb von Dampflokomobilen.

Da die Ausführungen über Kesselanlagen und Kolbendampfmaschinen sinngemäß auch hier Geltung haben, so ist für Lokomobilen nur noch wenig hinzuzufügen.

Die Lokomobile darf, ebenso wie eine Dampfkesselanlage, erst nach erfolgter Abnahmeprüfung seitens der zuständigen Behörde in Betrieb genommen werden.

Bei frisch angeheiztem Kessel ziehe man die Muttern des Rohrsystems an der Stirnwand und in der Rauchkammer öfters gleichmäßig nach, auch während des Anheizens. Außerdem lasse man mittels des Ablaßhahns die unteren kalten Wasserschichten im Kessel ab, da dieser sonst leicht leckt; vorher muß jedoch über den höchsten Wasserstand aufgespeist werden.

Beim Abstellen der Lokomobile ist zu beachten, daß die Siederohre und der Überhitzer von Ruß abzublasen sind, und zwar der Überhitzer kurz vor dem Abstellen der Maschine, wenn diese nur noch wenig belastet ist. Zum Abrußen genügen wenige Sekunden. Hierbei ist das Abblaseventil langsam zu öffnen, die Aschenklappe zu schließen, die Kaminklappe hingegen offen zu halten. Zu vermeiden ist es, den Überhitzer bei voller Belastung oder mit Naßdampf abzurußen.

Auch bei ganz reinem Wasser oder bei Wasserreinigung muß der Kessel wenigstens zweimal im Jahre ausgezogen und im Innern gründlich gereinigt und revidiert werden. Zur ersten Reinigung und genauen Unterweisung empfiehlt es sich, einen Kesselmonteur der Lieferantin kommen zu lassen.

Bei längeren Betriebseinstellungen ist der Kessel ganz abzulassen und das Mannloch in noch warmem Zustande zu öffnen, damit der

Kessel austrocknen kann; gleichzeitig sind die Schraubenmuttern des Rohrsystems zu lösen und dieses selbst etwas herauszuheben; auch ist es zweckmäßig, das Rohrsystem ganz auszuziehen und ebenso wie das Kesselinnere zu reinigen.

## 97. Betrieb von Dampfturbinen.

Die Dampfzuleitung zur Turbine muß mit zuverlässig wirkenden Apparaten entwässert werden. Wasserschläge in der Turbine dürfen keinesfalls vorkommen. Nasser oder unreiner Dampf trägt zu vermehrter Schaufelabnutzung bei.

Das Kühlwasser für Kondensation und Ölkühlung muß frei von groben Verunreinigungen sein. Bei trübem schlammhaltigen Kühlwasser sind Kondensator, Ölkühler und die Kühlmäntel der Luftpumpe in angemessenen Zeiträumen durch Ausspülen mit Druckwasser zu reinigen.

Von Zeit zu Zeit hat eine sorgfältige Prüfung des Schmieröls in bezug auf seine gute Beschaffenheit stattzufinden. Die Verschlechterung des Öles macht sich durch Steigen von dessen Ablauftemperatur bemerkbar. Nach je etwa 3000 Betriebsstunden sind Ölbehälter, Ölkühler und Lagerschalen gründlich zu reinigen; ferner müssen gleichzeitig die Ölleitungen mit Dampf ausgeblasen werden. Vor der Wiederinbetriebnahme ist zu prüfen, ob das Öl zu allen Lagern gelangt.

Vor dem Anlassen von Kondensationsturbinen ist Frischdampf auf die Wellendichtungen (Hoch- und Niederdruckstopfbüchse) zu geben, und zwar ist der Dampfzutritt so einzustellen, daß an den Wellendichtungen etwas Dampf sichtbar austritt.

Vor der Inbetriebsetzung ist außer der Dampfzuleitung auch das Turbinengehäuse durch Öffnen des Entwässerungsventils zu entwässern und die Hilfsölpumpe anzulassen. Sobald sich der Maschinist überzeugt hat, daß aus sämtlichen Lagern gleichmäßig Öl abfließt, kann durch vorsichtiges Öffnen des Dampfeinlaßventils das Anlaufen der Turbine erfolgen.

Die Turbine soll anfangs nur geringe Umdrehungszahl machen; zu diesem Zweck ist sofort nach dem Anlaufen der Dampfzutritt wieder zu drosseln. War die Turbine vollständig kalt, so soll sie etwa 3—5 Minuten mit niedriger Umdrehungszahl laufen, damit Räder und Welle gleichmäßig warm werden. Daraufhin ist durch allmähliches Öffnen des Dampfeinlaßventils die Turbine langsam auf normale Umdrehungszahl zu bringen.

Sobald das Öldruckmanometer durch Steigen des Druckes erkennen läßt, daß die Ölpumpe arbeitet und das für die Lagerschmierung erforderliche Öl fördert, ist die Hilfsölpumpe abzustellen. Das Entwässerungsventil an der Turbine ist erst zu schließen, wenn die Turbine etwas belastet ist.

Je nachdem die Turbine mehr oder weniger kalt war, soll die normale Umdrehungszahl in 5—10 Minuten erreicht werden. Ist die Turbine nach kurzem Betriebsstillstand noch gut warm, so kann sie schon in etwa 3 Minuten auf ihre normale Umdrehungszahl gebracht werden.

Muß eine Turbine mit Auspuff anlaufen, weil für den Antrieb der Kondensation nur der Strom des mit der Turbine gekuppelten Generators zur Verfügung steht, so ist der Absperrschieber nach dem Kondensator vor dem Anlassen zu schließen. Im übrigen erfolgt das Anlassen in genau derselben Weise wie bei Kondensationsbetrieb; sobald die volle Umdrehungszahl erreicht ist und der Generator Strom erzeugt, wird die Kondensation in Betrieb gesetzt. Unmittelbar darauf ist der Abdampfschieber zwischen Turbine und Kondensator zu öffnen, da hierzu andernfalls infolge des inzwischen im Kondensator eingetretenen Unterdrucks ein erhöhter Kraftaufwand erforderlich ist.

Das Wasser zur Ölkühlung soll erst angestellt werden, wenn die Öltemperatur auf ungefähr  $40^{\circ}\text{C}$  gestiegen ist. Die einzelnen Lagerstellen an Turbine, Generator und Kondensation sind in regelmäßigen Zeitabschnitten zu befühlen und die Thermometer für die Lager und Ölleitungen zu beobachten. Mit besonderer Aufmerksamkeit ist das Heißdampfthermometer nachzusehen; die auf dem Maschinenschild angegebene Dampftemperatur, für die die Turbine bestellt und ausgeführt ist, soll möglichst gleichmäßig eingehalten werden.

Um ein Mitreißen von Wasser in die Turbine zu vermeiden, ist bei der Speisung und dem Zuschalten der Kessel darauf zu achten, daß diese nicht überkochen. Wassereintritt in die Turbine kann ein Verziehen der Räder und Wellen, unter Umständen auch Schaufelbrüche zur Folge haben.

Die Düsenventile sind, sofern sie nicht selbsttätig wirken, so einzustellen, daß bei den verschiedenen Belastungen möglichst Ausgleich zwischen dem Dampfdruck vor und hinter dem Regulierventil herrscht; bei steigender Belastung sind die Ventile entsprechend zu öffnen.

Je nach Ölqualität und Betriebsverhältnissen muß der sich am Boden der Lager und des Ölbehälters bildende Bodensatz von Zeit zu Zeit durch den Hahn am Ölbehälter abgelassen und durch gereinigtes oder frisches Öl ersetzt werden. In Zeiträumen von etwa 3000 Betriebsstunden muß, wie bereits oben erwähnt, das ganze Öl abgelassen und eine Reinigung sämtlicher Ölräume vorgenommen werden. Hierzu sind nicht fasernde Putztücher zu verwenden; Putzwollfasern im Öl verursachen in kurzer Zeit ein Zusetzen des Ölsiebes in der Pumpensaugleitung, wodurch die Ölfördermenge verringert wird oder die Pumpe völlig versagen kann. Man achte deshalb auf das Manometer an der Ölpumpe; wenn der Öldruck allmählich sinkt, so reinige man das Ölfilter in der Saugleitung.

Falls die Öltemperatur das höchstzulässige Maß überschreitet, obgleich sich das Öl noch in gutem Zustande befindet, so ist der



Kühlkörper innen und außen zu reinigen. Nach je etwa 100 Betriebsstunden ist allenfalls im Ölbehälter angesammeltes Wasser abzulassen.

Das Schnellschlußventil soll, wenn es der Betrieb erlaubt, wöchentlich einmal beim Abstellen der Turbine auf seine gute Wirksamkeit geprüft werden. Diese Kontrolle ist auch jedesmal vorzunehmen, wenn die Stopfbüchse des Hauptabsperrentils nachgezogen oder frisch verpackt wurde, sowie vor Inbetriebsetzung nach jeder längeren Betriebspause.

Das Kammlager der Turbinenwelle ist nach je 1000 Betriebsstunden zu untersuchen; bei allenfallsiger Abnützung desselben ist die Welle wieder in ihre richtige Lage zu bringen. Die Untersuchung hat im heißen Zustand der Turbine, möglichst nach vorausgegangenem Betrieb zu geschehen.

Auf gutes Arbeiten der Kondensation ist schon aus wirtschaftlichen Gründen zu achten. Verschlechtert sich das Vakuum, so sind sofort die Ursachen zu suchen; dichten die Stopfbüchsen und Flanschen gut ab, so kann die Verschlechterung des Vakuums darauf zurückzuführen sein, daß die Kesselspeisepumpen mit Schnüffelventilen versehen sind, durch die dem Kessel und damit auch der Turbine dauernd Luft zugeführt wird.

Während der Betriebspausen darf das Wasser in dem Wasserstandsglas des Kondensators nicht ansteigen. Dies würde auf eine Undichtheit der Kondensatpumpe oder der Kondensatorrohre hinweisen und müßte beseitigt werden.

Beim Abstellen ist die Turbine zu entlasten; das Abstellen darf nur durch Schließen des Dampfeintrittsventils an der Turbine erfolgen. Abstellen der Turbine durch Absperren der Rohrleitung oder gar des Kesselventils ist unzulässig. Während des Auslaufens ist das Manometer der Ölpumpe sorgfältig zu beobachten; sobald der Öldruck für die Lagerschmierung unter 0,5 at sinkt, ist wieder die Hilfsölpumpe anzusetzen. Letztere ist erst nach dem Auslaufen der Turbine wieder abzustellen.

Erst nach dem Auslaufen der Turbine soll die Kondensation abgestellt und das Wasser für die Ölkühlung abgesperrt werden. Der Entwässerungshahn des Turbinengehäuses darf nicht geöffnet werden, ehe die Turbine abgekühlt ist und das Vakuummeter im Abdampfstutzen atmosphärischen Druck anzeigt. Durch Einströmen kalter Luft in die heiße Turbine könnten sich die Turbinenräder verziehen.

Bei längeren Betriebspausen ist die Turbine vor Zutritt von Feuchtigkeit von der Frischdampf- oder Abdampfleitung her zu schützen und alles Wasser aus dem Ölkühler abzulassen.

## 98. Betrieb von Leuchtgasmaschinen.

Wie jede Betriebsmaschine, so muß auch der Gasmotor sachgemäß und aufmerksam bedient werden, wenn er auf die Dauer zuverlässig arbeiten soll.

Für einen ordnungsmäßigen Betrieb ist es unbedingtes Erfordernis, daß die von dem Motor angesaugte Luft vollständig rein, d. h. frei von Staub, festen Körpern und fremden Gasen ist.

Anlassen des Motors. Vor dem Anlassen hat man sich zu vergewissern, ob die Zündung richtig steht. Beim Anlassen darf nämlich der Zünder nicht, wie im normalen Betrieb, vor dem Totpunkt abschnappen, weil sonst Rückstöße eintreten könnten. Sodann prüfe man die Ventile, ob sie sich leicht bewegen und dicht schließen. Die Beweglichkeit prüft man dadurch, daß man die Ventile mittels eines Schraubenschlüssels oder besser mittels eines geeigneten Hebels aus Hartholz mehrfach anhebt. Das Ventil muß beim Nachlassen des Druckes leicht auf seinen Sitz zurückgehen. Der dichte Schluß wird in der Weise festgestellt, daß man die Maschine dreht und beobachtet, ob Kompression vorhanden ist oder nicht. Bei undichten Ventilen findet keine oder eine ungenügende Kompression statt.

Man prüfe, ob die Rolle am Auslaßhebel so steht, daß sie auch über den Anlaßnocken läuft; dieser hat den Zweck, die Kompression zu verringern und so das Andrehen zu erleichtern. Weiterhin überzeuge man sich, daß die Lager genügend Öl enthalten. Und endlich schmiere man die Zapfen und Gelenke von Hand und gieße nach dem Anlassen mit der Kanne etwas Öl an den Kolben und in die Schmierrinne des Kurbelzapfenlagers.

Nachdem man den Kühlwasserhahn geöffnet und sich davon überzeugt hat, daß Wasser am Überlauf herauskommt bzw. daß bei Verdampfungskühlung oder bei Anwendung von Kühlgefäßen genügende Wasserfüllung vorhanden ist, öffne man den Haupthahn in der Gaszuleitung. Wenn sich der Gummibeutel gefüllt hat, so ist der Gashahn am Motor ein wenig, am besten bis zu einer vorher ausprobierten Marke, zu öffnen und die Maschine anzudrehen. Hat der Motor einigemal gezündet, so ist die Rolle am Auslaßhebel so zu stellen, daß mit voller Kompression gearbeitet wird. Weiterhin stelle man die Zündung auf Betrieb und öffne, wenn der Motor seine volle Tourenzahl erreicht hat und belastet wird, den Gashahn am Motor allmählich ganz.

Betrieb des Motors. Man achte darauf, daß das Kühlwasser nicht ausbleibt und daß es bei Durchflußkühlung (Frischwasserkühlung) so eingestellt wird, daß es den Motor mit etwa 50° C verläßt. Bei Verdampfungskühlung ist darauf zu achten, daß der Wasserspiegel im Kasten nicht zu tief sinkt. Die Tropföler und Ringschmierlager sind von Zeit zu Zeit nachzufüllen, wobei man sich davon zu überzeugen hat, ob sich die Ringe in den Ringschmier-

lagern auch drehen und nicht etwa festgeklemmt sind. Kein bewegter Teil darf trocken oder warm laufen; der Zylinder soll genügend Öl erhalten und doch nicht durch übertriebenes Ölen verschmiert werden.

Haben sich die Lager im Laufe der Zeit stärker abgenützt, so sind sie nachzuziehen und allenfalls nachzuarbeiten. Der Motor darf keinesfalls mit klopfenden Lagern arbeiten, weil er dadurch Schaden erleidet und weil das Klopfen leicht ein Unrundwerden der Zapfen zur Folge hat. Wenn infolge Unachtsamkeit oder infolge Versagens der Schmierung einmal ein Kurbelwellenlager heißläuft, so ist nach Behebung des Schadens genau zu prüfen, ob sich die Lagerung der Kurbelwelle nicht verändert hat. Ist das der Fall, so muß das betreffende Lager unterlegt oder die Lagerschalen erneuert werden. Wird dies nicht beachtet, so können durch die mangelhafte Lagerung schwere Beschädigungen des Motors, z. B. Wellenbruch, eintreten. Nachgearbeitete Lager müssen in der ersten Zeit sorgfältig beobachtet werden. Die Schmierung eines solchen Lagers ist anfangs etwas zu verstärken und erst allmählich wieder auf das normale Maß herabzusetzen.

Der Motor ist nach einer gewissen Betriebszeit, die hauptsächlich von der Beschaffenheit des Brennstoffs und Schmieröls abhängt, im Innern gründlich zu reinigen. Von den inneren Organen sind es besonders der Zünddeckel (Zündflansch), die Ventile, der Kolben nebst seinen Ringen und der Verbrennungsraum (Kompressionsraum), die der Instandhaltung und zeitweisen Reinigung bedürfen. Die Ventile sollten monatlich mindestens einmal nachgeschliffen und gereinigt werden. Der Kolben hingegen braucht nur dann herausgenommen zu werden, wenn die Dichtungsringe stark verschmutzt sind oder gar festsitzen. Beim Reinigen des Kolbens müssen die Verbrennungsrückstände vom Kolbenboden sorgfältig abgekratzt werden. Die Ringe sind abzunehmen und nebst den Nuten gut zu reinigen und mit Petroleum abzuwaschen. Die Ringe müssen lose sitzen und mit viel Öl eingesetzt werden, wobei darauf zu achten ist, daß jeder Ring wieder in seine alte Nute kommt. Stellt sich bei der Reinigung heraus, daß die Ringe seitlich zu viel Spiel haben, so müssen sie erneuert werden. Gegebenenfalls sind auch die Nuten im Kolben nachzuarbeiten.

Bei allen Reinigungsarbeiten ist darauf zu achten, daß keine Putzwollfäden, Dichtungsfetzen oder Schmutz im Kompressionsraum liegen bleiben, weil sonst die Maschine beim Anlassen knallt.

Nachdem der Motor wieder zusammengebaut ist, überzeuge man sich, ob die Steuerung richtig steht. Durch mehr oder weniger starke Dichtungsscheiben sowie auch durch das Nachschleifen der Ventile ergeben sich oft kleine Ungenauigkeiten, die durch entsprechendes Nachstellen ausgeglichen werden müssen.

Abstellen des Motors. Bevor man die Maschine abstellt, öffne man den Schlammhahn unter dem Zylinder und lasse den

Schmutz und etwa angesammeltes Schmieröl ausblasen. Man schließe alsdann den Haupthahn in der Gaszuleitung vor dem Gummibeutel; den Gashahn am Motor schließe man erst dann, wenn sich der Gummibeutel beinahe ganz entleert hat. Stelle die Tropföler ab, bei Frischwasserkühlung auch den Wasserzuluß. Ist der Motor zum Stillstand gekommen, so drehe man ihn von Hand in eine Stellung, bei der sämtliche Ventile geschlossen sind. Zweckmäßig bringt man schon jetzt die Auslaßrolle in ihre Anlaßstellung, ebenso die Zündung.

Nach jedem Abstellen des Motors müssen alle Lager und die übrigen arbeitenden Teile befühlt werden, ob sich nirgends schädliche Erwärmungen zeigen. Ist dies der Fall, so muß der betreffende Teil sofort untersucht und die Ursache des Warmlaufens beseitigt werden.

Die Maschine sollte beim Abstellen stets sauber abgewischt und die Ölfangschale sowie der Ölkasten (bei liegenden offenen Motoren) entleert werden. Bei längeren Betriebsunterbrechungen schmiere man nach dem Abstellen besonders reichlich und öle den Zylinder und Kolben gut ein. Alsdann lasse man das Kühlwasser ab und fette alle blanken Teile sorgfältig ein.

Das im Auspufftopf angesammelte Wasser (aus den Verbrennungsprodukten) muß jeden Abend abgelassen werden.

Betriebsstörungen. Betriebsstörungen sind bei gewissenhafter Befolgung der Vorschriften nicht zu erwarten. Treten solche auf, so soll man bei der Untersuchung des Motors immer die einzelnen Teile in der Reihenfolge nachsehen, in der sie vom Gasgemisch durchströmt werden.

Bleibt die Kompression beim Andrehen aus, so ist dies in der Regel auf Undichtigkeit oder Hängenbleiben der Ventile oder aber auf grobe Undichtigkeit des Kolbens zurückzuführen. Solche Undichtigkeiten, die natürlich auch am Zünddeckel oder am Ablaßhahn vorkommen können, sind sofort zu beseitigen.

Wenn sich der Motor schwer in Gang setzen läßt und nach einigen Zündungen wieder versagt, so kann dies darauf zurückzuführen sein, daß sich der Zünddeckel beschlägt und hierdurch der Zündfunke zu schwach oder überhaupt unwirksam wird<sup>1)</sup>. Es kann jedoch auch sein, daß in der Gaszufuhr etwas in Unordnung ist. — Bleibt die Zündung beim Ansetzen oder im Betrieb aus, so ist dies in der Regel auf ein Verschmutzen des Zünddeckels oder auf eine Beschädigung der Isolierung der Zündschnur oder des Zündstifts zurückzuführen. Auch am Zündapparat selbst kann natürlich ein Defekt vorliegen. Nicht zuletzt ist auch eine falsche Hahnstellung möglich.

Vor dem Ausbauen des Zünddeckels oder eines Ventilgehäuses oder des Kolbens ist stets der Leitungsdraht wegzunehmen, damit

---

<sup>1)</sup> Die Ursachen des Versagens der Zündung bei intaktem Zündapparat sind bei den Flüssigkeitsmotoren (Abschn. 99) eingehend besprochen.

nicht ein etwa im Zylinder vorhandenes Gemisch entzündet werden kann. Anker und Magnete dürfen nicht demontiert werden.

Das Beschlagen des Zünddeckels tritt insbesondere in der kalten Jahreszeit nach längeren Betriebspausen ein. Um hier ein Versagen des Motors bei der Inbetriebsetzung zu vermeiden, empfiehlt es sich, den Zünddeckel bei kalter Witterung herauszunehmen und anzuwärmen.

Wenn der Motor stößt, ohne daß er überlastet ist, so kann dies auf falsche Einstellung der Zündung zurückzuführen sein. Steht nämlich die Zündung zu früh, so erfolgen sehr scharfe Verpuffungen, insbesondere bei starker Belastung, und die Maschine bekommt zu hohe Drücke; es entstehen dann leicht Vorzündungen, die ein Klopfen des Kolbens und eine Leistungsminderung zur Folge haben. Wenn der Zündapparat an sich richtig eingestellt ist, so kann die zu frühe Zündung auf eine Abnutzung des Zünderantriebs und dadurch bedingtes vorzeitiges Abschnappen zurückzuführen sein. Man ersetze in diesem Fall die Stahlschneiden durch neue. Stoßender Gang entsteht im übrigen auch durch eine starke Verschmutzung des Verbrennungsraums oder durch starke Schlamm- und Kesselsteinablagerung in den Kühlräumen; beides begünstigt die Entstehung von Selbstzündungen. Außerdem kann der Motor stoßen, wenn ein Überschuß an Gas vorhanden ist oder wenn der Kurbel- oder Kolbenzapfen Spiel in ihrem Lager besitzen, oder endlich wenn der Kolben in der Zylinderbohrung zuviel Spielraum hat.

Der Motor läuft unter Umständen gut an, zieht aber schlecht durch. Die Ursache kann darin liegen, daß das Spiel zwischen Ventilhebel und Ventil zu klein oder zu groß ist, daß die Ventile undicht sind, daß die Zündung falsch eingestellt oder der Hahn nicht ganz geöffnet ist. Auch zu hohe Belastung kann das schlechte Durchziehen verschulden. Unter Umständen kann auch eine starke Undichtheit des Kolbens die Ursache sein. Allerdings müßte sich diese schon durch ungenügende Kompression beim Anlassen des Motors bemerkbar machen.

Ist der Kolben undicht, so hängt dies häufig damit zusammen, daß die Kolbenringe festgebrannt sind und nicht mehr lose spielen. In diesem Fall sind die Ringe mit Petroleum zu lösen und samt den Nuten sauber zu reinigen. Stark abgenützte Ringe sind, wie bereits erwähnt, zu erneuern.

Wenn der Kolben infolge Versagens der Schmierung oder bei ungenügender Kühlung anfängt zu klopfen, so ist der Motor sofort abzustellen. Zylinder und Kolben müssen bis zum Stillstand der Maschine reichlich von Hand nachgeschmiert werden. Der Kolben ist alsdann herauszunehmen, zu reinigen und allenfalls angefressene Stellen gut zu glätten.

Schmieröl. Für ein dauerndes Dichthalten des Kolbens ist es von größter Wichtigkeit, daß zu dessen Schmierung ein geeignetes,

harz- und säurefreies Öl von guter Qualität verwendet wird. Es kann sich empfehlen, das von der Lieferantin des Motors als erprobt bezeichnete Öl zu verwenden.

**Kühlung des Motors.** Das zur Motorkühlung verwendete Wasser soll möglichst rein sein. Stark kalk- oder säurehaltiges Wasser ist schädlich. Ansätze von Schlamm und Kesselstein erschweren den Wärmedurchgang und geben unter Umständen zu Vorzündungen und Zylinderbrüchen Anlaß. Schlamm und Kesselstein müssen deshalb von Zeit zu Zeit aus den Kühlräumen entfernt werden. Dies kann bei genügender Weite und bei guter Zugänglichkeit der Kühlräume auf mechanischem Wege erfolgen. Geschieht die Entfernung des Kesselsteins auf chemischem Wege mittels heißer, mäßig verdünnter Salzsäure, so ist hierbei folgendermaßen zu verfahren: Zur Herstellung der Lösung wird 1 Teil rohe konzentrierte Salzsäure, wie sie im Handel vorkommt, mit etwa 3 Teilen heißem Wasser gemischt. Die Kühlräume sind mit dieser Lösung möglichst sofort nach dem Stillsetzen des Motors und nach dem Ablassen des Kühlwassers zu füllen; solange nämlich der Motor noch warm ist, löst sich der Kesselstein leichter. Es ist deshalb zweckmäßig, den Motor nach Auffüllen der Kühlräume mit der Salzsäurelösung nochmals in Betrieb zu nehmen und so lange laufen zu lassen, bis die Lösung gut heiß geworden ist. Die Salzsäure soll einige Stunden, wenn möglich einen Tag, in den Kühlräumen verbleiben, bis sich der größte Teil des Kesselsteins gelöst hat. Nach dem Ablassen der Säure sind die Räume mit frischem Wasser tüchtig auszuspülen, damit alle Säurereste mit Sicherheit entfernt werden. Bleibt nämlich Salzsäure in den Poren und Ecken zurück, so wirkt dieselbe nachträglich zerstörend auf das Eisen ein. Zur möglichst vollständigen Entfernung der Säurereste kann zum Schlusse noch eine schwache Sodalösung benutzt werden.

Da heiße Salzsäure Metall und blanke Eisenteile angreift, so ist bei dem vorbeschriebenen Reinigungsverfahren Vorsicht nötig. Alle Kupfer-, Messing- und Rotgußteile sind vorher, soweit sie mit den Kühlräumen zusammenhängen, auszubauen; die blanken Eisenteile sind nach Möglichkeit zu schützen, gegebenenfalls durch einen Anstrich mit Asphaltlack.

Da immerhin die Möglichkeit vorliegt, daß die Salzsäure, besonders bei längerer Einwirkung, die Eisenteile etwas angreift, so ist es nicht zu empfehlen, vorstehende Reinigung öfters zu wiederholen. Bei sehr hartem Wasser ist es richtiger, die Kesselsteinbildung dadurch zu vermindern, daß man das ablaufende Kühlwasser rückkühlt und aufs neue zur Kühlung verwendet. In diesem Falle bildet sich nur aus dem Zusatzwasser, dessen Menge verhältnismäßig gering ist, Kesselstein.

Ist das Wasser nur mechanisch verunreinigt, so empfiehlt sich die Schaffung von Kläranlagen. Bei hartem Wasser ist gegebenen-

falls außer dem Rückkühlwerk noch eine kleine Enthärtungsanlage für das Zusatzwasser aufzustellen<sup>1)</sup>.

Bei Aufstellung des Motors an einem nicht frostsicheren Orte ist sehr darauf zu achten, daß bei Frostwetter sofort nach dem Abstellen der Maschine das Kühlwasser aus den gekühlten Teilen abgelassen wird (Abschn. 93). Auch die Kühlgefäße, Wasserzu- und Ableitungsrohre, Kühlwasserpumpen usw. müssen bei Frostgefahr rechtzeitig entleert werden.

**Knaller oder Fehlzündungen.** Dieselben treten meist während des Saughubes ein. Sie entstehen gewöhnlich durch Nachbrennen infolge schlechten Gemisches. Ist das Gemisch zu arm oder zu fett, so ist die Verbrennung keine explosionsartige, sondern eine mehr oder weniger schleichende. Anstatt daß die Verbrennung im Totpunkt vor sich geht, verbrennt das Gemisch noch während des Expansionshubes und während des Auspuffhubes. Zu Beginn des Saughubes entzündet sich alsdann das frisch eintretende Gemisch an den noch immer brennenden Rückständen, die den Kompressionsraum ausfüllen.

Auch mangelhafte Kühlung kann ein Knallen des Motors verursachen. Ist nämlich die Kühlung eine ungenügende, so werden unter Umständen einzelne Teile der Innenwandung zu heiß, oder es werden Ölkrusten oder Asbestfasern zum Glühen erhitzt. An diesen Teilen findet dann eine vorzeitige Entzündung des Gemisches während der Einstromung statt. Wie bereits oben erwähnt, kann eine zu starke Erwärmung der Zylinderwandungen auch dadurch herbeigeführt werden, daß sich in den Kühlräumen ein Schlamm- oder Kesselsteinansatz gebildet hat. Man kann dies durch Beobachtung der Kühlwasser-Abflußtemperatur feststellen. Ist die Ablauftemperatur bei gleicher Kühlwassermenge im Laufe der Zeit wesentlich niedriger geworden, so kann man auf das Vorhandensein eines Schlamm- und Kesselsteinansatzes schließen.

Um Vorzündungen durch glühende Asbestfasern und Ölkrusten möglichst zu vermeiden, achte man darauf, daß die Asbestdichtungen an den Zylinderflanschen, Zünddeckeln usw., die dem Feuer ausgesetzt sind, nicht über die Dichtungsflächen frei vorstehen. Im übrigen verwende man möglichst dünnen Asbest.

Unter Umständen sind Vorzünder auch darauf zurückzuführen, daß sich das Einlaßventil verzogen hat, so daß die Explosion durchschlägt und das frische Gemisch vor dem Ventil entzündet. Abhilfe durch Einschleifen des Ventils, gegebenenfalls nach vorherigem Ausglühen und Abdrehen desselben.

Knaller während der Einstromung können endlich noch durch tote Räume im Verbrennungsraum des Zylinders verursacht werden. Es ist deshalb Sache der liefernden Firma, die Motoren so zu bauen,

<sup>1)</sup> Bei Sauggasanlagen ist auch das Wasser für den Verdampfer zu enthärten.

daß entlegene Ecken, Winkel und größere Bohrungen im Verbrennungsraum möglichst vermieden werden.

Fehlzündungen während des Saughubes schlagen in die Luftansaugleitung hinein. Es kommen nun noch Knaller (Schüsse) im Auspufftopf vor. Dieselben treten bei schlechter Gemischbildung auf; ist nämlich das Gemisch arm, so kann es sein, daß eine oder mehrere Zündungen ausbleiben und infolgedessen brennbares Gemisch in die Auspuffleitung und den Auspufftopf gelangt. Tritt in der Folge ein Zünder ein und ist die Verbrennung eine stark schleichende, so findet beim Auspuffhub durch die noch immer brennenden Gase eine Entzündung des in der Auspuffleitung und dem Auspufftopf angesammelten Gemisches statt. Auf diese Weise können heftige Schüsse entstehen, die unter Umständen die Nachbarschaft sehr belästigen.

Form des Indikatorgramms. Ob die Verbrennung und überhaupt die Arbeitsweise des Motors eine einwandfreie ist, zeigt sich am deutlichsten am Indikatorgramm. Erfolgt die Verbrennung des Gemisches im Totpunkt, so geht die Verbrennungslinie senkrecht nach oben; das Diagramm besitzt alsdann eine Spitze. Ein spitzes Diagramm ergibt zwar den günstigsten Verbrauch; trotzdem jedoch zieht man im allgemeinen für den Betrieb ein Diagramm vor, das oben etwas abgerundet ist. Bei zu scharfen Zündungen neigt nämlich der Motor zum Stoßen. Letzteres ist eine Folge des Kolbenspiels; während der Kolben bei abgerundetem Diagramm seine Lauffläche im Totpunkt allmählich wechselt und die zwischenliegende Ölschicht ohne Stoß verdrängt, erfolgt bei zu rascher Verbrennung der Flächenwechsel plötzlich.

Bei Abnahmeprüfungen, insbesondere wenn scharfe Brennstoffgarantien abgegeben wurden, wird der Motor gern auf ein spitzes Diagramm eingestellt. Man bekommt die Spitze ohne weiteres dadurch, daß man das Gasluftgemisch fett einstellt, d. h. die Luft etwas drosselt. Bei Sauggas kann man scharfe Zündungen auch durch hohen Wasserstoffgehalt erreichen.

## 99. Betrieb von Benzin- und Benzolmaschinen.

Für die Wartung von Benzin- und Benzolmotoren gilt im wesentlichen dasselbe, wie für Leuchtgasmotoren; es sei deshalb auf die Ausführungen im letzten Abschnitt verwiesen. Hinzuzufügen ist hier nur das Folgende:

Man verwende guten Brennstoff, da durch andauernde Benützung ungeeigneten Brennstoffs der Motor Schaden erleidet. Nachdem die zum Anlassen erforderlichen Vorbereitungen getroffen sind, öffne man das Absperrventil am Brennstoffbehälter sowie das Absperrorgan vor dem Vergaser (Zerstäuber). Bei Motoren, die mit einem besonderen Brennstoff angelassen werden müssen, fülle man den Anlaßbehälter



und halte das Absperrorgan vor dem Vergaser geschlossen. Alsdann stelle man den Lufthahn auf die Anlaßmarke und drehe den Motor an. Ist der Motor auf Tourenzahl gekommen, so öffne man die Luftzufuhr allmählich. — Bei Motoren mit besonderem Anlaßbrennstoff wird das Absperrorgan vor dem Vergaser erst geöffnet, wenn der Motor durch den Anlaßbrennstoff genügend angewärmt ist. — Beim Abstellen des Motors wird das Absperrorgan vor dem Vergaser geschlossen. Falls im Betrieb des Motors eine Störung eintritt, so kann dies auf die gleichen Ursachen, wie beim Leuchtgasmotor, zurückzuführen sein. Nur ist hier noch der Fall möglich, daß ein Ausbleiben des Brennstoffzufflusses infolge Verstopfung der Zuleitung eintritt.

Es liegt im Interesse des Motorenbesitzers, den Motor auf seinen günstigsten Verbrauch einzustellen. Ist nämlich die Verbrennung im Arbeitszylinder eine unvollkommene, so erhöht sich nicht nur der Brennstoffverbrauch, sondern es tritt auch eine raschere Verschmutzung des Motors ein. Bei Flüssigkeitsmotoren erkennt man eine schlechte Verbrennung schon daran, daß der Auspuff rußt.

In der kälteren Jahreszeit macht das Anlassen von Motoren für flüssige Brennstoffe unter Umständen Schwierigkeiten, wenn der Aufstellungsraum zu kalt ist. Schon Benzinmotoren, die mit Benzin über 0,72—0,73 spez. Gewicht betrieben werden, wollen in der Kälte nicht mehr gut anlaufen. Motoren für Schwerbenzin und solche für Benzol laufen in der Kälte überhaupt nicht an; man muß hier zum Ansetzen Leichtbenzin verwenden; wenn alsdann der Motor nach einigen Umdrehungen warm geworden ist, so läuft er anstandslos mit Schwerbenzin oder Benzol weiter. Will man keinen besonderen Anlaßbrennstoff halten, so kann man sich auch durch Erwärmen des Brennstoffs helfen. Dies kann in der Weise geschehen, daß man eine Flasche mit Schwerbenzin oder Benzol füllt und in heißes Wasser stellt (Anwärmen mittels Flamme ist unzulässig, weil sehr gefährlich). Füllt man derart angewärmten Brennstoff in den Brennstoffnapf ein, so läßt sich der Motor meist anstandslos in Betrieb setzen, da nunmehr die Eigenwärme des Brennstoffs ausreicht, um dessen Verdampfung bzw. Vergasung herbeizuführen.

Ist der Magnetapparat und die Zündvorrichtung in Ordnung, so können bei Flüssigkeitsmotoren für das Versagen der Zündung, selbst bei Verwendung ganz leichtflüchtiger Brennstoffe, folgende fünf Ursachen in Betracht kommen:

1. Die Maschine ist zu kalt. Alsdann kann es vorkommen, daß sich der in den Verbrennungsgasen enthaltene Wasserdampf an den kalten Innenflächen des Motors niederschlägt. Kommt auf diese Weise an die Berührungsstelle von Abreißehebel und Zündstift Feuchtigkeit, so bildet dieselbe beim Abreißen eine Art leitende Brücke und verhindert die Funkenbildung. Der Fall, daß das Versagen der Zündung auf derartige Kondensationserscheinungen zurückzuführen ist, hat allerdings zur Voraussetzung, daß anfangs einige Zündungen stattfanden.

2. Es wird zu viel Brennstoff eingespritzt. Dies kann dann eintreten, wenn beim Anlassen des Motors der Lufthahn zu stark gedrosselt wird, so daß ein entsprechend großer Saugunterdruck entsteht. Die Folge des großen Unterdruckes ist, daß viel Brennstoff aus der Brause bzw. Düse herausgesaugt wird. Es kann sich alsdann flüssiger Brennstoff im Zylinderinnern und am Zünder absetzen. Dieses Absetzen wird naturgemäß bei kalter Maschine leichter möglich sein, als bei warmer Maschine, da im letzteren Fall der überschüssige Brennstoff durch die Wandungswärme verdampft wird.

3. Das Ausströmventil bleibt während der Nachtzeit geöffnet. Wenn zufällig die Maschine beim Stillsetzen in einer solchen Stellung zum Stehen kommt, daß die Rolle des Ausströmhebels auf ihrem Nocken verbleibt, so hat dies ein Offenhalten des Auslaßventils zur Folge. In dem Maße, in dem sich alsdann die Maschine abkühlt, entsteht im Zylinderinnern ein Unterdruck und es werden deshalb die kurz zuvor in den Auspuff entwichenen Verbrennungsprodukte wieder in den Zylinder zurückgesaugt. Hierbei schlägt sich der in den Verbrennungsprodukten enthaltene Wasserdampf bei fortschreitender Abkühlung des Zylinders an dessen Innenflächen nieder. Auf diese Weise ist es möglich, daß ein Wassertropfen an den Kontakt kommt und alsdann am anderen Morgen beim Anlassen die Funkenbildung verhindert.

4. Es wird zu reichlich geschmiert. Wird im Betriebe des Motors durch die Kolbenbewegung etwas Schmieröl an den Zünder geschleudert, so hat dies für gewöhnlich nichts weiter auf sich, da bei den hohen Temperaturen im Zylinderinnern das Öl sofort wieder verdampft und verbrennt. Kommt jedoch beim Abstellen oder beim Inbetriebsetzen des Motors Schmieröl an den Kontakt, so kann dies zur Folge haben, daß beim Inbetriebsetzen die Zündung versagt.

Ein Bespritzen des Kontaktes mit Öl kann sowohl bei liegenden als auch bei stehenden Motoren vorkommen, sobald der Kolben zu reichlich geschmiert wird. Am größten ist die Möglichkeit der Verölung des Zünders bei liegenden Maschinen mit hoher Kompression; bei stehenden Motoren hingegen ist das Zylinderöl bestrebt, nach unten zu fließen, so daß eine Verölung des Zünders hier weniger leicht stattfinden kann<sup>1)</sup>. Wenn aber eine solche eintritt, so ist dies ein Zeichen, daß der Ölstand im Kurbelgehäuse zu hoch und mithin die Schmierung zu reichlich ist.

5. Der Zünder ist verrußt. Verrußt die Kontaktstelle, so ist die metallische Berührung zwischen Unterbrecher und Zündstift unterbrochen und es kann sich beim Abreißen des Unterbrecherhebels kein Funken bilden. Ein Verrußen des Zünders ist bei Gasmotoren infolge zu reichlicher Schmierung möglich. Bei Flüssigkeitsmotoren hingegen kann das Verrußen auch eine Folge schlechter Verbrennung im Arbeitszylinder sein.

<sup>1)</sup> Bei liegenden Motoren gibt man übrigens dem Zylinder ein Gefälle nach vorn, damit auch hier das Schmieröl das Bestreben hat, nach außen zu laufen.

## 100. Betrieb von Naphthalinmaschinen.

Es gilt hier im wesentlichen dasselbe wie für Leuchtgasmotoren sowie für Benzin- und Benzolmotoren; es sei deshalb auf die Abschnitte 98 und 99 verwiesen. Hinzuzufügen ist, daß hier die Menge des zufließenden Wassers durch einen Schwimmer selbsttätig geregelt wird, entsprechend der verdampften Wassermenge. Auch hier ist im übrigen von Wichtigkeit, daß guter Brennstoff verwendet wird. Durch dauernde Benutzung ungeeigneter Brennstoffe leidet der Motor.

Das Anlassen von Naphthalinmotoren erfolgt mit Benzol, unter Umständen auch mit Leuchtgas. Hierbei darf aus den im letzten Abschnitt angegebenen Gründen die Raumtemperatur und die Temperatur des Benzols nicht zu niedrig sein (Mindesttemperatur etwa  $+5^{\circ}\text{C}$ ). Nachdem die zum Anlassen des Motors erforderlichen Vorbereitungen getroffen sind, öffne man das Absperrventil am Benzolbehälter und das Absperrorgan vor dem Vergaser. Alsdann stelle man den Lufthahn auf die Anlaßmarke und drehe den Motor an. Sobald Zündungen eintreten, öffne man allmählich den Lufthahn ganz. Im Betrieb ist der Lufthahn stets voll geöffnet.

Ist das Naphthalin geschmolzen, was nach  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  Stunde der Fall ist, so stelle man den Motor auf Naphthalinbetrieb um, indem man die Absperrventile am Naphthalinschwimmer öffnet und das Benzol abstellt. Von Zeit zu Zeit ist Naphthalin in den Schmelzbehälter nachzufüllen.

Kurze Zeit vor dem Abstellen des Motors muß wieder auf Benzolbetrieb umgeschaltet werden (Benzol reinigt). Man schließe zu diesem Zweck die Absperrventile am Naphthalinschwimmer, stelle Benzol kurze Zeit an und wieder ab. Gleich nach dem Abstellen des Motors lasse man das noch flüssige Naphthalin ab und reinige Behälter, Sieb, Schwimmergehäuse usw. gründlich.

Die Naphthalindüse bzw. Brause wird zum Zweck der Reinigung zuerst in kochendes Wasser gelegt. Die feine Öffnung der Düse darf unter keinen Umständen verändert werden. Wenn die wieder eingesetzte Düse nach kurzer Betriebszeit warm geworden ist, so muß sie nachgezogen werden.

## 101. Betrieb von Hochdruck-Ölmaschinen.

Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf Hochdruck-Ölmaschinen, System Diesel, und zwar wurde der Einfachheit halber Gasölbetrieb vorausgesetzt. Für Teerölbetrieb gilt in der Hauptsache dasselbe, nur hat man es hierbei mit zwei Brennstoffen und demgemäß mit zwei Brennstoffpumpen und der doppelten Anzahl von Brennstoffgefäßen zu tun.

Bei zu niederer Raumtemperatur lasse man in Betriebspausen das Wasser aus Zylinder und Leitungen ab (Abschn. 93).

Die Temperatur im Maschinenraum ist vor dem Anlassen des Motors auf mindestens 7—8° C zu bringen, damit der Brennstoff noch leicht durch die Leitungen fließt.

Vor dem Anlassen des Motors sind außer dem üblichen Auffüllen und Einstellen der Schmiergefäße usw. folgende Vorbereitungen nötig:

Die Brennstoffnadel ist herauszunehmen und an der Packungsstelle mit dickflüssigem Zylinderöl gut einzufetten. Die Düsenplatte ist mit einem Messingdraht, dessen Dicke der Bohrung der Düsenplatte entspricht, durchzustoßen. Beim Wiedereinsetzen der Brennstoffnadel probiere man, ob sie leicht beweglich ist.

Dann probiere man, ob sich auch die übrigen Ventile von Hand öffnen lassen und rasch wieder schließen, sowie ob die Steuerrollen den richtigen Abstand von den Nockenscheiben haben. Das Spiel zwischen Steuerrollen und Steuerscheiben soll keinesfalls mehr als  $\frac{1}{2}$  mm betragen.

Nunmehr wird die Kurbelwelle mittels des Schaltwerks des Schwungrades etwas über den Anlaßtotpunkt gestellt, wobei wegen des leichteren Andrehens darauf zu achten ist, daß das Ansaugventil durch den Sperrhebel offen gehalten wird. Alsdann werden die Brennstoffhahnen an den Filtriergefäßen und am Motor geöffnet und die Abstellstange an der Brennstoffpumpe ausgelöst. Nach längerem Stillstand ist das richtige Arbeiten der Brennstoffpumpenventile mit der Handpumpe bei geöffnetem Probierventil zu prüfen. Nachdem noch der Kühlwasserhahn geöffnet, das Entwässerungsventil am Zwischenkühler geschlossen, das Regulierventil der Luftpumpe ganz wenig geöffnet wurde, kann die Ingangsetzung des Motors stattfinden. Hierbei ist folgendes zu beachten:

Die beiden Hauptventile am Einblasegefäß werden ganz geöffnet und die Manometer beobachtet. Der Druck im Anlaßgefäß soll nicht höher als 50 at sein; Überdruck ist abzulassen. Der Einblasedruck soll nicht mehr als 45 und nicht weniger als 35—38 at betragen; andernfalls ist Druckluft durch das Entwässerungsventil abzulassen oder Luft aus dem Anlaßgefäß mittels des Überfüllventils herüberzulassen. Nunmehr wird das Hauptventil eines Anlaßgefäßes ganz aufgemacht. Zuletzt wird der Sperrhebel zum Offenhalten des Saugventils ausgerückt. Die Inbetriebsetzung des Motors erfolgt dann, indem der Anlaßhebel von Mittelstellung in die Anlaßstellung gebracht wird. Hat der Motor die für die Zündung notwendige Geschwindigkeit erreicht, was nach etwa 6—8 Umdrehungen, das sind 3—4 Luftfüllungen, der Fall ist, so wird der Anlaßhebel in Betriebsstellung gebracht. Sollte der Motor nicht sofort zünden, was man am Ausströmgeräusch feststellen kann, so liegt dies meist an einem Mangel an Brennstoff. Man kann dann dem Brennstoffventil durch Niederdrücken des Füllungshebels mehr Brennstoff zuführen. Nach erfolgter Zündung schließe man das Hauptventil am Anlaßgefäß und öffne das Regulierventil der Luftpumpe weiter. Der Motor muß nun innerhalb kurzer Zeit seine normale Umdrehungszahl erreichen

und der Regulator ins Spielen kommen. Nachdem man den Einblasedruck auf die der Belastung entsprechende Höhe gebracht hat, kann der Motor belastet werden. Wird bei zu niedrigem Einblasedruck belastet, so ist die Verbrennung unvollkommen und der Motor rußt zum Nachteil der Ventile.

Im Betrieb ist der Einblasedruck so hoch zu halten, daß eine gute Verbrennung stattfindet. Er soll betragen bei normaler Belastung etwa 60 at, bei halber Belastung etwa 52 at und im Leerlauf etwa 40 at; unter 35—38 at sollte der Einblasedruck nie sinken. Bei vorübergehender Überlastung gehe man mit dem Einblasedruck bis auf etwa 65 at.

Ist der Einblasedruck auf die der Belastung entsprechende Höhe gebracht, so ist das Anlaßgefäß wieder auf 50 at aufzufüllen, indem man das Regulierventil an der Luftpumpe ganz und das Überfüllventil am Einblasegefäß nur so viel öffnet, daß der Druck im Einblasegefäß nicht sinkt. Ist der Druck von 50 at im Anlaßgefäß erreicht, so schließe man die Überfüllventile und drosselle das Regulierventil an der Luftpumpe so weit, daß der Einblasedruck in der Folge auf der richtigen Höhe stehen bleibt. Etwa alle zwei Stunden lasse man das Wasser aus dem Anlaßgefäß ab; da hierbei der Druck etwas sinkt, so empfiehlt es sich, das Anlaßgefäß von vornherein um 1—2 at höher aufzupumpen. Ebenso ist auch das Kondenswasser aus dem Zwischenkühler etwa alle zwei Stunden abzulassen.

Das Kühlwasser ist auf 60—70° C Abflußtemperatur einzustellen. Sollte durch irgendeinen Umstand das Kühlwasser zu heiß geworden sein (80—100° C), so darf unter keinen Umständen der Wasserzufluß plötzlich stark vermehrt werden, da sonst eine plötzliche Abkühlung eintreten würde, die einen Schaden verursachen kann. Man reguliere deshalb nur ganz vorsichtig und vermehre den Zufluß des Kühlwassers ganz allmählich.

Außer auf die gute Schmierung der Lager und sonstigen reibenden Teile ist im Betriebe darauf zu achten, daß der Auspuff stets unsichtbar bleibt. Hat der Einblasedruck die richtige Höhe, so darf der Auspuff bei normaler Belastung nicht rußen, bei Überlastung nur in geringem Maße.

Beim Abstellen des Motors ist folgendes zu beachten:

Der Motor ist zunächst zu entlasten, alsdann wird die Abstellstange an der Brennstoffpumpe in die Abstellage gebracht. Man lasse den Motor auslaufen, bis etwa die Hälfte der normalen Umdrehungszahl erreicht ist. Dann schließe man das Regulierventil an der Luftpumpe und öffne das Entwässerungsventil am Zwischenkühler. Kurz vor den letzten Umdrehungen des Motors wird das Saugventil durch Umlegen des Sperrhebels offen gehalten. Nach Stillstand des Motors bringe man den Anlaßhebel in die Mittellage und schließe alle Ventile am Einblasegefäß. Keinesfalls darf das Hauptventil der Luftpumpen-Druckleitung am Einblasegefäß früher geschlossen werden, da sich sonst in der Leitung ein zu hoher Druck bildet. Man schließe alsdann die

Brennstoffhahnen am Motor und am Filtriergefäß sowie den Hahn der Kühlwasserleitung und stelle die Schmierung ab. Nach dem Abstellen überzeuge man sich durch Befühlen, ob kein bewegter Maschinenteil warm gelaufen ist. Vor dem Verlassen des Maschinenraums soll der Maschinist stets den Druck aus den Manometern ablassen.

Wenn der Motor für längere Zeit, d. h. für mehrere Wochen oder länger außer Betrieb gesetzt wird, so fette man alle blanken Teile sorgfältig ein, nachdem man sie vorher gereinigt hat, und schmiere den Zylinder kurz vor dem Abstellen besonders reichlich. Kontrolliere während der Betriebsunterbrechung regelmäßig den Druck in den Luftgefäßen; zeigt sich ein Luftverlust, so empfiehlt sich zeitweise Inbetriebsetzung des Motors, um die Gefäße wieder auf den vollen Druck aufzupumpen. Sollte so viel Luft entwichen sein, daß der Druck zum Anlassen nicht mehr ausreicht, so verwende man zum seinerzeitigen Inbetriebsetzen des Motors Kohlensäure<sup>1)</sup>.

Für das Instandhalten des Motors gilt folgendes:

Der Kolben ist mindestens jedes Jahr einmal herauszunehmen, nachzusehen, sorgfältig von Öl- und Rußkrusten zu reinigen und die Kolbenringe in der bekannten Weise (Abschn. 98) leicht bewegbar zu machen. Das Saugventil neigt nur wenig zur Abnutzung und Verschmutzung. Man braucht dasselbe nur alle 3—4 Monate nachzusehen. Das Auspuffventil soll bei ordnungsmäßigem Betrieb etwa einmal monatlich, und zwar möglichst nur bei warmer Maschine, herausgenommen, gereinigt und eingeschliffen werden. Bei dieser Gelegenheit reinige man gleichzeitig den Kolbenboden.

Ein Haupterfordernis für einen einwandfreien Betrieb des Dieselmotors ist, daß das Brennstoffventil gut auf seinem Sitz abdichtet. Ist die Brennstoffnadel undicht, was z. B. bei unvollkommener Verbrennung, d. h. bei rußendem Betrieb eintreten kann, so hat dies zur Folge, daß schon vorzeitig Brennstoff in den Zylinder gelangt. Es gibt dann unter Umständen Frühzündler, die sehr hohe Spannungen verursachen können. Das Brennstoffventil sollte deshalb täglich auf Dichtheit nachgesehen und beim Wiederansetzen mehrmals auf dem Sitz gedreht und beobachtet werden.

Die Brennstoffnadel muß ferner in ihrer Packung leicht beweglich sein, so daß ein Hängenbleiben ausgeschlossen ist. Ein Nachziehen der Packung darf nur bei stillstehender Maschine stattfinden, keinesfalls während des Betriebs. Beim Ersatz der Packung der Brennstoffnadel achte man besonders darauf, daß dieselbe nicht einseitig ausfällt. Anfängliches geringfügiges Blasen neu verpackter Stopfbüchsen schadet nichts; die Undichtheit verliert sich nach einigen Betriebstagen.

Je nach der Reinheit des Brennstoffes und je nach der Betriebsart muß der Zerstäuber in angemessenen Zeitabschnitten gereinigt

<sup>1)</sup> Wohlgermerkt keinen Sauerstoff; hierbei würden sehr heftige Zündungen mit sehr hohen Pressungen im Zylinder auftreten. Die Verwendung von Sauerstoff hat schon zum Zerreißen des Zylinders Anlaß gegeben.

werden. Ist der Zerstäuber verschmutzt, so macht sich dies durch rußigen Auspuff bemerkbar.

Die Luftpumpenventile müssen des öfteren nachgesehen werden, weil sie klein sind, sich ziemlich stark erwärmen und hierbei gegen hohen Druck abzudichten haben. Die Ventile der Luftpumpe sind deshalb etwa jeden Monat auf leichte Beweglichkeit zu prüfen und allenfalls einzuschleifen. Ventile mit stark eingeschlagenen Sitzflächen sind auszuwechseln. Der Luftpumpenkolben ist etwa halbjährlich herauszunehmen und gründlich zu reinigen; etwa festsitzende Kolbenringe sind zu lösen.

Die Ventile der Brennstoffpumpe sind alle 2—3 Monate nachzusehen und nötigenfalls einzuschleifen. Vor dem Wiedereinsetzen der Ventile ist das Pumpengehäuse gründlich mit Petroleum auszuwaschen. Der Packung der Brennstoffpumpe ist besondere Sorgfalt zu widmen.

Der Rippeneinsatz im Zwischenkühler ist etwa alle 1—2 Monate herauszunehmen und zu reinigen, ebenso das Gefäß.

Im übrigen ist darauf zu sehen, daß der Regulator sowie das Regulatorgestänge bei kalter und warmer Maschine leicht beweglich sind und daß sich alle Lager und Zapfen in gutem Zustand befinden.

Sind die Instandsetzungsarbeiten beendet und der Motor wieder zusammengebaut, so ist die Steuerung genau zu untersuchen; man drehe das Schwungrad einigemal mittels des Schaltwerks, um bei Wiederinbetriebnahme des Motors sicher zu sein, daß alles in Ordnung ist. Außerdem müssen die Ventile nach dem Einschleifen auf Dichtheit geprüft werden, besonders das Brennstoffventil. Zu diesem Zweck stelle man die Kurbel in den oberen Zündtotpunkt; hierbei sind alle Ventile, mit Ausnahme des Einsaugventils, das durch den Sperrhebel offen gehalten wird, geschlossen. Man setze die Einblaseleitung durch Öffnen des Hauptventils am Einblasegefäß unter Druck. Eine Undichtheit der Brennstoffnadel macht sich dann durch ein zischendes Geräusch am Einsaugrohr bemerkbar. Die Undichtheit ist zu beseitigen.

Der verwendete Brennstoff darf nicht zu dickflüssig sein; auch darf er nicht mit mechanischen Verunreinigungen zur Maschine gelangen. Solche Verunreinigungen können Undichtheiten der Ventile herbeiführen. Die Filtriergefäße sowie das Brennstoffvorratsgefäß sind deshalb halbjährlich zu reinigen. Die Ablaßhahnen am Boden der Filtriergefäße sind von Zeit zu Zeit zu öffnen, um das abgesetzte Wasser zu entfernen.

Für den Arbeitszylinder und den Luftpumpenzylinder verwende man zweckmäßig nur solche Schmieröle, die vom Motorlieferanten als geeignet befunden wurden. Zu reichliches Schmieren der Luftpumpe ist mit Rücksicht auf die Gefahr von Ölexplosionen in den Druckleitungen zu vermeiden. Ölexplosionen treten besonders dann ein, wenn der Entflammungspunkt des Schmieröls zu niedrig ist.

Die Nockenscheiben und Steuerrollen sind mit konsistentem Fett zu schmieren. Die Ölringe der verschiedenen Ringschmierlager sind des öfteren auf ihre Beweglichkeit zu beobachten, insbesondere während der ersten Betriebsstunden, da das kalte Öl leicht dickflüssig wird und die Ringe dann unter Umständen stecken bleiben.

Bezüglich der Reinigung der Kühlräume von angesetztem Kesselstein sei auf die Ausführungen im Abschn. 98 verwiesen.

Werden in der Wartung des Motors Fehler gemacht, so können folgende Störungen eintreten:

Ist das Anlaßventil undicht oder in der Führung hängen geblieben, so bewegt sich die Kurbel beim Anlassen nach abwärts, ohne zwei volle Umdrehungen auszuführen; der Motor pendelt zurück und aus dem Einsaugrohr bläst stark Luft heraus. Die Undichtheit ist zu beseitigen.

Erreicht der Motor beim Anlassen die erforderliche Geschwindigkeit, erfolgt jedoch nach dem Umstellen des Anlaßhebels von der Anlaß- in die Betriebsstellung keine Zündung, so war entweder kein Brennstoff im Zerstäuber, oder die Abstellstange der Brennstoffpumpe war nicht in Betriebsstellung, oder die Brennstoffpumpenventile sind undicht oder verschmutzt, oder es ist Luft in der Brennstoffpumpe vorhanden, oder das Auspuffventil ist stark undicht, oder die Brennstoffhahnen waren geschlossen, oder es ist zuviel Wasser oder Schmutz in den Brennstoff-Filtriergefäßen, oder die Temperatur im Maschinenraum ist zu niedrig, so daß der Brennstoff zu dickflüssig ist. Letzteres ist durch leichtes Anwärmen der Leitungen zu beseitigen.

Stößt der Motor, so ist der Einblasedruck für die vorhandene Belastung zu hoch, oder es ist die Bohrung der Düsenplatte durch das tägliche Ausreiben zu groß geworden, oder die Brennstoffnadel ist undicht oder bleibt hängen.

Wenn der Auspuff rußt, so ist dies darauf zurückzuführen, daß die Maschine überlastet ist, daß der Einblasedruck zu niedrig oder die Brennstoffnadel undicht ist. Das Rußen kann ferner darauf zurückzuführen sein, daß das Einsaugventil, das Auspuffventil oder das Anlaßventil undicht sind, daß der Zerstäuber verschmutzt oder die Düsenplatte zugewachsen ist. Auch kann es sein, daß der Kolbenboden verrußt bzw. verkrustet ist, oder daß die Auspuffleitung durch Verschmutzen verengt ist, oder endlich, daß der Brennstoff ungeeignet ist. In diesem Falle verschmutzt allmählich die Bohrung der Düsenplatte; diese ist daher während jeder Betriebspause durchzustößen und der Zerstäuber alle 2—3 Tage zu reinigen.

Bleibt das Auspuffventil hängen, so kann es sein, daß dessen Haube zu stark angezogen oder daß dessen Feder gebrochen ist; weiterhin ist möglich, daß sich das Auspuffventil in seiner Führung klemmt durch verharztes Öl oder festgebrannten Ruß; letzterer ist eine Folge andauernden Arbeitens mit rußigem Auspuff.

Arbeitet die Luftpumpe ungenügend, so kann es sein, daß der Zwischenkühler verschmutzt ist, daß die Luftpumpen-Saug- und Druck-



ventile infolge zu reichlicher Schmierung des Luftpumpenkolbens verschmutzt oder undicht sind, daß der schädliche Raum der Pumpe zu groß ist, daß die Kolbenringe festgerostet und undicht sind, oder daß die Druckventile durch den Kolben geöffnet werden; im letzteren Fall feile man die Ventile etwas ab.

Schwankt der Regulator stark, so kann der Einblasedruck bei geringen Belastungen zu hoch sein, oder es klemmt sich der Kolben der Luftbremse, oder es sind Klemmungen im Reguliergestänge vorhanden, oder endlich die Brennstoffpumpenventile sind undicht oder bleiben infolge Verschmutzens hängen.

Ist aus dem Einblasegefäß und den Anlaßgefäßen die Luft entwichen, so ist dies ein Zeichen, daß die Ventile nicht sorgfältig geschlossen wurden, oder daß die Sitze der Ventile undicht sind und frisch eingeschliffen werden müssen.

Wenn der Motor stehen bleibt, so ist er entweder überlastet, oder das Brennstoffgefäß ist leer geworden, oder die Filtriergefäße sind durch Verunreinigungen verstopft, oder endlich der Brennstoff enthält Wasser; im letzteren Fall muß das Filtriergefäß abgelassen und mit frischem Brennstoff nachgefüllt werden.

## 102. Betrieb von Kraftgasanlagen.

Für den motorischen Teil gilt im wesentlichen dasselbe wie für Leuchtgasmotoren; es sei deshalb auf die Ausführungen im Abschn. 98 verwiesen. Nur ist hier mit Rücksicht auf die im praktischen Betrieb meist geringere Reinheit des Kraftgases eine häufigere Reinigung des Motors notwendig. Der Kolben ist etwa alle 4 Wochen herauszunehmen und gut zu reinigen. Die Ringe und Nuten des Kolbens sind hierbei mit Petroleum zu waschen. Alle 8—14 Tage sind sämtliche Ventile mit Petroleum gründlich zu reinigen und die Sitzflächen, wenn nötig, mit feinem Schmirgel nachzuschleifen.

Bei den Anthrazit- und Koks-Generatoranlagen ist folgendes zu beachten:

Die Inbetriebsetzung aus dem kalten Zustand dauert bei Anthrazitanlagen 20—30 Minuten und mehr, je nach Größe der Anlage, bei Koksanlagen  $\frac{1}{2}$ —1 Stunde und länger. Man fülle zunächst den Verdampfer mit Wasser, bis der Überlauf tropft, und gebe etwas Wasser unter den Rost, damit der Rost gekühlt und die Schlackenbildung verringert wird. Im Betrieb braucht es kein Wasser mehr unter dem Rost, da alsdann der Verdampfer genügend Dampf zur Gas-erzeugung und Rostkühlung liefert.

Man stelle das Umschaltorgan (Wechselventil oder Dreiweghahn) auf Abgasleitung, so daß die Abgase unmittelbar ins Freie entweichen können, und mache im Generator Feuer wie in einem Zimmerofen. Ist das Feuer gut im Gang, so wird etwa 5 Minuten mit dem Ventilator geblasen. Hierauf füllt man den Generator auf etwa zwei Drittel

seiner Schachthöhe mit Brennstoff und bläst, bis letzterer gut im Brand ist. Danach füllt man den Generator vollständig auf und kann nun die Anlage in Betrieb setzen, sobald das Gas gut brennbar ist. Dies wird an einem Probierhahn zwischen Generator und Skrubber festgestellt. Es wird nun das Wechselventil umgeschaltet und das Gas zwecks Entlüftung noch eine Zeitlang durch die Reinigungsanlage und die Rohrleitung geblasen, bis es auch am Probierhahn des Motors gut brennt. Alsdann kann der Motor angesetzt werden. Bis der frisch angeheizte Generator vollkommen im Beharrungszustand ist, verstreichen 1—2 Stunden, je nach Größe der Anlage und je nach dem Brennstoff.

Bzüglich des Wechselventils ist zu erwähnen, daß dasselbe so rein gehalten werden muß, daß der Ventilteller in seiner oberen und unteren Stellung gut abdichtet. Zeigen sich Undichtigkeiten, so ist das Ventil sofort nachzuschleifen, da durch Eintreten von Luft während des Betriebes Störungen, unter Umständen sogar Explosionen eintreten können.

Ist die Anlage im Betrieb, so ist der Wasserzulauf zum Verdampfer so zu regulieren, daß der Überlauf tropft (nicht fließt) und daß er in diesem Zustand bleibt, solange Feuer im Generator ist. Sodann ist zu kontrollieren, ob genügend Wasser zum Skrubber läuft; man konstatiert dies durch Befühlen mit der Hand. Der Skrubber darf im unteren Drittel seiner Höhe höchstens handwarm werden; oben muß er kühl sein, damit das Gas kalt abgeht. Sammelt sich viel Wasser im Gastopf, so geht in der Regel der Skrubber zu warm.

Der Skrubber wird meist mit Zechen- oder Hüttenkoks von etwa Faustgröße gefüllt. Es kann auch Gaskoks verwendet werden, wenn dieser ziemlich fest und genügend großstückig ist. Zu kleine Koksstücke bewirken ein vorzeitiges Verschmutzen des Skrubbers und eine ungleiche Wasserverteilung. Die unten auf den Holzrost kommenden Stücke sind besonders groß zu nehmen, damit Verstopfungen sicher vermieden werden. Etwa halbjährlich erneuere man die Koksfüllung des Skrubbers, wobei die alte Füllung durch die über dem Holzrost gelegene Putztür zu entfernen ist. Beim Neufüllen des Skrubbers sollten jedesmal dessen Innenwandungen, nachdem sie vorher gründlich gereinigt wurden, mit Bleimennige oder mit heißem Steinkohlenteer gestrichen werden.

Das Kondenswasser aus dem Gaskessel und sonstigen vorhandenen Entwässerungshähnen ist täglich abzulassen. Etwa wöchentlich nehme man die Skrubberbrause und sonstigen Brausen heraus und reinige sie, falls deren Löcher verstopft sind. Etwa alle 14 Tage reinige man den Wassertopf, in den das Skrubberwasser fließt, gründlich von Schlamm; desgleichen den Boden des Skrubbers durch Öffnen der unteren Putztür.

Der Generator ist bei jedem Stillstand (morgens, mittags, abends) abzuschlacken, wenn nötig auch während des Betriebes bei nicht vollbelastetem Motor. Wird während des Betriebes abgeschlackt,

so hat dies möglichst rasch zu geschehen, damit das Gas nicht durch Lufteintritt zu sehr verschlechtert wird. Mindestens einmal im Tag ist der Generator durch den Doppelverschluß oder die im Deckel vorgesehenen Löcher durchzustößen, um einestheils an den Schachtwänden angesetzte Schlacken, andertheils etwa in der Brennstoffschicht entstandene Hohlräume zu beseitigen und die Kohle besser zu schichten. Beim Durchstoßen ist jedoch mit der nötigen Vorsicht zu verfahren, damit die Ausmauerung nicht beschädigt wird.

Drei- bis sechsmal im Jahre, je nach der Güte der Kohlen, ist der Generator stillzusetzen, gänzlich zu entleeren und die Schlacke von den Schachtwänden und den Roststäben zu entfernen. Zeigen sich hierbei in der Ausmauerung Fugen oder Risse, so sind diese sofort auszuschmieren. Ist die Ausmauerung stark schadhaf geworden, so muß sie erneuert werden, da andernfalls der Kohlenverbrauch zunimmt und der Generatormantel zu heiß wird und Schaden erleidet. Die Lebensdauer einer Ausmauerung beträgt durchschnittlich  $1\frac{1}{2}$  Jahre.

Beim Entleeren des Generators ist darauf zu achten, daß die Ausmauerung nicht durch zu schnelles Abkühlen beschädigt wird. Am besten läßt man die Kohle möglichst weit herunterbrennen, zieht dann den Rest heraus, schließt sofort alle Öffnungen am Generator ab und läßt ihn so lange stehen, bis er abgekühlt ist. Beim Herausziehen der Kohlen ist der Generatorraum gut zu lüften, da das hierbei entweichende Kohlenoxyd giftig ist.

Während des Betriebes ist der Generator von Zeit zu Zeit nachzufüllen, am besten regelmäßig alle  $\frac{3}{4}$ —1 Stunde. Wird mit zu geringer Schichthöhe gearbeitet, was man daran erkennt, daß die oberste Schicht hellrot aussieht, so hat dies einen höheren Kohlenverbrauch und einen rascheren Verschleiß des Generators zur Folge. Die Schichthöhe des Generators richtet sich nach der Art des Brennstoffs und der Größe der Körnung. Je grobkörniger der Brennstoff, mit desto höherer Schicht ist zu arbeiten.

Der Verdampfer ist stets rein zu halten. Der Wasserraum ist von Zeit zu Zeit von Schlamm und Kesselstein zu befreien. Die Flugasche muß wöchentlich mindestens einmal aus dem Unterteil des Verdampfers entfernt werden. Eine gute Reinhaltung der Heizfläche des Verdampfers ist von Wichtigkeit, weil sonst zu wenig Dampf erzeugt wird und der Generator infolgedessen zu heiß geht und schlechtes Gas liefert.

Je mehr man der Luft Dampf zusetzt, desto größer ist der Wasserstoffgehalt des Gases, desto mehr wächst aber auch der Gehalt an Kohlensäure. Die Dampferzeugung läßt sich durch Regulierung der Temperatur im Verdampfer beeinflussen. Will man weniger Dampf, so hat man nur etwas mehr Wasser zu geben; alsdann sinkt die Temperatur im Verdampfer und man bekommt ein Gas von geringerem Wasserstoffgehalt. Will man anderseits mehr Dampf zusetzen, so muß der Wasserzufluß zum Verdampfer ver-

ringert werden. Dies wird von dem Bedienungspersonal häufig falsch verstanden.

Nicht selten läßt man das Überlaufwasser des Verdampfers unter den Rost treten, wo es in der Hauptsache zur Rostkühlung dient, nebenbei jedoch auch zur Gasbildung beiträgt, da es durch die strahlende Wärme des Rostes teilweise verdampft. Die Rostkühlung geschieht jedoch zweckmäßiger dadurch, daß man der Luft bereits vom Verdampfer her die gewünschte Menge Wasserdampf zusetzt. Beim Schlacken kann es nämlich vorkommen, und dies ist insbesondere bei Anlagen für Dauerbetrieb nicht außer acht zu lassen, daß durch den Rost fallende glühende Schlacken- oder Brennstoffteilchen eine lebhaftere Verdampfung des im Aschenraum befindlichen Wassers und damit einen hohen Wasserstoffgehalt des Gases zur Folge haben.

Ein allzu hoher Wasserstoffgehalt des Gases ist aber für den Betrieb des Motors nicht erwünscht. Es ergeben sich hierbei leicht scharfe Zündungen oder gar Selbstzünder, so daß der Motor mehr oder weniger stark stößt.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Anthrazitgases ist etwa die folgende:

Wasserstoff (H) . . . . .	12—15 Vol.-%
Kohlenoxyd (CO) . . . . .	29—26 „
Sumpfgas oder Methan (CH <sub>4</sub> ) . . . . .	1 „
Kohlensäure (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	5—7 „
Stickstoff (N) . . . . .	51—53 „

In 100 Teilen Gas sind sonach rund 42 Teile brennbar. Der Wasserzusatz ist hierbei zu 0,5—0,6 kg für jedes Kilogramm Brennstoff angenommen. Häufig wählt man den Wasserzusatz größer, jedoch sollte man mit Rücksicht auf den Motorenbetrieb nicht über 1—1,2 kg/kg Anthrazit gehen, da schon bei diesem Wasserzusatz scharfe Zündungen auftreten. Bei Anlagen mit Nebenproduktengewinnung geht man allerdings mit dem Wasserzusatz bis auf etwa 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> kg; man nimmt hier mit Rücksicht auf möglichst hohe Stickstoffausbeute einen größeren Wasserstoffgehalt in Kauf.

Im Betriebe soll von Zeit zu Zeit der Gasdruck an den verschiedenen Stellen der Generatoranlage beobachtet werden, damit man erkennt, ob alles in Ordnung ist. Bei normalem Betrieb und vollbelastetem Generator sind die Widerstände im Generator etwa 50—100 mm, im Skrubber 10—40 mm, im Sägespäneiniger oder Kondensator etwa 40 mm, im Teerabscheider etwa 50—100 mm. Insgesamt würde demnach die Saugspannung am Motor etwa 150 bis 280 mm Wassersäule betragen. Nur bei langer Rohrleitung zwischen Generatoranlage und Motor ist die Saugspannung noch etwas größer<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Zu starker Unterdruck vermindert die Maschinenleistung; ist der Unterdruck noch dazu starken Schwankungen unterworfen, so ist ein häufiges Regulieren sowohl des Gashahns, wie auch des Lufthahns erforderlich.

Beim Nachlassen der Leistung des Motors ist zunächst der Gasdruckmesser am Motor nachzusehen. Zeigt derselbe zu hohen Unterdruck an, so ist entweder die Leitung oder ein Apparat durch Verschmutzung oder dergl. verstopft, oder das Skrubberwasser läuft nicht ab, oder es ist zu viel Wasser im Gastopf, oder endlich der Generator ist verschlackt. Zeigt der Druckmesser den Unterdruck ungewöhnlich klein an, so kann es sein, daß der Brennstoff im Generator fast aufgezehrt ist.

Alle 4—6 Monate sind sämtliche Gasleitungen gründlich zu reinigen. Ist ein Sägespänerreiniger vorhanden, so ist dessen Füllung alle 4—6 Wochen zu erneuern. Bei schlechtem Brennmaterial oder mangelhafter Bedienung ist die Füllung des Sägespänerreinigers öfter zu ersetzen. Wann die Füllung erneuert werden muß, erkennt man am besten am Druckmesser; sobald der Unterdruck des Reinigers etwa 100 mm übersteigt, muß er neu gefüllt werden.

Nach jeder größeren Reinigung der Anlage nehme man eine Prüfung der Apparate und der Leitung auf Dichtigkeit vor. Dies geschieht vor dem Anheizen des Generators in der Weise, daß man mittels des Ventilators bei geschlossenem Gashahn am Motor Luft in die Apparate und die Leitung hineindrückt. Bestreicht man die Nähte und Flanschenverbindungen der Apparate und Leitungen mit dickem Seifenwasser, so machen sich undichte Stellen dadurch bemerkbar, daß sich dort Seifenblasen bilden.

Bevor man irgendwelche Reinigungsarbeiten an der Generatoranlage vornimmt, sind sämtliche Apparate so lange mit dem Ventilator zu entlüften, bis man sicher ist, daß sämtliches Gas aus den Apparaten und Leitungen vertrieben ist. Die Reinigung der Apparate soll möglichst tagsüber geschehen. Mit offenem Licht darf keinesfalls in die Reinigungsapparate hineingeleuchtet werden.

Nach Schluß des Betriebes wird zuerst der Motor abgestellt. Dann schaltet man den Generator durch Umstellen des Wechselventils auf Abgasleitung, schlackt denselben gründlich ab, zieht die Asche unter dem Rost heraus und füllt ihn wieder auf. Der Generator brennt alsdann während der Betriebspause oder während der Nachtzeit wie ein gewöhnlicher Füllofen langsam weiter, so daß bei der Wiederinbetriebsetzung am nächsten Morgen nur ein Warmblasen notwendig ist; dies nimmt etwa 10—20 Minuten in Anspruch.

Das Weiterbrennen des Generators bedingt einen gewissen Abbrandverlust. Derselbe beträgt bei Anthrazit- und Koksbetrieb für jede Stunde Stillstand etwa 5—10<sup>0</sup>/<sub>10</sub> des Verbrauchs bei normaler Leistung, je nach der eingestellten Zugstärke und je nach der Güte des Generators bzw. dessen Isolierung. Man wird deshalb zweckmäßig bei längeren Betriebspausen den Generator ausgehen lassen. Bei ganz kleinen Generatoren wird vielfach der Generator jeden Abend entleert, der glühende Brennstoff mit Wasser abgelöscht und am andern Tag wieder verwendet.

Die Generatoren für bituminöse Brennstoffe, z. B. Braunkohlenbriketts, Torf, Steinkohlen, weichen in ihrer Konstruktion und Wirkungsweise wesentlich von denen für bitumenfreie Brennstoffe ab. Sie besitzen zwei Feuer und werden deshalb als Doppel- oder Zweifeuergeneratoren bezeichnet. Im oberen Feuer wird der Brennstoff hauptsächlich entgast bzw. entteert, während im unteren Feuer die Vergasung stattfindet. Besonders angenehm und sicher gestaltet sich der Betrieb mit Braunkohlenbriketts. Der Brikettgenerator ist weit weniger empfindlich als der Anthrazitgenerator und gibt, da er in Anbetracht des hohen Wassergehalts der Briketts in der Regel keinen Verdampfer braucht, auch ein verhältnismäßig gleichbleibendes Gas. Er läßt sich bei voller Belastung anstandslos schlacken und durchstoßen, weshalb er besonders für Dauerbetriebe geeignet ist. Zudem fällt die Teerbildung weg, die beim Anthrazitgenerator nie ganz zu vermeiden ist, um so mehr als dem Anthrazit nicht selten Steinkohlen (Magerkohlen) zugemischt werden. Im nachfolgenden sei deshalb nur von den Brikettgeneratoren die Rede.

Beim Anfachen des Doppelgenerators werden die Verbrennungsgase mittels eines Exhaustors durch den Generator und Skrubber hindurchgesaugt und in das Rauchrohr gedrückt. Das Anblasen des Brikettgenerators aus dem kalten Zustand kommt jedoch nur etwa alle 4—8 Wochen in Betracht, nach welchem Zeitraum ohnedies meist eine gründliche Reinigung des Generators notwendig wird. Man läßt nämlich Brikettgeneratoren in den Betriebspausen gewöhnlich durchbrennen, weil deren Inbetriebsetzen aus dem kalten Zustand bis zur Erzielung eines teerfreien Gases sehr lange dauert, etwa 10—20 Stunden, je nach Größe, und weil sich hierbei ein Rauch entwickelt, der durch seinen üblen Geruch unter Umständen die Nachbarschaft erheblich belästigt. Bei besonders guten Briketts mit geringer Aschen- und Schlackenbildung sowie bei guter Bedienung der Anlage kann der Generator unter Umständen bis zu einem Jahr durchbrennen. Das Anblasen des Generators aus dem kalten Zustand erfolgt demnach äußerst selten, so daß von einer Geruchsbelästigung, insbesondere beim Einbau eines Rauchverbrennungsapparates, eigentlich kaum die Rede sein kann. Wenn eine Geruchsbelästigung vollständig vermieden werden soll, so kann dies dadurch geschehen, daß man das Rauchrohr entsprechend hoch führt oder daß man den Generator mit Koks in Betrieb setzt, was noch den Vorteil hat, daß man schon in 2—5 Stunden brennbares, teerfreies Gas hat und somit schneller in Betrieb kommt.

Das Warmblasen des Brikettgenerators erfordert nur etwa 5—10 Minuten und verursacht keinerlei Geruchsbelästigung. Da der Brikettgenerator infolge der schlechten Wärmeleitungsfähigkeit und des hohen Sauerstoffgehaltes der Briketts seinen Wärmezustand besser erhält als der Anthrazitgenerator, so erfordert das Warmblasen weniger Zeit als bei diesem.

Die obere Feuerzone soll mindestens 600 mm über der im

Generator befindlichen Absaugstelle liegen. Man kontrolliere dies durch einen eingesteckten Eisendraht; falls das Feuer zu tief liegt, so ist die Luftzufuhr zum unteren Feuer zu verringern. Liegt hingegen die Feuerzone zu hoch, so ist die untere Luftzuführung mehr zu öffnen.

Das Reinigen des Rostes und das Abziehen der Asche und Schlacke während des Ganges der Maschine soll in der Regel bei 10stündigem Betrieb zweimal am Tage vorgenommen werden. Allzu vieles Putzen ist schädlich und hat Teerbildung zur Folge. Wird hingegen zu wenig geputzt, so steckt sich das verbrannte Material in der Nähe der Absaugstelle und erschwert den Gasaustritt. Das Stochen von oben ist nicht zu oft vorzunehmen, etwa nur einmal am Tage, da hierdurch die Briketts leicht zerstoßen werden.

Auch hier ist nach etwa zwei bis vier Monaten der Generator stillzusetzen, das Feuer herauszunehmen und der Generator gründlich von angesetzten Schlacken zu reinigen und allenfalls auszubessern (vgl. oben).

Ist der im Generator verarbeitete Brennstoff schwefelhaltig, so entsteht bei der Verbrennung des Gases im Motor — neben  $\text{SO}_3$  — schweflige Säure ( $\text{SO}_2$ ). Diese greift zwar im dampfförmigen Zustand die Metalle nicht an. Wenn sich dagegen der in den Verbrennungsprodukten enthaltene Wasserdampf durch Abkühlung verflüssigt und dadurch die Fähigkeit erlangt, schweflige Säure zu absorbieren, so können unter Umständen die Eisenteile stark angegriffen werden.

Solche Kondensationserscheinungen spielen sich in erster Linie im Auspuffrohr ab, und zwar um so mehr, je höher das letztere ist. Man sollte deshalb die Auspuffrohre nur aus Gußeisen machen, um einem Zerfressen möglichst lange vorzubeugen. Weiterhin sollte man das Einspritzen von Wasser in den Auspuff (behufs Dämpfung des Auspuffgeräusches) unterlassen und durch geeignete Konstruktionen dafür sorgen, daß die mit Wasser gekühlten Auspuffventile der Großgasmaschinen kein Wasser in den Auspuff gelangen lassen.

Das beste wäre es natürlich, überhaupt keinen schwefelhaltigen Brennstoff zu verwenden. Dies ist jedoch nicht möglich, da jeder Brennstoff mehr oder weniger Schwefel enthält. Der durchschnittliche Schwefelgehalt guten Anthrazits liegt unter 1 $\%$ , derjenige guter Braunkohlen zwischen 1 und 2 $\%$ . Es gibt zwar auch Braunkohlen, bei denen der Schwefelgehalt erheblich kleiner ist als 1 $\%$ , aber auch solche, bei denen er erheblich größer ist als 2 $\%$ .

Man kann das Gas in fast vollkommener Weise von seinem Schwefelgehalt befreien, wenn man es nach erfolgter Naßreinigung durch Raseneisenerz hindurchleitet. Die Kosten für das Raseneisenerz sind zwar geringe, da sich dasselbe durch Lüften (Ausbreiten und Umschaukeln) mehrmals regenerieren läßt, dagegen entstehen für den Reiniger erhebliche Kosten, weshalb man meist auf die Schwefelreinigung verzichtet.

Für den Zylinder und den Kolben des Motors ist der Schwefelgehalt des Gases nicht so schlimm, wie man gemeinhin annimmt. Im Zylinder herrschen, sofern man die Maschine genügend warm arbeiten läßt (etwa 40—50° C Kühlwassertemperatur), immer solche Temperaturen, daß sowohl die schweflige Säure als auch das Wasser dampfförmig sind. Nur beim Anlassen der Maschine aus dem kalten Zustand oder beim Abstellen können sich Kondensationserscheinungen der oben genannten Art abspielen, so daß hier die Vorbedingungen für einen chemischen Angriff durch die schweflige Säure gegeben sind.

Bei Großgasmaschinen, die in der Regel für Dauerbetrieb bestimmt sind, kommt das An- und Abstellen nur äußerst selten vor. Wenn hier dafür gesorgt wird, daß weder durch Kondensation, noch auf sonstige Weise Wasser in den Auspuff gelangt, so ist ein 10jähriger Betrieb von Großgasmaschinen, die mit Koksgeneratorgas betrieben werden, anstandslos durchzuführen. Es ist hierbei nicht zu befürchten, daß die Auspuffleitungen zerstört werden, selbst wenn Raseneisenerz nicht zur Anwendung kommt.

Bezüglich des Gasprobierens, der Dichtigkeitsprüfung, der Wartung und Instandhaltung der Apparate usw. gilt für Brikettanlagen dasselbe wie für Anthrazitanlagen.

### 103. Betrieb von Großgasmaschinen.

Die Maschine wird mit Druckluft von 20—25 at angelassen. Vor dem Anlassen überzeuge man sich davon, daß die Schmierpressen, Ölbehälter und Fettschmierbüchsen gefüllt sind. Ferner ist sehr darauf zu achten, daß sich die Druckluft-Rückschlagventile an den Zylindern leicht öffnen und schließen.

Alsdann öffne man den Kühlwasserschieber und überzeuge sich davon, daß aus allen Kühlrohren Wasser ausströmt. Da sich bei längerem Stillstand im Gasbehälter vor der Maschine Luft ansammelt, so muß diese entfernt werden, ehe Gas in den Zylinder eintritt. Man öffne zu diesem Zweck den Hauptgasschieber und den Entlüftungsschieber. Das durch den Hauptgasschieber strömende Gas drückt alsdann die Luft durch den Entlüftungsschieber ins Freie. Hierbei muß die Gas-Drosselklappe am Verteilungskasten geschlossen sein, damit sich in Verteilungskasten, Zylinder und Auspuffleitung kein brennbares Gemisch bilden kann. Ist der Gasbehälter voll Gas, so erkennt man dies daran, daß am Probierhahn, auf dem sich stets ein Sicherheitssieb befinden muß, das ausströmende Gas mit kräftiger Flamme brennt. Wenn die Flamme ruhig brennt, wird das Entlüftungsventil und der Hauptgasschieber geschlossen. Ehe die Flamme ruhig brennt, darf nicht angelassen werden. Beim Anlassen müssen das Hauptventil und die Anschlußventile der Zirkulationsölleitung geöffnet sowie die Tropfschmierer in Tätigkeit sein.



Nachdem die Maschine einige Umdrehungen gemacht hat, schalte man die Zündvorrichtung ein und öffne langsam den Hauptgasschieber, bis Zündungen eintreten. Das Öffnen der Gasschieber hat bei Betrieb mit Koksofengas besonders vorsichtig zu erfolgen, da sonst leicht zu scharfe Zündungen auftreten können.

Sobald die Maschine zündet, wird der Kontaktapparat langsam auf frühere Zündung eingestellt und der Hauptgasschieber vollständig geöffnet. Wenn die Maschine im Gang ist, schließe man das Druckluft-Rückschlagventil am Zylinder und das Druckluft-Absperrventil.

Bei kleineren Schwankungen des Druckes oder Heizwertes des Gases wird das Gemisch durch Verstellung des Luftschiebers oder der Drosselklappe entsprechend verändert.

Wenn eine Maschine nach längerem Stillstand wieder angesetzt werden soll, so überzeuge man sich davon, daß weder im Gasbehälter noch im Auspufftopf Wasser vorhanden ist. Auch soll die Maschine mit Hilfe des Schaltwerkes mindestens zweimal gedreht werden, ehe man zum Anlassen schreitet. Hierbei kann Wasser, das durch irgendwelche Undichtheiten in die Zylinder gelangt ist, abfließen. Die Wasserablaufleitungen am Auspuff, die meist siphonartig angelegt ist, darf keinesfalls verstopft oder eingefroren sein, da sonst die Maschine durch Wasserschläge zertrümmert werden kann.

Nach erfolgtem Anlassen sind die Druckluftbehälter sofort wieder auf den vorgeschriebenen Druck zu füllen. Schlägt sich nach längerem Betrieb in den Behältern Wasser nieder, so ist dasselbe durch den Manometerhahn, der eine Dreiwegbohrung besitzt, auszuspritzen.

Läuft die Maschine ganz oder teilweise leer, so ist es für deren ruhigen Gang vorteilhaft, wenn der Kontaktapparat auf spätere Zündung eingestellt wird.

Um die Gasverteilungs- und Zündungsverhältnisse richtig zu überschauen, ist es zweckmäßig, die Maschine von Zeit zu Zeit zu indizieren.

Die Umdrehungszahl der Maschine kann durch Anspannen oder Nachlassen der Federwage in bestimmten Grenzen erhöht oder erniedrigt werden. In geringen Grenzen kann die Umdrehungszahl auch durch Verstellung des Zündpunktes von Hand reguliert werden. Dies ist beim Parallelschalten von Drehstrommaschinen wichtig.

Für den Betrieb der Großgasmaschine gilt im übrigen das gleiche wie für andere Großmaschinen. Die Lager, Gleitbahnen und Zapfen sind regelmäßig zu befühlen. Zeigt sich, daß eine Stelle wärmer wird, so ist zunächst durch vermehrte Zuführung von Schmiermaterial zu versuchen, die Temperaturzunahme zum Stehen zu bringen. Ist dies nicht möglich, so muß die Maschine abgestellt und der betreffende Teil untersucht und allenfalls nachgearbeitet werden. Wenn eines der Hauptlager, das Schubstangenlager oder ein Kreuzkopflager warm läuft, so läßt man es am besten bei geringer Umdrehungszahl der Maschine langsam abkühlen, da eine zu plötzliche

Abkühlung ein Verziehen herbeiführen kann. Keinesfalls ist es zulässig, nach erfolgtem Warmlaufen die Schrauben etwas zu lösen und den Betrieb fortzusetzen. Die Schrauben müssen vielmehr stets stramm angezogen sein; ein Klemmen der Lagerschalen ist durch Beilagen zu beseitigen.

Bezüglich der Schmierung ist zu bemerken, daß die Ölzufuhr an allen Stellen, an denen das Öl nicht mehr zurückgewonnen werden kann, sparsam sein soll. Zu reichliche Schmierung der Stopfbüchsen und des Zylinders kann im Betrieb störend wirken, da dies zu Vorzündungen im Zylinderinnern Anlaß geben kann. Das Öl für die Zirkulationsschmierung soll alle 3—4 Monate erneuert werden. Zeigt sich während des Betriebes ein merklicher Verlust an Umlauföl, so ist zu untersuchen, ob alle Leitungen dicht sind und nirgends Öl unnötig verspritzt wird.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Zylinderschmierung, da sich deren Versagen erst bemerkbar macht, wenn die Kolbenringe bereits gefressen haben. Es ist deshalb alle 2—3 Tage zu prüfen, ob die durch den Kühlmantel gehende Schmierleitung zum Zylinder frei ist.

Die Ablauftemperatur des Kühlwassers soll nicht mehr als 40—45° C betragen. Man überzeuge sich öfters davon, ob die Thermometer richtig anzeigen. Mindestens einmal im Tage sollen die Zylinder und Auspuffgehäuse abgefühlt werden, um festzustellen, ob keine unzulässige Erwärmung der Wandungen eintritt. Dies ist dann möglich, wenn das Kühlwasser schlammige Bestandteile mit sich führt, oder wenn eine der inneren Umlaufleitungen verstopft ist. Durch vermehrte Wasserzuführung ist zunächst zu versuchen, die erwärmte Stelle abzukühlen. Gelingt dies nicht, so ist die Maschine ehestens abzustellen und nach Öffnen der Schlammdedeckel die Zylinder und Auspuffgehäuse zu reinigen.

In Amerika werden nach Wissen des Verfassers an den beiden Zylinderenden Thermometer in die Zylinder eingesetzt, die bis in das Fleisch des Innenmantels hineinreichen. Zeigen die Thermometer eine zu hohe Temperatur an, so ist der Kühlraum zu reinigen.

Die Ventile der Kolbenstangenkühlung sollen so eingestellt werden, daß das von der Kühlwasserpumpe gelieferte Wasser ohne unnötige Druckerhöhung abfließen kann. Tritt an einer Kolbenstangenseite ein durch Abreißen der Wassersäule in den Kolbenstangen hervorgerufenes Klatschen ein, so ist das Ventil ein wenig zu drosseln. Bei jeder Veränderung der Ventileinstellung ist die Kolbenstange anfangs besonders aufmerksam zu überwachen.

Stellt sich eine unzulässige Erwärmung der Kolbenstange ein, so muß die Maschine stillgesetzt und untersucht werden, ob die Leitung verstopft ist. Ist durch Unachtsamkeit eines Maschinisten eine Kolbenstange heißgelaufen, so muß diese langsam und gleichmäßig abgekühlt werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Zündvorrichtung zu widmen, da durch falsche oder nicht beabsichtigte Zündung der ordnungs-

mäßige Betrieb gestört wird. Die Bürsten am Kontaktapparat sollen so eingestellt sein, daß die Zündungen bei Stellung des Kontaktapparates auf Totpunkt auch wirklich in den zugehörigen Totpunkten erfolgen, da andernfalls die einzelnen Zylinderseiten im Betrieb ungleich zünden. Die Zündbüchsen sind bei gut gereinigtem und trockenem Gas etwa alle 4—6 Wochen auszubauen und zu reinigen, bei unreinem Gas entsprechend öfter. Vor dem Einbau soll jede Zündbüchse mittels Galvanoskop auf Isolationsfähigkeit untersucht werden.

Das Zylinderinnere soll mindestens alle  $\frac{1}{2}$ —1 Jahr befahren werden, um die Öl- und Staubkrusten zu entfernen, um den Lauf der Kolbenringe zu kontrollieren und gegebenenfalls die Sitze von Ein- und Auslaßventil nachzuschleifen. Die Stopfbüchsen sind jedes Jahr ein- bis zweimal auszubauen und, wenn nötig, die Stoßfugen der Dichtungsringe nachzuarbeiten; falls die Stopfbüchsen blasen, so sind die Kammern zu reinigen. Zeigen sich irgendwelche Risse an den mit den heißen Gasen in Berührung kommenden Zylinderteilen, so sind die Risse sofort abzubohren, um eine Vergrößerung derselben zu vermeiden.

Bei Reinigung der Gasmaschine ist die Gasleitung außer durch den Hauptabsperrschieber noch durch Wasserverschluß abzusperren, um Gasaustritt und Vergiftungen des Personals zu vermeiden.

Mindestens einmal im Jahr muß die richtige Lage der Kurbelwelle nachgeprüft werden, denn die Lagerstellen nützen sich im Betrieb nicht alle gleichmäßig ab, so daß unter Umständen gefährliche Durchbiegungen oder gar Wellenbrüche entstehen können. Andererseits können auch durch Fundamentsenkungen oder Fundamentrisse unzulässige Durchbiegungen herbeigeführt werden. Diese Untersuchung soll mit Hilfe einer Wasserwage vorgenommen werden. Falls sich ein beträchtlicher Unterschied gegenüber der ursprünglichen Lage der Kurbelwelle herausstellen sollte, so ist es notwendig, durch Unterlegen von Blechen unter die Lagerschalen oder durch Neuausgießen der Schalen die frühere Lage der Kurbelwelle wieder herzustellen.

Das Abstellen der Maschine erfolgt in der Weise, daß zunächst der Hauptgasschieber geschlossen wird und hierauf die allenfalls vorhandenen Gasabsperrschieber vor den Hosenrohren. Wenn die Maschine nahezu stillsteht, wird der Schalthebel am Kontaktapparat ausgerückt und hierdurch die Zündung abgestellt. Diese Maßnahme soll verhindern, daß sich beim Auslaufen der Maschine unverbrannte Gase im Zylinder oder in der Auspuffleitung ansammeln. Bei Betriebsgefahr kann jedoch unbedenklich zunächst der Hauptzündungsschalter am Kontaktapparat ausgerückt werden, um ein schnelles Stillsetzen der Maschine herbeizuführen.

Beim Stillstand der Maschine soll der Hauptgasschieber geschlossen bleiben. Bei längerem Stillstand ist es ratsam, die Maschine jeden Tag 2—3 Umdrehungen zu schalten und hierbei dem Zylinder

sowie den Stopfbüchsen etwas Öl zuzuführen, um ein Einrosten und Festsetzen der Ringe zu verhindern.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß nach erfolgter Indizierung der Maschine die Indikatorhähne entfernt und die mitgelieferten Schrauben wieder eingesetzt werden müssen. Andernfalls würden die freibleibenden langen Bohrungen zu Nachverbrennungen und hierdurch herbeigeführten Knallern Veranlassung geben.

### 104. Betrieb von Wasserkraftanlagen.

Für jede Art von Turbinen gilt, daß vor der Inbetriebsetzung sämtliche Tropföler mit Öl zu füllen und in betriebsmäßigen Zustand zu setzen sind. Der Leitapparat wird zunächst geschlossen und die Einlaßschütze geöffnet. Nachdem die Turbinenkammer mit Wasser gefüllt ist, wird der Leitapparat langsam so weit geöffnet, daß die Turbine ihre normale Umdrehungszahl erreicht. Ist ein Turbinenregler vorhanden, so sind noch die für diesen geltenden besonderen Betriebsvorschriften zu beachten; bei der Vielheit der Konstruktionen und der Empfindlichkeit dieser Apparate können allgemeine Verhaltensmaßregeln nicht gut gegeben werden.

Bei Turbinen mit längerer Druckleitung darf die Schütze nur langsam gezogen werden, damit die Luft in der Rohrleitung leicht entweichen kann, damit fernerhin die am unteren Ende der Rohrleitung mit großer Geschwindigkeit ankommenden Wassermassen möglichst gering sind und keine Zerstörungen an Rohrleitung oder Turbine hervorbringen und damit endlich die Rohrleitung nicht so plötzlich abgekühlt wird, daß schädliche Wärmedehnungen entstehen können.

Um den Turbinenraum vor Kälte und Luftzug zu schützen, läßt man die Schützentafel etwa 100 mm ins Oberwasser tauchen. Bei Grundeisbildung muß auf Freihalten des Rechens geachtet werden. Es kann sich zu diesem Zweck eine Berieselung des Rechens mit Quellwasser empfehlen. Wo solches nicht vorhanden ist, kann man auch entsprechend angewärmtes Wasser verwenden. Damit ein Festfrieren von Leit- und Laufrad nicht eintreten kann, empfiehlt es sich, die Schütze auch in Betriebspausen offen zu halten und die Turbine mit kleiner Beaufschlagung und ermäßigter Tourenzahl weiter laufen zu lassen. Diese Maßnahme kommt bei Turbinen mit Druckrohrleitung auch der letzteren zugute, weil schon eine geringe Bewegung des Wassers in der Rohrleitung genügt, um deren Einfrieren zu verhindern.

Der Abkühlung besonders ausgesetzte Teile der Rohrleitung, wie Abzweigungen von kleinerem Durchmesser, exponierte Stellen usw., müssen durch Tannenreisig, Stroh oder dergl., oder gegebenenfalls durch Bedecken mit Schnee geschützt werden.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit hat man stets danach zu trachten, das Gefälle so hoch als möglich zu halten. Bei knappem

Wasser h"ute man sich, den Oberwasserspiegel durch zu weites "Offnen des Leitapparates abzusenken. H"ochstens bei Anlagen mit gr"o"ßerem Stauweiher vor der Turbine kann es unter Umst"anden von Vorteil sein, neben der dauernd zufließenden Wassermenge noch diejenige zuzuf"uhren, die w"ahrend der Betriebspausen im Stauweiher zur"uckgehalten wurde. Hier tritt der Kraftverlust infolge der unvermeidlichen Senkung des Oberwasserspiegels zur"uck gegen"uber dem Kraftgewinn durch die vermehrte Wassermenge.

Bei Hochwasser oder "uberhaupt bei h"oheren Wasserst"anden haben die meisten Turbinenanlagen unter R"uckstau im Untergraben zu leiden. Durch den R"uckstau wird das Gef"alle und damit die Leistung der Turbine vermindert. Da zudem bei geringerem Gef"alle die Umdrehungszahl der Turbine zu hoch ist, so tritt auch aus diesem Grunde eine Verminderung der Turbinenleistung ein. Dieser Einflu"ß kann jedoch durch Herabsetzung der Umdrehungszahl ganz oder teilweise aufgehoben werden, vorausgesetzt, da"ß der Betrieb einen langsameren Gang der Maschinen vertr"agt. Die Umdrehungszahl der Turbine m"u"ßte bei vermindertem Gef"alle sein:

$$n_v = n \cdot \sqrt{\frac{H_v}{H}},$$

wobei  $n$  die normale Umdrehungszahl,  $H$  das normale und  $H_v$  das verminderte Gef"alle bedeuten.

Bei vor"ubergehendem Stillstand der Turbine stellt man diese durch Schlie"ßen des Leitapparates ab. Bei l"angeren Stillst"anden, z. B. "uber Nacht oder "uber Feiertage, ist auch die Einla"ßsch"utze zu schlie"ßen.

In einem geordneten Betriebe sollte die Turbine allw"ochentlich einer "au"ßeren Untersuchung unterzogen und allenfalls in die Turbinenkammer gelangter Unrat, Fremdk"orper usw. entfernt werden. Bei Turbinen im geschlossenen Kessel "offne man zu diesem Zweck das Mannloch am Kessel und das Handloch am Saugrohrkr"ummer, wodurch der Leitapparat und die Austrittsseite des Laufrades zug"anglich werden. Bei Spiralturbinen, deren innere Teile weniger leicht zug"anglich sind, mu"ß man sich damit begn"ugen, den Laufradaustritt durch das Handloch am Kr"ummer zu untersuchen. Man "offne und schlie"ße alsdann den Leitapparat mehrmals g"anzlich, und zwar bei nicht mit Wasser gef"ullter Turbine, um sich davon zu "uberzeugen, da"ß sich kein Schmutz oder Fremdk"orper zwischen den Leitschaufeln befinden.

Bei stark verunreinigten W"assern zeigen sich am Leit- und Laufrad vielfach schleimige oder kalkartige Ablagerungen, die von Zeit zu Zeit durch Abkratzen entfernt werden m"ussen. Zu diesem Zweck ist der Leitapparat vorsichtig auseinanderzunehmen, gegebenenfalls unter Anleitung des Lieferanten.

Die Wasserkraftanlagen im Gebirge haben bei Beginn der Schnee- und Eisschmelze sehr viel unter feinem Sand zu leiden. Die Folge

ist eine rasche Abnützung der Schaufeln und Düsen der Turbinen. Um die Abnützung der Schaufeln möglichst zu verringern, hat man schon versucht, sie vor Eintritt der Schneeschmelze mit einem dauerhaften Lackanstrich zu versehen. Ein solcher Anstrich hält allerdings gegenüber der scheuernden Wirkung des Sandes nur kurze Zeit stand. Außer den Korrosionen durch Sand kommen aber noch andere vor, die auf der Rückseite der Laufschaufeln von Francisturbinen stattfinden und mit Oxydationserscheinungen zusammenhängen.

Bei raschlaufenden Turbinen mit liegender Welle ist besonders auf das den Achsialschub aufnehmende Kammlager zu achten. Es ist mit bestem Öl zu schmieren, das öfter als bei den übrigen Lagern erneuert werden muß. Besitzt das Kammlager innere Wasserkühlung, so ist auch der Regelung der Kühlwassermenge die nötige Aufmerksamkeit zu widmen und darauf zu achten, daß das Wasserfilter von Zeit zu Zeit nachgesehen und vor Verstopfung bewahrt wird.

Besonders am Anfang ist das Öl in den Spurlagern und Kamm-lagern des öfteren zu erneuern, unter Umständen schon nach einigen Wochen Betriebszeit. Das alte Öl läßt man hierbei vollständig ab und spült das Lager mit Petroleum gut aus, ehe frisches Öl eingefüllt wird. Die Zeiträume, in denen das Öl der übrigen Ringschmierlager zu erneuern ist, hängen von der Eigenart des betreffenden Betriebes ab; allgemeine Angaben lassen sich hier nicht machen.

Die Kämme des Holzkammrades stehender Turbinen werden je nach Bedarf alle 3—4 Wochen mit frischem Fett geschmiert.

Bei stehenden Turbinen ist das Spurlager der empfindlichste Teil, der gebührend gewartet werden muß. Ist die Abnützung der Spurringe im Laufe der Jahre so weit vorgeschritten, daß die konischen Räder zu wenig oder zu viel ineinander eingreifen, so muß durch Einstellen der Spurlagerspindel, durch Unterlegen des Spurlagers oder sonstwie der Eingriff der Zahnräder richtiggestellt werden.

Für den wasserbaulichen Teil ist außer einer regelmäßigen Pegelbeobachtung folgendes zu berücksichtigen:

Man Sorge für eine gute Beaufsichtigung des Wehres, besonders der beweglichen Teile, sowie für eine gewissenhafte Unterhaltung der unterhalb anschließenden Ufer und für Überwachung und Sicherung auftretender Kolkbildungen. In geschiebeführenden Flüssen soll zwecks Verhinderung einer Verkiesung des Kanaleinlaufs alle 8 Tage eine Nacht lang gespült werden, vorausgesetzt, daß ein Grundablaß oder eine Kiesschleuse vorhanden ist. Wo die Wasser- und Betriebsverhältnisse dies nicht erlauben, muß das sich im Wehrstauraum ansammelnde Geschiebe herausgebaggert werden. Bei Eisgang ist das Eis über das Wehr zu befördern und vom Eintritt in den Kanal abzuhalten. Kann dies nicht verhütet werden, so Sorge man für ausreichende Wassergeschwindigkeit im Kanal und für Fortschaffung der Eismassen (Sulzeis).

Zu Zeiten niedrigeren Wasserstandes soll die Wehrmauer usw. bei tief abgesenktem Wasserspiegel nachgesehen werden.

Alle Teile des Ober- und Untergrabens sind ständig zu beobachten und instand zu halten. Etwa notwendige Reparaturen sollen nicht unnötig hinausgeschoben werden. In der Nähe des Ein- und Auslaufs lege man Weidenpflanzungen, an, damit man für Notfälle Material zu Faschinen hat. An Konkaven von Kanal und Fluß halte man einen Steinvorrat, damit bei entstehenden Senkungen sofort Steine nachgeworfen werden können.

In mäßig kalten Gegenden ist es bei Eintritt von Frost empfehlenswert, eine leichte Eisdecke auf dem Oberkanal zu halten; dieselbe schützt gegen die Bildung von Grundeis. Wo dies, wie in Gegenden mit kälterem Klima, für den Betrieb gefährlich ist, muß man darauf bedacht sein, daß vom Fluß her möglichst wenig Eis in den Kanal gelangt. Kann ein massenhaftes Eintreten des Eises nicht vermieden werden oder bildet sich im Kanal selbst viel Grundeis, dann soll man das im Oberkanal schwimmende bzw. entstehende Eis durch Hilfsmannschaften fortwährend in rascher Bewegung halten (Umrühren mit Stangen) und ununterbrochen am Eisauslaß abtreiben.

Die einzelnen Teile des Wasserschlosses sind stets in bestem Zustand zu erhalten. Bewegliche Teile, die nicht regelmäßig im Betrieb gebraucht werden, müssen von Zeit zu Zeit auf ihre Gangbarkeit geprüft werden. Etwaigen Schlammablagerungen ist rechtzeitig zu begegnen; wo es zugänglich ist, sollte jede Woche eine Nacht lang kräftig gespült werden.

Der Turbinenrechen ist ständig sauber und in bestem Zustand zu halten. Es sollen nicht nur die oberen Partien, sondern auch die unteren, und zwar stets von unten herauf, gereinigt werden. Ein gutes Reinhalten des Rechens ist besonders für Niedergefällenanlagen von Wichtigkeit. Ist hier der Rechen verschmutzt, so kann ein verhältnismäßig großer Verlust an Gefälle und Leistung entstehen.

Der Karbolineumanstrich der Hölzer und der Rostschutzanstrich der Eisenteile ist rechtzeitig zu erneuern, desgleichen der Bohlenbelag im Leerschuß.

Die Druckrohrleitung ist täglich abzugehen und zu besichtigen. Automatische Rohrverschlüsse, Schieber usw. sind regelmäßig auf ihre gute Gangbarkeit zu prüfen.

Die Bauteile des Turbinenhauses sind ständig zu beaufsichtigen. Die Turbinenkammern sind, wie bereits oben erwähnt, vor kalter Luft zu schützen, indem man die Einlaßschützen etwas tauchen läßt. Bei Stillstand und starkem Frost ist dafür Sorge zu tragen, daß das Wasser in den Turbinenkammern fortgesetzt in Bewegung bleibt, indem man, wie bereits oben erwähnt, die Turbinen leer weiterlaufen läßt.

Wo Talsperren vorhanden sind, ist eine ständige Kontrolle des ganzen Sperrenbauwerks notwendig; insbesondere hat man etwaige Bewegungen des Sperrenkörpers zu beobachten sowie die Sickerwassermenge zu messen. Die Ergebnisse sind in eine Tabelle ein-

zutragen, von der täglich Durchschriften an die Betriebsleitung abzuliefern sind. Auch hier hat man die Abschlußorgane der Entnahme- und Leerlaufvorrichtungen in regelmäßigen Zwischenräumen auf ihre Gangbarkeit zu prüfen.

### 105. Betrieb von Elektromotoren<sup>1)</sup>.

Es ist darauf zu achten, daß beim Anlassen des Motors richtig verfahren wird. Der Anlaßwiderstand ist langsam einzuschalten, da sonst eine zu große Stromstärke in den Motor eintritt, die unter Umständen den Anker beschädigt oder die Sicherung zum Schmelzen bringt. Keinesfalls darf es vorkommen, daß der Motor bei ausgeschaltetem Anlaßwiderstand eingerückt wird.

Vor Inbetriebsetzung des Motors ist bisweilen nachzusehen, ob alle Draht- und Leitungsverbindungen rein und fest verschraubt sind, und ob sich nicht etwa die Schrauben der Bürstenbolzen gelöst haben, so daß diese sich verdrehen können.

Die Bürsten müssen gut, aber nicht zu fest auf ihrer ganzen Fläche aufliegen. Speziell bei Gleichstrommotoren ist noch auf die richtige Stellung der Bürsten zu achten, da andernfalls Funkenbildung eintritt, durch die Verbrennungen der Bürsten und des Kollektors verursacht werden. Die Bürsten sollen im übrigen so gegeneinander versetzt sein, daß der ganze Kollektor bestrichen wird und keine unbenutzten Ringe entstehen.

Zu starke Funkenbildung kann eintreten, vorausgesetzt, daß an den Windungen des Motors nichts fehlt,

1. wenn die Bürsten in schlechtem Zustande oder nicht richtig eingestellt sind, oder wenn der Kollektor unrund oder rauh ist;
2. wenn der Motor überlastet ist.

Elektromotoren dürfen deshalb nicht auf die Dauer mit einer höheren Stromstärke beansprucht werden, als auf dem Fabrikschild angegeben ist. Wenn in die Leitung kein Strommesser eingeschaltet ist, der den Stromverbrauch des Motors dauernd anzeigt, so ist ein solcher jedenfalls dann einzuschalten, wenn wegen Funkenbildung oder starker Erwärmung des Motors eine Überlastung vermutet wird.

Der Kollektor ist, wenn er rauh zu werden beginnt, abzuschmiegeln, und zwar am besten unter Benützung eines Holzes, das der Rundung des Kollektors angepaßt ist. Das Abschmiegeln ist so lange fortzusetzen, bis der Kollektor völlig eben und rein ist. Bei stark angefressenem Kollektor muß erst grobes Schmirgelleinen genommen werden; zum Schlusse soll jedoch die Arbeit mit feinstem

<sup>1)</sup> Seitens der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften wurde eine „Anweisung für das Betriebspersonal für elektrische Licht- und Kraftanlagen“ herausgegeben, deren Beachtung im eigenen Interesse der Motorenbesitzer gelegen ist. Es sei deshalb hier darauf verwiesen.



Schmirgelpapier vollendet werden, so daß der Kollektor wie poliert erscheint. Zweckmäßig drückt man hierbei das Schmirgelleinen an die untere Seite des Kollektors an, damit etwa abfallender Staub nicht in die Bürsten gelangt.

Bei rauhem Kollektor entstehen gemäß oben Funken, wodurch er selbst und die Bürsten stärker abgenützt werden, als dies durch öfteres Abschmirlen geschieht.

Was im vorstehenden für die Kollektoren von Gleichstrommotoren ausgeführt wurde, gilt in der Hauptsache auch für die Schleifringe der verschiedenen Arten von Wechselstrommotoren, soweit dieselben mit Schleifringankern ausgerüstet sind. Auch hier wird bei schlechtem Zustand der Bürsten und der Schleifringe, insbesondere bei Unrundsein der letzteren, Funkenbildung eintreten. Die Schleifringe müssen deshalb von Zeit zu Zeit abgeschmirgelt werden, damit sie glatt und metallisch rein sind; die Federn, die die Bürsten andrücken, dürfen auch hier weder zu lose, noch zu fest gespannt sein. In beiden Fällen hüpfen die Bürsten auf den Schleifringen. Außerdem ist bei zu starkem Anpressen der Bürsten die Abnützung unnötig groß.

Um eine zu starke Abnützung der Schleifringe zu vermeiden, wähle man für Wechsel- und Drehstrom Motoren mit abhebbaren Bürsten. In diesem Fall sind die Bürsten nur während des Ingangsetzens des Motors aufgelegt, während sie im Betriebe gewöhnlich durch einen Hebelgriff vom Schleifring abgehoben werden, nachdem vorher durch denselben Griff die Kurzschließung der Schleifringe erfolgt ist.

Beim Betriebe der Elektromotoren sowie beim Abschmirlen der Stromabgeber entsteht Kupferstaub und Kohlenstaub der Bürsten, der in die Wicklungen eindringt und sich daselbst leicht festsetzt. Es ist deshalb darauf zu achten, daß der Kupferstaub stets wieder entfernt wird, indem vor dem Ingangsetzen die Wicklungen mittels Blasebalg und weichem Borstenpinsel sorgfältig gereinigt werden. Bei starkem Betrieb sollte dies täglich geschehen, weil sonst unter Umständen Gehäuseschluß (Körperschluß, Erdschluß) und dadurch eine Beschädigung des Motors entstehen kann. Tritt Gehäuseschluß ein, so nimmt der Motor meist unverhältnismäßig viel Strom auf; gleichzeitig kann hierbei seine Leistung zurückgehen, wenn nicht, was wohl die Regel bildet, die vorgeschaltete Sicherung durchschmilzt.

Auch der beim Betriebe des Motors aufwirbelnde, sich in den Wicklungen und zwischen den Leitungen und Klemmschrauben ablagernde Staub muß durch Ausblasen und Abpinseln entfernt werden. Dies ist besonders bei Hochspannungsmotoren von Wichtigkeit. Der Staub kann nämlich in Verbindung mit Feuchtigkeit und Öl Gehäuse- bzw. Erdschluß verursachen und so das Durchschlagen einzelner Wicklungsspulen und die Zerstörung der Isolation herbeiführen.

Zeigt sich nach längerem Betriebe, daß der Kollektor nicht mehr genau rund läuft, so muß derselbe auf einer Drehbank langsam

abgedreht werden. Bloßes Abfeilen genügt nicht, weil hierbei der Stromabgeber unrund bleiben würde. Für größere Motoren können auch passende Supporte, die an das Gehäuse des Motors angeschraubt werden, von der Lieferantin des Motors bezogen werden. Beim Abdrehen des Kollektors ist die größte Vorsicht zu beachten und nach dem Abdrehen nachzusehen, ob sich kein Grat an den einzelnen Lamellen gebildet hat, der vielleicht die Isolierschicht zwischen denselben überbrückt.

Es empfiehlt sich, den Kollektor bzw. die Schleifringe während des Betriebes täglich mehrmals mit sogenannter Kommutatorschmiere leicht einzufetten, oder wenn solche nicht vorhanden, mit einem ölbefeuchteten Lappen zu überfahren, so daß auf der Oberfläche ein leichter Hauch von Öl entsteht. Auf diese Weise wird die Abnutzung von Bürsten und Stromabgeber verringert.

Zum Schmieren der Lager ist gutes, dünnflüssiges Mineralöl zu verwenden. Da heute alle Motoren mit Ringschmierung ausgerüstet sind, so genügt es im allgemeinen, wenn das Öl in vierteljährlichen Zeitabständen erneuert wird. Nur bei neuen Motoren sollte das Öl anfangs öfter ersetzt werden.

Die Ölkammern sind so weit zu füllen, bis das Öl in den gläsernen Standröhrchen die Marke erreicht hat, oder (bei anderen Bauarten) bis das Öl beim Überlauf herauskommt.

Wenn das abgelassene Öl sehr unrein ist, so empfiehlt sich ein Ausspülen der Ölkammern mit Petroleum.

Es ist sodann noch darauf hinzuweisen, daß brennbare Stoffe, sei es, daß sie dem Gebäude angehören (Holzwände), oder daß sie im Motorenraum aufbewahrt werden (Putzwolle), von denjenigen Teilen der Motoren und Apparate fernzuhalten sind, die Funken erzeugen oder betriebsmäßig warm werden, wie Anlasser. Die Größe der nötigen Entfernung richtet sich nach Art, Größe und Spannung der Motoren.

Außer brennbaren Stoffen sind auch leitende Stoffe, wie eiserne oder metallene Drehspäne, kleine Werkzeuge und dergl. von den Motoren fernzuhalten. Dieselben können nämlich durch Auffallen auf die Klemmen, Kollektoren und andere blanke Teile zu Kurzschluß und Feuer Anlaß geben.

Vorstehende Betriebsvorschriften beziehen sich in erster Linie auf Motoren normaler Spannung. Der Betrieb von Hochspannungsmotoren erfordert besondere Bedienungsvorschriften.

## 106. Betriebskontrolle bei Dampfkraftanlagen.

Eine aufmerksame und sachgemäße Kontrolle liegt sowohl im Interesse der Betriebssicherheit als auch im Interesse der Wirtschaftlichkeit. Bei Kolbenmaschinen sollte man es nicht versäumen, von Zeit zu Zeit Indikatordiagramme abzunehmen, insbesondere nach

Ausbesserungsarbeiten. Dieselben lassen Fehler in der Dampfverteilung und bis zu einem gewissen Grade auch Undichtigkeiten erkennen. Die Kosten des Indizierens machen sich meist reichlich bezahlt. Denn bei abnormaler Diagrammform ist der Dampfverbrauch der Maschine unter Umständen ganz wesentlich höher als bei richtiger Diagrammform.

Um die etwas zeitraubende Auswertung der Indikatordiagramme zu vermeiden, kann gegebenenfalls ein sog. Leistungszähler angewendet werden. Dies ist ein Apparat, der selbsttätig den mittleren Flächeninhalt der sämtlichen, während eines bestimmten Zeitabschnittes abgenommenen Diagramme ausrechnet und an einem Zählwerk ablesen läßt<sup>1)</sup>.

Um sich ein ungefähres Bild von den Belastungsschwankungen und der Beanspruchung einer Maschinenanlage zu verschaffen, kann sich auch die Anwendung eines registrierenden Belastungsanzeigers empfehlen. Durch diesen wird, ähnlich wie in elektrischen Zentralen durch registrierende Wattmeter, Ampèremeter und dergl., die Belastungskurve einer Maschine durchlaufend aufgezeichnet.

Um eine Vorstellung von dem Dampfverbrauch einer Maschine zu bekommen, kann man in die Speiseleitung der Kesselanlage einen Wassermesser einbauen. Durch regelmäßige Beobachtung des Wassermessers und durch gleichzeitige Aufschreibungen über die Belastung der Maschine erhält man die ungefähre Größe des Dampfverbrauches. Hat letzterer bei gleichbleibenden Belastungsverhältnissen gegenüber früher zugenommen, so kann man darauf schließen, daß an der Maschine etwas nicht in Ordnung ist.

Allerdings gibt die Beobachtung des Speisewasserverbrauches nur dann ein Bild von dem Dampfverbrauch einer Maschine, wenn nicht gleichzeitig Dampf für andere Zwecke entnommen wird. Letzteres trifft dort zu, wo die Kesselanlage auch Dampf für Heiz- und Kochzwecke liefern muß, sowie dort, wo mehrere Maschinen gleichzeitig im Betriebe sind. Im letzteren Fall läßt sich nicht ohne weiteres entscheiden, welche Maschine den erhöhten Dampfverbrauch verursacht.

Bei Maschinen mit Oberflächenkondensation (Dampfturbinen) kann der Dampfverbrauch genau ermittelt werden, wenn man in die Kondensatleitung der betreffenden Maschine einen Wassermesser einschaltet.

Unterschiede im Dampfverbrauch einer Maschine können unter anderem darauf zurückzuführen sein, daß deren Schmierungs Zustand nicht immer derselbe ist, daß sich der Verbrauch der Speisepumpen ändert und daß die Kondenswasserableiter nicht ordnungsgemäß arbeiten und Dampf entweichen lassen. Die Kondensstöpfe sind daher sorgfältig zu überwachen.

Bemerkt sei, daß ein Speisewassermesser immer nur den ge-

---

<sup>1)</sup> Näheres hierüber siehe Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1910, S. 1233.

samten bzw. mittleren Dampfverbrauch mißt. Um die jeweilige Größe des Dampfverbrauchs kennen zu lernen, muß man in die Zuleitung zur Maschine einen Dampfmesser einbauen. Ein solcher ist insbesondere dort von Vorteil, wo außer dem Maschinendampf noch Dampf für besondere Zwecke entnommen wird.

Es bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, daß sich die Betriebskontrolle auch auf den Gang der Maschinen und den Zustand ihrer einzelnen Teile, insbesondere der Lager, Stopfbüchsen usw. zu erstrecken hat. Undichtheiten der letzteren infolge starker Abnutzung der Kolbenstange, unrichtigen Zusammenbaus der Stopfbüchsen und dergl. sind ohne weiteres an dem Austreten von Dampf während des Betriebes zu erkennen. Starke Abnutzung der Kolbenstange ist unter Umständen eine Folge unrichtiger Stopfbüchsenkonstruktion.

Die Maschine ist im übrigen regelmäßig zu behorchen und zu befühlen, um festzustellen, ob sich infolge natürlicher Abnutzung, infolge vorgekommenen Fressens, infolge Lockerung von Schrauben oder dergl. zu große Spielräume in den Lagern herausgebildet haben. Außerdem sind die einzelnen Lager, insbesondere das Kurbelzapfenlager und die Wellenlager regelmäßig zu befühlen, um ein allenfallsiges Warmlaufen rechtzeitig zu erkennen.

Nicht zuletzt hat sich eine aufmerksame Betriebskontrolle auch darauf zu richten, daß die Schmierung nicht in übertriebener Weise stattfindet und daß das ablaufende Öl gereinigt und wiederverwendet wird. Durch die Rückgewinnung des Öls aus dem Abdampf und den verschiedenen Gleitstellen lassen sich bedeutende Ersparnisse erzielen.

Ebenso wichtig wie beim maschinellen Teil ist eine regelmäßige Betriebskontrolle auch bei der Kesselanlage. Es ist für die Wirtschaftlichkeit des Dampfkesselbetriebs von größter Bedeutung, daß die Feuerung gut instand gehalten und so bedient wird, daß der Luftüberschuß weder zu groß noch zu klein ist. Zu großer Luftüberschuß tritt meist dann ein, wenn der Rost zu schwach belegt ist. Ist die Belastung, wie z. B. bei Elektrizitätswerken in der Sommerszeit, dauernd eine geringere, so empfiehlt sich die Außerbetriebsetzung eines oder mehrerer Kessel; ist nur ein einziger Kessel in Betrieb, so ist dessen Rost durch teilweises Abmauern mit Schamottesteinen entsprechend zu verkleinern.

Bei zu geringer Rostleistung ist es sehr schwer, die ganze Rostfläche gleichmäßig zu bedecken. Wenn hierbei der Rost nicht ganz sorgfältig überwacht wird, so entstehen leicht Löcher, bei mechanischen Rostbeschickern Wellen, durch die die Luft im Überschuß eintritt. Bei Handfeuerung ist man noch am ehesten in der Lage, mit kleiner Schichthöhe zu arbeiten, wie die Rekordversuche an Lokomobilen beweisen, die meist mit ganz geringer Schichthöhe und entsprechend schwachem Zug durchgeführt werden.

Um sich von dem richtigen Funktionieren der Feuerung zu überzeugen, gibt es verschiedene Mittel. Die einfachsten bestehen

darin, daß man das Aussehen des Feuers und die Rauchstärke beobachtet. Weitere Mittel bestehen in der Anwendung von Rauchgasthermometern, Zugmessern und Kohlendioxidmessern. In Betrieben mit gleichbleibender Belastung gibt schon die fortlaufende Kohlen- und Speisewassermessung ein Bild von der Güte der Feuerbedienung.

Insbesondere Zugmesser und Kohlendioxidmesser ermöglichen eine zuverlässige Feuerungskontrolle und sollten deshalb in keiner größeren Anlage fehlen. Sie gestatten nicht nur, den Heizer zu kontrollieren, sondern sie erleichtern auch diesem die sachgemäße Feuerbedienung, besonders bei veränderlicher Belastung und bei wechselndem Brennstoff.

Temperaturmessungen, Zugmessungen, Kohlen- und Abgasuntersuchungen sind für die Betriebsüberwachung von Feuerungs- und Kesselanlagen ebenso notwendig wie die Indizierung bei Kolbenmaschinen.

Bei Beobachtung des Feuers ist vor allem auf dessen Helligkeit zu achten. Ist das Feuer ganz weißglühend, so wird mit einem zu großen Luftüberschuß gearbeitet. Ist andererseits das Feuer zu dunkel und bilden sich qualmende Flammen (Rauchspiralen), so ist die Luftzufuhr eine ungenügende, die Verbrennung also eine unvollkommene. Man muß dann mehr Luft geben oder eine niedrigere Schichthöhe halten.

Meist ist die Verbrennung dann eine gute, wenn das Feuer eine hellkirschrote bis hellgelbe Farbe aufweist. Allerdings wird die Helligkeit des Feuers auch noch vom Brennstoff und von der Art der Feuerung beeinflußt. In einer Vorfeuerung entstehen bei gleich guter Verbrennung höhere Temperaturen als in einer Innenfeuerung. Dementsprechend wird in der ersteren das Feuer ein helleres sein. Immerhin jedoch bekommt man bei einem bestimmten Kessel nach längerer Übung ganz brauchbare Resultate, insbesondere wenn man des öfteren Kontrollversuche mittels eines Kohlendioxidmessers macht.

Die Feststellung der Rauchstärke kann durch einfache Beobachtung der Schornsteinmündung oder mit Hilfe eines besonderen Apparates erfolgen. Es ist zwar nicht gesagt, daß bei rauchlosem Schornstein am wirtschaftlichsten gefeuert wird; denn bei gänzlicher Rauchlosigkeit ist es leicht möglich, daß der Luftüberschuß zu groß ist. Jedenfalls aber steht fest, daß bei starker Rauchbildung beträchtliche Wärmeverluste durch Ruß und vor allem durch brennbare Gase entstehen. Der Heizer soll deshalb möglichst oft nach der Schornsteinmündung sehen und die Folgen seiner Feuerbedienung beobachten. Damit dies in bequemer Weise vom Heizerstand aus möglich ist, empfiehlt sich die Anbringung von Fenstern (Oberlichtern) oder von Spiegeln.

Bei Anwendung des gewöhnlichen Zugmessers handelt es sich darum, den Unterdruck zu bestimmen, der in dem Feuerraum oder in den Feuerzügen herrscht. Meist begnügt man sich hierbei mit der Bestimmung der Zugstärke, d. i. des Unterdrucks in Millimeter Wassersäule am Kesselende, vor dem Rauchschieber gemessen.

Je stärker der Kessel beansprucht wird, mit desto größerer Zugstärke und höherer Brennstoffschicht ist zu arbeiten und umgekehrt. Wenn bei unveränderter Stellung des Rauchschiebers der Unterdruck wächst, so ist dies ein Zeichen für die zunehmende Verschlackung des Rostes. Geht andererseits die Anzeige des Zugmessers zurück, so deutet dies darauf hin, daß entweder die Kohlschicht zu weit niedergebrannt ist oder daß sich Lücken in derselben befinden, daß infolgedessen mit zu großem Luftüberschuß gearbeitet wird.

Der Heizer arbeitet dann am günstigsten, wenn er danach trachtet, mit der geringsten Rauchschieberöffnung, d. h. mit dem geringsten Zug auszukommen. Denn in diesem Fall ist der Luftüberschuß möglichst gering, der Kohlensäuregehalt der Rauchgase also möglichst groß.

Der Differenzzugmesser mißt, wie schon der Name sagt, den Zugunterschied zwischen zwei Stellen der Feuerzüge. Die Anzeigen des Differenzzugmessers ändern sich bei gleichbleibendem Stand des Rauchschiebers im entgegengesetzten Sinn wie diejenigen des einfachen Zugmessers. Wenn die Brennstoffschicht niedergebrannt ist oder wenn Löcher in derselben sind, so tritt mehr Luft ein und der Zugunterschied wird dementsprechend größer. Das allmähliche Verschlacken des Rostes hingegen macht sich bei gleicher Stellung des Rauchschiebers dadurch bemerkbar, daß der Zugunterschied abnimmt.

Je stärker der Kessel beansprucht wird, desto größer ist das durch die Feuerzüge strömende Gasvolumen, desto größer fällt der Zugunterschied aus und umgekehrt. Der Heizer arbeitet dann am günstigsten, wenn er die normale Dampfmenge mit dem kleinsten Zugunterschied erzeugt.

Wenn man beim einfachen Zugmesser nicht gleichzeitig die Stellung des Rauchschiebers beachtet, so kann man zu ganz falschen Schlüssen kommen. Man sollte deshalb außer einem einfachen Zugmesser möglichst noch einen Differenzzugmesser anschließen. Man kann auch einen sog. Verbundzugmesser, d. i. eine Vereinigung des einfachen und des Differenzzugmessers, anwenden.

Der günstigste Unterdruck und Zugunterschied kann nur auf experimentellem Wege ermittelt werden; er hängt vom Brennstoff, von der Art und Größe der Anlage, von der Art des Betriebes und anderen Faktoren ab.

Bezüglich der Kohlensäuremesser sei bemerkt, daß diese zur Ermittlung der Zusammensetzung der Rauchgase, insbesondere zur Bestimmung ihres Kohlensäuregehaltes dienen. Hierher gehört der gewöhnliche, von Hand zu bedienende Orsatapparat sowie die verschiedenen selbsttätigen Gasanalysatoren. Bei den letzteren wird der Kohlensäuregehalt selbsttätig auf einer Trommel registriert.

Will man den Kohlensäuregehalt nur im Tagesdurchschnitt bestimmen, so kann man zu Beginn des Betriebes hinter jedem Kessel eine Saugflasche anschließen, die man nach Betriebsschluß wieder wegnimmt. Dieselbe saugt während der ganzen Betriebszeit Rauch-

gase ab und gibt infolgedessen einen guten Durchschnitt. Nur muß man darauf achten, daß sich auf dem Wasser stets eine Glycerinschicht oder eine Ölschicht befindet, weil sonst Kohlensäure durch das Wasser absorbiert wird. Die Folge wäre ein zu geringer Kohlensäuregehalt, ohne daß hierfür der Heizer oder die Feuerung verantwortlich gemacht werden kann.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die Abgastemperatur unter sonst gleichen Verhältnissen, ebenso wie die Zugstärke, um so niedriger ausfällt, je höher der Kohlensäuregehalt der Rauchgase ist, und umgekehrt. Andererseits jedoch kann eine hohe Abgastemperatur auch die Folge großer Kesselanstrengung oder starker Verunreinigung der Heizflächen sein. Wo letzteres nicht zutrifft, fehlt es am Rost, sei es, daß derselbe unachtsam bedient wird oder daß er zu groß ist und des Abdeckens bedarf.

Ist der Luftüberschuß klein, d. h. der Kohlensäuregehalt der Rauchgase groß und man bekommt trotzdem eine abnormal hohe Überhitzung, so deutet dies auf die Bildung brennbarer Gase hin, die erst vor oder in dem Überhitzer zur Entzündung kommen.

## 107. Betriebskontrolle bei Verbrennungsmaschinenanlagen.

Bezüglich der Beobachtung der Maschine und ihrer bewegten Teile, der Schmierung usw. gilt dasselbe wie für Dampfkraftmaschinen. Im übrigen ist jedoch bei Verbrennungsmaschinen eine so weitgehende Betriebskontrolle wie bei Dampfkraftanlagen nicht üblich und in gewissem Sinne auch nicht notwendig. Da sich bei Verbrennungsmaschinen, wenigstens bei Leuchtgas-, Benzin-, Naphthalin- und Dieselmotoren, der Verbrennungsvorgang automatisch unter dem Einfluß der Steuerung abspielt, so ist man hier nicht in dem Maße wie bei Dampfanlagen von der Aufmerksamkeit und Sachkenntnis des Bedienungspersonals abhängig. Auch in dem Generator einer Kraftgasanlage regelt sich der Verbrennungsprozeß, vorausgesetzt, daß der Generator in gleichmäßig gutem Zustand gehalten wird, von selbst. Ist an einer Verbrennungsmaschine etwas nicht in Ordnung oder erzeugt der Generator schlechtes Gas, so macht sich dies meist schon dadurch bemerkbar, daß die Leistung zurückgeht. Eine nachlässige und fehlerhafte Bedienung und Wartung gefährdet also hier in erster Linie die Ausnutzungsmöglichkeit bzw. die Betriebssicherheit. Im Gegensatz hierzu gibt eine Dampfmaschine auch unter ungünstigen Verhältnissen ihre Leistung her, wenn auch im allgemeinen auf Kosten ihrer Wirtschaftlichkeit. Bei Dampfanlagen erscheint daher eine schärfere Betriebskontrolle im Interesse der Wirtschaftlichkeit geboten.

Ebenso wie bei Dampfmaschinen kann man auch bei Verbrennungsmaschinen von dem Indikator Gebrauch machen. Allerdings sollte man hier auf die Form des Diagramms nicht allzuviel Gewicht legen. Es kommt nicht selten vor, daß ein Diagramm hinsichtlich

seiner Verbrennungslinie etwas von der normalen Form abweicht und der Verbrauch der Maschine trotzdem günstig ist, und umgekehrt.

Auch der im vorhergehenden Abschnitt erwähnte Leistungsmesser sowie der registrierende Belastungsanzeiger können bei Verbrennungsmaschinen gegebenenfalls Anwendung finden.

Laufende Abgasuntersuchungen, wie solche bei Kesselanlagen üblich sind, kommen hier nicht in Betracht, weil gerade die Bestimmung der hier interessierenden unverbrannten Gase nicht in so einfacher Weise möglich ist, wie die Kohlensäurebestimmung bei Kesselanlagen.

Auch eine Beobachtung der Abgase hinsichtlich Rauchens läßt hier nicht immer sichere Schlüsse auf die Güte der Verbrennung im Arbeitszylinder zu. Ist nämlich die Verbrennung eine gute, so kann trotzdem der Auspuff infolge zu starker Schmierung des Arbeitszylinders rauchen (Öldampf). Bei Leuchtgasmotoren sowie bei Sauggasanlagen macht sich eine unvollkommene Verbrennung am Auspuff überhaupt nicht bemerkbar. Dagegen zeigt sich eine schlechte Verbrennung bei Maschinen, die mit flüssigen Brennstoffen betrieben werden, durch rußenden Auspuff an. Rußt der Auspuff, so ist die Ursache des Rußens schon im Interesse der Wirtschaftlichkeit sofort zu beseitigen.

Speziell bei Dieselmotoren ist in der Hauptsache das Manometer am Einblasegefäß zu beobachten. Hat der Einblasedruck die richtige Höhe, so ist dies ein Zeichen, daß der Kompressor und der Zerstäuber in Ordnung sind. Wäre der Zerstäuber verstopft, so würde sich dies an einem Steigen des Einblasedrucks bemerkbar machen. Wenn andererseits die Ventile der Luftpumpe nicht mehr abdichten, so macht es Schwierigkeiten, den Einblasedruck auf der richtigen Höhe zu halten.

Bei Kraftgasanlagen kann man sich zeitweise davon überzeugen, ob das Gas seinen normalen Heizwert besitzt. Man kann zu diesem Zweck gegebenenfalls ein registrierendes Kalorimeter anwenden; ein solches kommt allerdings sehr teuer. Häufig begnügt man sich deshalb auch damit, den Kohlensäuregehalt des Gases zu bestimmen. Ist derselbe abnormal hoch, so ist am Generator etwas nicht in Ordnung. Letzteres kann allerdings auch durch bloße Beobachtung des Generators festgestellt werden. Man hat sich nur davon zu überzeugen, ob der Generator nicht verschlackt ist und ob er sich in richtiger Glut befindet. Dies läßt sich durch Schaulöcher, durch Hineinstecken einer Stange bzw. eines Drahtes oder auch durch bloßes Befühlen des Generatormantels erkennen.

Bei den früher gebräuchlichen Druckgasanlagen bediente man sich zur Kontrolle des Generatorgangs einer ständig brennenden Flamme. Brannte dieselbe ruhig und hatte bei gleichbleibendem Druck konstante Länge sowie das richtige Aussehen, so war zu schließen, daß das Gas in Ordnung ist. Wenn jedoch die Flamme flackerte, so deutete dies auf einen schlechten Heizwert des Gases hin. Außer-



dem zeigte die mehr oder weniger rote Farbe der Flamme einen größeren oder kleineren Teergehalt des Gases an. Diese Kontrolle kann auch bei Sauggasanlagen angewendet werden, wenn man das für die Flamme erforderliche Gas mittels eines Gebläses, z. B. mittels eines Wasserstrahlgebläses, absaugt und unter gleichmäßigem Druck abbrennen läßt.

In der Hauptsache kommt es bei Sauggasanlagen darauf an, daß der Gasdruck nicht zu sehr schwankt. Dies kann ohne weiteres durch Beobachtung der bei jeder Anlage vorgesehenen Unterdruckmesser festgestellt werden.

Naturgemäß kommt es bei Kraftgasanlagen auch auf die Gaszusammensetzung an. Jedoch hat es auf die Motorleistung wenig Einfluß, wenn der Heizwert des Gases z. B. zwischen 1100 und 1300 WE schwankt, vorausgesetzt, daß die Schwankungen nicht zu plötzlich eintreten. Man kann sich hier immer durch entsprechende Einstellung des Gas- und Lufthahns, d. h. durch Änderung der Gemischzusammensetzung helfen, soweit dies nicht schon durch den Regulator besorgt wird.

### 108. Betriebsführung bei starken Belastungsschwankungen.

Wenn der Kraftverbrauch eines Werkes regelmäßig wiederkehrenden Schwankungen unterworfen ist, so kann man es durch rechtzeitiges Ein- und Ausschalten von Maschinensätzen meist so einrichten, daß die im Betrieb befindlichen Maschinen unter möglichst wirtschaftlichen Bedingungen arbeiten. Ein Betriebsleiter, der seine Belastungsverhältnisse kennt, wird bei ungünstiger Belastung seines Werkes den Ausweg suchen, die Antriebskraft zu unterteilen, um z. B. in der Nacht nur eine Maschine laufen zu lassen und auf diese Weise Betriebsführungskosten und Brennstoffkosten der übrigen Maschinen zu sparen. Für derartige Betriebe eignen sich insbesondere Hochdruck-Ölmaschinen sehr gut, da sie keine Stillstands- und Anheizverluste haben. So ergibt sich z. B. für die Betriebskosten einer aus drei Maschinen von je 150 PS bestehenden Dieselanlage die in Fig. 103 dargestellte Schaulinie.

In Fällen, in denen sich der Kraftverbrauch plötzlich und unvorhergesehen innerhalb weiter Grenzen ändert, dürfen die Maschinen nur zum Teil beansprucht werden. Die verfügbare Kraftreserve muß in jedem Augenblick so groß sein, daß ein plötzlicher Mehrbedarf an Kraft von den im Betrieb befindlichen Maschinen gedeckt werden kann, ohne daß eine Überlastung der Maschinen und ein Tourenabfall zu befürchten ist.

Bei Dampfkraftanlagen darf die Zahl der unter Dampf zu haltenden Kessel nicht allein nach deren Maximalleistung bemessen werden. Die Beanspruchung muß unter Umständen wesentlich geringer, d. h. die Zahl der unter Dampf zu haltenden Kessel größer sein, damit bei plötzlicher unerwarteter Belastungssteigerung ein ge-

nügendes Wärmebeharrungsvermögen vorhanden ist. Andernfalls kann es vorkommen, daß der Dampfdruck ganz erheblich zurückgeht, auch in Fällen, in denen mit künstlichem Zug gearbeitet wird.

Sauggasanlagen vertragen überhaupt keine plötzlichen größeren Belastungssteigerungen, weil sie keine nennenswerte Gasreserve besitzen und der Generator seinen Wärmezustand nicht plötzlich zu ändern und mehr Gas zu liefern vermag. Das Gas wird bei plötzlicher Zunahme der Belastung zunächst schlechter, weil der Glutzustand des Generators für die neue Belastung nicht stimmt; der Motor läßt infolgedessen in seiner Leistung nach. Wo plötzliche größere Belastungssteigerungen vorkommen, muß deshalb ein Gasometer eingeschaltet werden, dessen Gasinhalt so lange vorhält, bis sich der Wärmezustand des Generators der neuen Belastung angepaßt hat. Dies ist bereits nach kurzer Zeit, nach etwa 5—10 Minuten, der Fall.

Das Gas wird hierbei durch einen Ventilator aus der Generatoranlage abgesaugt und in die Gasglocke gedrückt.

### 109. Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten.

Machen sich Ausbesserungsarbeiten notwendig, so sollte mit deren Vornahme nicht zu lange gewartet werden, da hierdurch nicht nur wirtschaftliche Nachteile, sondern unter Umständen auch Gefahren für die Umgebung entstehen können. Eine kleine Ursache kann leicht einen großen Schaden herbeiführen. So z. B. kann das Verstopfen des Wasserstandsglases eines Kessels Einbeulungen oder gar eine Explosion zur Folge haben.

Die Fristen, innerhalb deren eine Maschinenanlage zu reinigen ist, hängen außer von der Art des Betriebes noch von der Belastung, der Betriebsdauer, dem verwendeten Brennstoff und Schmiermaterial sowie von der Güte der Bedienung und Wartung ab. Ist z. B. bei Großgasmaschinen das Gas schlecht gereinigt oder ist es bei Sauggasanlagen stark teerhaltig, so muß entsprechend öfter gereinigt werden. Bei Verbrennungsmaschinen, die mit flüssigen Brennstoffen betrieben werden, ist auch die Einstellung der Maschine bzw. die Vollkommenheit der Verbrennung im Arbeitszylinder von Einfluß. Näheres über die Reinigungsfristen enthalten die Abschnitte über den Betrieb der verschiedenen Maschinen.

Speziell bei Kesselanlagen hängen die Reinigungsfristen vor allem von der Reinheit des Speisewassers und der Art der verheizten Kohle ab. Außerdem kommt noch das Kesselsystem, die Beanspruchung und die Betriebsdauer in Betracht. Auf die Verunreinigung der Heizflächen durch Ruß und Flugasche ist außerdem noch die Korngröße der Kohle und die Güte der Verbrennung von Einfluß. Je unvollkommener die Verbrennung ist, desto stärker wird die Rußbildung sein und um so häufiger wird man eine Reinigung der Feuerzüge vornehmen müssen. Auch bei Verheizung von Klein- oder Grieskohlen

wird wegen ihrer starken Flugaschenbildung eine öftere Reinigung der Züge notwendig. In derartigen Fällen kann sich eine Reinigung des Kessels schon nach etwa 500—600 Betriebsstunden empfehlen, da andernfalls der Wärmeübergang und damit die Brennstoffausnutzung verschlechtert werden. Bei Verfeuerung guter Steinkohle von nicht zu geringer Korngröße kann die Kesselanlage 1000 Stunden und mehr betrieben werden, ehe eine Reinigung der Kesselzüge von Ruß und Flugasche notwendig wird.

Unter sonst gleichen Belastungs- und Feuerungsverhältnissen hat man in der ständigen Kontrolle der Abgastemperatur ein Mittel, um sich über den Grad der Verunreinigung eines Kessels zu orientieren. Je teurer der verfeuerte Brennstoff ist, desto früher wird man sich zur Außerbetriebsetzung und Reinigung des Kessels entschließen, d. h. die Frage, wie oft sich die Reinigung eines Kessels empfiehlt, ist im letzten Grunde eine wirtschaftliche Frage.

## 110. Das Schmieröl, seine Reinigung und Wiederverwendung.

Die Hauptanforderung, die an das Schmiermittel zu stellen ist, ist gute Schmierfähigkeit und vollkommene Reinheit von mechanischen Verunreinigungen. Im übrigen muß das Öl frei von Säure und harzigen Bestandteilen sowie von Wasser sein. Gutes Maschinenöl muß sich in Benzin klar und ohne Rückstände lösen. Der Gehalt an Substanzen, die durch konzentrierte Schwefelsäure zerstörbar sind, darf höchstens 5—6% betragen.

Der Flüssigkeitsgrad (nach Engler) von Gas- und Dampfmaschinenölen sollte bei einer Temperatur des Schmieröls von 50° C etwa 7—9 betragen, für Elektromotoren- und Dynamoöle etwa 3—4. Der Flammpunkt nach Pensky-Martens soll je nach dem Verwendungszweck zwischen 200 und 310° C liegen. Für die Zylinderschmierung von Verbrennungsmaschinen, für Lagerschmierung sowie überhaupt für die Schmierung kaltlaufender Maschinenteile genügt es, wenn der Flammpunkt nicht unter 200° C liegt. Nur für die Luftpumpe von Dieselmotoren sollte der Flammpunkt möglichst nicht unter 290 bis 300° C betragen. Für Kolbenmaschinen, die mit hoch überhitztem Dampf betrieben werden, richtet sich der Flammpunkt nach der Dampftemperatur. Wenn möglich, sollte der Flammpunkt höher sein als die Eintrittstemperatur des Dampfes; keinesfalls sollte er bei Heißdampfmaschinen unter 280—300° C liegen<sup>1)</sup>.

Der Brennpunkt des Schmieröls hängt mit dessen Flammpunkt zusammen und sollte möglichst nicht unter 250° C sein. Bezüglich des Verhaltens in der Kälte ist zu fordern, daß das Öl bei — 5° C noch fließt.

<sup>1)</sup> Den besten Aufschluß über die Eignung eines Öles für Dampfmaschinen gibt nicht die Laboratoriumsuntersuchung, sondern die Betriebsprobe. Läßt man während des normalen Betriebes Dampf aus dem Indikatorhahn gegen ein Blatt Papier strömen, so darf sich nur ein gelblicher Ölfleck bilden. Entstehen dagegen dunkle oder schwarze Stellen, so ist das Öl ungeeignet.

Bemerkt sei, daß man unter dem Flüssigkeitsgrad eines Öles eine Vergleichszahl gegenüber Wasser von 20° C versteht. Ein Öl, das bei 50° C zum Durchfließen durch die Bodenöffnung des Englerschen Viskosimeters 9 mal soviel Zeit braucht als Wasser von 20° C, wird mit „Flüssigkeitsgrad 9 bei 50° C nach Engler“ bezeichnet. Unter Flammpunkt versteht man diejenige Temperatur des Öles, bei der die durch Erwärmung gebildeten Öldämpfe bei Annäherung einer Flamme verpuffen oder verbrennen. Brennpunkt bezeichnet die Temperatur des Öles, bei der es, mit einem brennenden Körper in Berührung gebracht, weiterbrennt.

Durch die Reinigung und Wiederverwendung des aus den Lagern, der Gleitbahn usw. abfließenden Öles sowie durch die Entölung des Abdampfes und des Kondensats von Kolbendampfmaschinen lassen sich erhebliche Ersparnisse erzielen. Speziell bei Verbrennungsmaschinen geht in der Hauptsache nur das Schmieröl verloren, das im Arbeitszylinder verbrennt.

Das gebrauchte Öl kann nach sorgfältiger Reinigung mit einem entsprechenden Zusatz von frischem Öl wieder verwendet werden. Wird das Öl mit der Zeit schlecht, so macht sich dies durch Steigen der Lagertemperaturen usw. bemerkbar.

Eine Ölreinigungseinrichtung besteht in der Regel aus zwei Absetzbehältern, einem Hochbehälter und dem eigentlichen Ölfilter nebst Packvorrichtung, Handpumpe und Leitungen. Das schmutzige Schmieröl läuft von der Grundplatte der Maschine in den ersten Absetzbehälter, wo die größten Unreinigkeiten und allenfalls beigemengtes Wasser sich absetzen und durch einen Schlammhahn abgelassen werden können. Alsdann tritt das Öl in den zweiten Absetzbehälter, in dem sich weiterer Schlamm absetzt, und wird von hier in den Hochbehälter gepumpt, von dem es durch das eigentliche Filter gedrückt wird. Das Filter besteht aus mehreren hintereinander geschalteten Kammern (Einsätzen), die einzeln herausgenommen werden können, behufs Auswechslung der verschmutzten Filtermasse. Der Eintrittsdeckel und der Raum unter dem Filter können zur Erhöhung der Leistung durch Dampf oder warmes Wasser geheizt werden.

Alle 4—8 Tage, wenn die Leistung des Filters infolge der fortschreitenden Verschmutzung zu sehr abgenommen hat, ist die Packung eines Einsatzes, und zwar jeweils des am meisten verschmutzten, zu erneuern.

Der Hochbehälter soll mindestens 8—10 m über dem Filter in einem heizbaren Raum aufgestellt werden. Ist dies wegen örtlicher Verhältnisse nicht möglich, so wird an Stelle des Hochbehälters ein Druckluftbehälter verwendet, in dem mittels Handpumpe ein Druck von  $1\frac{1}{2}$ —2 at erzeugt wird. Die Aufstellung des Druckluftbehälters kann unmittelbar neben dem Filter oder an beliebiger anderer Stelle erfolgen.

---

## Achter Teil.

# Allgemeine Ratschläge.

### 111. Wahl des Fabrikats.

Sofern der Käufer nicht durch Rücksichten finanzieller Natur, Bank- oder geschäftliche Beziehungen gebunden ist, sollte er bei Wahl des Fabrikats ausschließlich von technischen Erwägungen ausgehen. Keinesfalls sollte hierbei nur die Billigkeit entscheidend sein. Vielmehr liegt es im eigenen Interesse des Käufers, einen angemessenen Preis zu bezahlen, damit er sicher ist, eine gediegene Anlage zu bekommen.

Nicht selten wird bei der Zuschlagserteilung — und zwar nicht allein von privater Seite — der Grundsatz befolgt, derjenigen Firma den Zuschlag zu geben, die am billigsten ist. Dabei schadet sich aber der Besteller selbst; denn für den geringsten Preis kann er unmöglich beste Ausführung verlangen. Trotzdem werden seitens des Käufers häufig nach erfolgter Lieferung die höchsten Anforderungen an die Güte der Konstruktion und Ausführung gestellt; dies geschieht jedoch mit Unrecht, da billigerweise nicht mehr verlangt werden kann, als daß die Maschine dem aufgewendeten Preis entspricht.

Es kann im übrigen nicht dringend genug darauf hingewiesen werden, daß sich der Käufer im eigenen Interesse möglichst an vorhandene Modelle halten soll. Nicht selten verlangt der Käufer, daß für seine Zwecke eine besondere Maschine angefertigt wird. Die Firmen haben oft nicht den Mut, solche Sonderwünsche abzulehnen, aus Furcht, das Geschäft zu verlieren. Es ist sowohl für den Käufer, als auch für den Lieferanten vorteilhafter, sich an vorhandene Konstruktionen zu halten. Dies sollte von seiten unparteiischer Berater immer wieder betont werden.

### 112. Lieferungs- und Zahlungsbedingungen.

#### Lieferungs- und Zahlungsbedingungen für Dampfkraftmaschinen.

##### § 1. Umfang der Lieferung.

Der Umfang der Lieferung ist in beiliegendem Angebot genau angegeben.

##### § 2. Preise.

Die Preise gelten, soweit nicht anders vereinbart, ab Werkstätte, ausschließlich Verpackung, Fracht und Aufstellung.

### § 3. Zahlungsbedingungen.

Die Zahlung des Kaufpreises hat am Sitze des Lieferanten bar ohne Abzug in deutscher Reichswährung zu erfolgen und zwar:

Bei Lieferung innerhalb des deutschen Zollgebietes  $\frac{1}{3}$  bei Bestellung,  $\frac{1}{3}$  bei Versand der Hauptteile ab Werk bzw. bei Anzeige der Versandbereitschaft,  $\frac{1}{3}$  3 Monate nach Inbetriebsetzung, spätestens aber 6 Monate nach dem zweiten Termin, wenn sich die Inbetriebsetzung ohne Schuld des Lieferanten verzögert. Bei etwaigen Verzögerungen der Zahlungen sind mindestens 5% Zinsen für das Jahr zu entrichten.

Die Zurückhaltung der Zahlungen wegen irgendwelcher Gegenansprüche des Bestellers ist ausgeschlossen.

### § 4. Zeichnungen.

Die nötigen Fundament- und Dispositionszeichnungen werden unentgeltlich geliefert.

### § 5. Lieferzeit.

Die Einhaltung der im Angebot bestimmten Lieferzeit versteht sich vorbehaltlich unvorhergesehener Hindernisse, wie Fälle höherer Gewalt, Mobilmachung, Krieg, Aufruhr, Ausschußwerden eines größeren Arbeitsstückes, Transportverzögerungen, Betriebsstörungen, Arbeiterausstände und Aussperrungen, sowohl im eigenen Geschäft, wie bei den hauptsächlichsten Materiallieferanten, soweit diese Hindernisse nachweislich auf die Fertigstellung oder Ablieferung des betr. Objektes von erheblichem Einfluß sind. Von solchen Ereignissen hat der Lieferant dem Besteller längstens innerhalb 8 Tagen nach deren Eintreten bzw. Erkennen Mitteilung zu machen; die Einhaltung der Lieferfrist hat auch zur Voraussetzung die Erfüllung der vereinbarten Zahlungsbedingungen, sowie den rechtzeitigen Eingang der vom Lieferanten verlangten Unterlagen.

Eine nachweislich durch den Lieferanten verschuldete Verzögerung in der Ablieferung berechtigt den Besteller, falls ihm aus der Verspätung ein nachweisbarer Schaden erwächst, eine Entschädigung von höchstens  $\frac{1}{2}$  % der Kaufsumme der rückständigen Dampfmaschine für jede volle Woche der eingetretenen Verspätung zu beanspruchen.

Anderweitige Entschädigungsansprüche, insbesondere auch das Recht des Bestellers, vom Vertrage zurückzutreten, sind ausgeschlossen.

### § 6. Anlieferung auf der Baustelle.

Vor Beginn der Aufstellung müssen die Fundamente vollständig trocken und abgedundet und alle übrigen Bauarbeiten einschließlich Wand- und Deckenverputz vollständig fertiggestellt, namentlich auch Türen und Fenster eingesetzt sein, damit die Montierarbeiten sofort nach Ankunft der Maschinenteile begonnen und ungehindert vollendet werden können.

Bei nicht rechtzeitiger Fertigstellung der Bauarbeiten werden bei geringeren Verzögerungen die etwa für Vollendung der Aufstellung vereinbarten Fristen um die Dauer der eingetretenen Verzögerung hinausgeschoben. Beträgt diese Verzögerung mehr als 4 Wochen, so sind neue Fristen für den Versand und die Aufstellung zu vereinbaren.

Der Transport der Maschine von der Werkstätte des Lieferanten bis zum Aufstellungsplatze erfolgt auf Kosten und Gefahr des Bestellers, soweit nicht anders vereinbart.

### § 7. Stellung eines Monteurs.

Zur Aufstellung stellt der Lieferant einen, oder, falls erforderlich, mehrere Monteure mit dem nötigen Handwerkszeug.

Für einen Monteur werden bei Aufstellungen im deutschen Zollgebiet, soweit nicht anders vereinbart, seitens des Lieferanten berechnet:

1. a) für jeden 10stündigen Arbeitstag, ebenso für jeden Reise- und Wartetag 15 M.,  
b) für eine Reisenacht 8 M.;
2. für Überzeit, d. h. Arbeitszeit über 10 Stunden täglich, sowie für Sonn- und Feiertagsarbeiten derselbe Satz mit 25% Zuschlag;
3. für jeden Sonn- und Feiertag (außer der Vergütung für etwaige Arbeitszeit) 8 M.;
4. Fahrgeld;
5. Transportkosten für Werkzeug und Monteurgepäck.

Die Kosten für Wohnung und Verpflegung haben die Monteure selbst zu bestreiten.

Wenn der Monteur auf Kosten des Lieferanten gestellt wird, sind seitens des Bestellers für allenfallsigen, ohne Verschulden des Lieferanten verursachten Aufenthalt des Monteurs, ebenso auch für Arbeiten des Monteurs, welche nicht zur vereinbarten Lieferung gehören, die oben angegebenen Taggelder zu vergüten.

Wenn nicht anders vereinbart, wird die Aufstellung bezüglich der Verpflichtung gegenüber Krankenkassen und Berufsgenossenschaften als gemeinschaftliche Arbeit des Bestellers und des Lieferanten ausgeführt und es bleiben die von beiden Seiten gestellten Monteure und Arbeiter, je nachdem die Lohnzahlung seitens des Bestellers oder Lieferanten geschieht, in den bezüglichen Berufsgenossenschaften und Krankenkassen.

#### § 8. Aufstellungsarbeiten.

Seitens des Bestellers sind auf dessen eigene Kosten, und zwar auch dann, wenn der Lieferant den Monteur nach besonderer Vereinbarung auf seine Kosten stellt, zu beschaffen:

1. Alle Bau-, Grab-, Fundament- und Gerüstarbeiten und die hierzu nötigen Materialien;
2. ausreichende Hilfsmannschaften, wie Handlanger, sowie, wo erforderlich, Maurer und Zimmerleute;
3. Hebezeuge, Feldschmieden und sonstige schwere Werkzeuge;
4. die für die Montage und Inbetriebsetzung der Maschine erforderlichen Materialien, wie Keile, Unterlagen, Blei, Schwefel, Zement, Kohle, geeigneter Dampf, Wasser, Schmier- und Putzmaterial, Ölkannen, dann Heizung, Beleuchtung und dergl.;
5. Transmissionsseile und Riemen, Auflegen und notwendiges Kürzen derselben.

Soweit Gerüstarbeiten, Hilfsmannschaften, Handlanger, Hebezeuge, Feldschmieden und sonstige schwere Werkzeuge durch den Lieferanten zu stellen sind, sind besondere Vereinbarungen notwendig.

Sollte ohne Verschulden des Lieferanten eine Verzögerung oder Unterbrechung im Versand, der Montage oder der Inbetriebsetzung der Maschine eintreten, so hat der Besteller alle durch die Verzögerung oder Unterbrechung entstehenden Mehrkosten zu tragen.

Der Besteller hat während der Montagezeit zur Aufbewahrung kleiner und wertvoller Maschinenteile einen geeigneten absperrbaren Raum zur Verfügung zu stellen und durch genügende Aufsicht dafür Sorge zu tragen, daß die angelieferten Maschinenteile nicht beschädigt oder entfernt werden können.

Der Besteller übernimmt sofort nach Ankunft der Maschinenteile das ganze Risiko, insbesondere betreffs Feuersgefahr, Explosionen usw.; der Lieferant haftet für ordnungsmäßige Handhabung der Maschinenteile seitens des von ihm gestellten Monteurpersonals.

#### § 9. Garantie.

Für die Güte der Konstruktion und der Ausführung übernimmt der Lieferant, unter Ausschluß der gesetzlichen Bestimmungen über Verjährung, bei Erfüllung der vereinbarten Zahlungsbedingungen seitens des Bestellers auf

die Dauer eines Jahres — bei Tag- und Nachtbetrieb auf die Dauer von 6 Monaten — vom Tage der Inbetriebsetzung an Gewährleistung in der Weise, daß er alle Teile, die — während dieser Frist nachweisbar — infolge schlechten Materials, fehlerhafter Konstruktion oder mangelhafter Ausführung unbrauchbar oder schadhafte werden, unentgeltlich auszubessern bzw. durch neue zu ersetzen hat, falls dem Lieferanten eine Instandsetzung derselben unmöglich ist. Mit Ablauf der Garantiezeit von 12 bzw. 6 Monaten erlischt jede Gewährleistung des Lieferanten für seine Lieferung. Alle anderen Ansprüche als vorstehend festgelegt, insbesondere solche auf Schadenersatz, Wandlung oder Minderung sind ausgeschlossen.

Als Tag der Inbetriebsetzung gilt derjenige, an dem die Maschine, von kleineren Unterbrechungen abgesehen, in Betrieb genommen ist. Kann die Maschine ohne Verschulden des Lieferanten nicht innerhalb von 14 Tagen nach Beendigung der Montage den Betrieb übernehmen, so gilt die Inbetriebsetzung mit Ablauf dieser 14 Tage als erfolgt. Verzögert sich ohne Verschulden des Lieferanten der Versand oder die Montage der Maschine, so erlischt die Garantiezeit nach § 9 Abs. 1 unter allen Umständen 18 Monate nach Versandbereitschaft.

Bei Lieferung nach deutschen Kolonien und deutschen Interessengebieten beschränkt sich die Ersatzpflicht auf Grund der Garantie auf jene Kosten, die durch die Herstellung der erforderlichen Nacharbeiten im eigenen Werke des Lieferanten entstehen würden.

Etwas ersetzte Bestandteile werden Eigentum des Lieferanten.

Von der Gewährleistung ausgeschlossen sind infolge natürlichen Verschleißes auftretende Schäden, insbesondere an Kolbenringen, Stopfbüchsenpackungen, Dichtungs- und Isolierungsmaterialien, Treibseilen, Riemen usw.

Ferner haftet der Lieferant nicht bei Beschädigungen infolge fehlerhafter oder nachlässiger Behandlung, übermäßiger Beanspruchung, Verwendung ungeeigneten Schmiermaterials, mangelhafter Fundament- oder Bauarbeiten, sowie Beschädigungen und Abnutzungen infolge unreinen Dampfes, sandhaltigen oder verunreinigten Wassers, wie solche, welche durch chemische und elektrische Einflüsse verursacht sind.

Für die von dem Lieferanten unabhängig von der eigentlichen Maschine mitgelieferten fremden Fabrikate wird nur die Gewähr übernommen, welche deren Fabrikanten eingehen.

#### § 10. Garantievorsuche.

Für die Ausführung von Garantievorsuchen bei Dampfmaschinen sind neben den im Angebot enthaltenen Bedingungen die von dem Verein deutscher Ingenieure, dem Internationalen Verband der Dampfkessel-Überwachungsvereine und dem Verein deutscher Maschinenbau-Anstalten aufgestellten Normen maßgebend. Derartige Versuche haben längstens innerhalb 3 Monaten nach Inbetriebsetzung stattzufinden. Die Kosten gehen zu Lasten des Bestellers.

Vor Beginn solcher Versuche muß dem Lieferanten die Möglichkeit geboten sein, die Anlage zu untersuchen, diese, wenn nötig, in ordnungsmäßigen Zustand zu bringen und den Vertragsbedingungen entsprechende Vorversuche auszuführen

#### § 11. Streitigkeiten.

Streitigkeiten über die Auslegung und Erfüllung des Geschäftsabschlusses werden durch ein Schiedsgericht geschlichtet, wozu jede Partei einen Schiedsrichter zu ernennen hat. Diese Schiedsrichter haben vor Eintritt in die Verhandlungen einen Obmann zu bezeichnen, welcher von Anfang an den Sitzungen beizuwohnen und diese zu leiten hat. Einigen sich die Schiedsrichter nicht über den Obmann, so wird dieser von einem der Direktoren des Vereins deutscher Ingenieure ernannt.

Auf das schiedsgerichtliche Verfahren finden die §§ 1025—1048 der Zivilprozeßordnung Anwendung mit der Maßgabe, daß, wenn die beiden Schieds-



richter sich über den Spruch nicht einigen, jeder derselben ein Gutachten abzugeben, und demnächst der Obmann die Entscheidung zu fällen hat.

Die Verteilung der Kosten des Verfahrens erfolgt durch das Schiedsgericht bzw. den Obmann.

Erfüllungsort für Lieferung und Zahlung ist der Wohnort des Lieferanten.

Zu etwaigen richterlichen Handlungen ist das Gericht des Wohnortes des Lieferanten zuständig.

## Lieferungs- und Zahlungsbedingungen für Verbrennungsmaschinen<sup>1)</sup>.

### § 1. Umfang der Lieferung.

Der Umfang der Lieferung wird durch das Angebot bestimmt. Das Angebot erfolgt stets freibleibend.

### § 2. Erfüllungsort.

Der Erfüllungsort für Lieferung und Zahlung ist der Sitz des Lieferanten.

### § 3. Preise.

Die Preise gelten, soweit nicht anders vereinbart, ab Werkstätte des Lieferanten. Nicht im Preise enthalten sind Verpackung und Aufstellung. Bei frachtfreier Zurücksendung der Verpackung in gutem Zustand innerhalb eines Monats ab Versand wird die Hälfte der berechneten Kosten gutgeschrieben.

### § 4. Zahlungsbedingungen.

Die Zahlung des Kaufpreises hat bar in deutscher Reichswährung zu erfolgen und zwar:

mit  $\frac{1}{3}$  bei Bestellung,  $\frac{1}{3}$  bei Versand der Hauptteile ab Werk oder spätestens 8 Tage nach Anzeige der Versandbereitschaft,  $\frac{1}{3}$  3 Monate nach Inbetriebsetzung, spätestens aber 6 Monate nach dem zweiten Termin, wenn sich die Inbetriebsetzung ohne Schuld des Lieferanten verzögert.

Die Zurückhaltung der Zahlungen wegen irgendwelcher Ausstellungen oder Gegenansprüche des Bestellers ist ausgeschlossen.

### § 5. Zeichnungen.

Die für die Aufstellung der Lieferung nötigen Fundament- und Aufstellungs-Zeichnungen werden unentgeltlich von uns geliefert. Die dazu notwendigen Unterlagen sind uns vom Besteller einzusenden.

### § 6. Lieferzeit.

Die im Angebot bestimmte Lieferzeit wird zugesagt vorbehaltlich unvorhergesehener Hindernisse im eignen Geschäft (z. B. Fälle höherer Gewalt, Mobilmachung, Krieg, Aufruhr, Ausschußwerden eines größeren Arbeitsstückes, Transportverzögerungen, Betriebsstörungen, Arbeiterausstände und -aussperrungen) und vorbehaltlich verspäteter Ablieferung wesentlicher von auswärts bezogener Materialien. Die Einhaltung der Lieferfrist hat ferner zur Voraussetzung die Erfüllung der vereinbarten Zahlungsbedingungen, sowie den rechtzeitigen Eingang der vom Lieferanten verlangten Unterlagen.

Eine durch uns verschuldete Verzögerung in der Ablieferung berechtigt den Besteller, Ersatz des ihm tatsächlich daraus erwachsenen Schadens bis zum Höchstbetrage von  $\frac{1}{2}\%$  der Kaufsumme der Gasmaschine für jede volle Woche der Verspätung zu fordern.

<sup>1)</sup> Dieselben entsprechen den Bestimmungen der Vereinigung der Kleingasmotoren-Fabrikanten und beziehen sich auf kleinere Maschinen bis 200 PS (ausschließlich Hochdruck-Ölmaschinen).

Andere Ansprüche, insbesondere solche auf weitere Entschädigung, sowie das Recht, wegen Lieferverzugs vom Vertrage zurückzutreten, stehen dem Besteller nicht zu.

#### § 7. Anlieferung.

Vor Beginn der Aufstellung müssen die Fundamente trocken und abgebunden und alle übrigen Bauarbeiten fertiggestellt, namentlich auch Türen und Fenster eingesetzt sein.

Bei geringeren Verzögerungen auf seiten des Bestellers werden die für die Anlieferung und Aufstellung vereinbarten Fristen um die Dauer der eingetretenen Verzögerung verlängert. Beträgt die Verzögerung mehr als vier Wochen, so sind neue Fristen für den Versand und die Aufstellung zu vereinbaren.

#### § 8. Gestellung von Monteuren.

Wir stellen die erforderlichen Monteure mit dem nötigen Monteurhandwerkszeug.

Für jeden Monteur werden, soweit nicht anders vereinbart, seitens des Lieferanten berechnet:

1. für jede Arbeits-, Warte- und Reisestunde M. 1,50;
2. für Überzeit, d. h. Arbeitszeit über 10 Stunden täglich, sowie für Sonn- und Feiertagsarbeiten derselbe Satz mit 25% Zuschlag;
3. für jeden Sonn- und Feiertag mindestens M. 6,—;
4. das Fahrgeld, und zwar auf Eisenbahnen für die dritte Wagenklasse;
5. die Transportkosten für Werkzeug und Monteurgepäck.

Ist am Aufstellungsorte ein geeigneter Gasthof nicht vorhanden, so hat der Besteller für angemessene Wohnung und Verpflegung des Monteurs zu sorgen. Die Kosten haben die Monteure selbst zu bestreiten.

Der Besteller hat für allenfallsigen, ohne Verschulden des Lieferanten verursachten Aufenthalt des Monteurs, ebenso auch für Arbeiten des Monteurs, welche nicht zur vereinbarten Lieferung gehören, die oben angegebenen Tagelöhner zu vergüten.

Wenn nichts anders vereinbart, wird die Aufstellung als gemeinschaftliche Arbeit des Bestellers und des Lieferanten ausgeführt. Es bleiben dann die von beiden Seiten gestellten Monteure und Arbeiter je in ihren Berufsgenossenschaften.

#### § 9. Aufstellungsarbeiten.

Übernehmen wir die Montage, so stellen wir die erforderlichen Monteure und die Monteurhandwerkzeuge. Alle anderen Kräfte und Werkzeuge, sowie die Einrichtungen und Materialien hat der Besteller zu liefern, auch einen geeigneten Aufbewahrungsraum für das Monteurhandwerkzeug zu überweisen.

Der Besteller übernimmt in allen Fällen spätestens nach Ankunft der Maschinenteile am Ablieferorte die Überwachung, die ordnungsmäßige Lagerung und die Sicherung, insbesondere gegen Entwendung, Feuergefahr, Explosion usw. Wir haften nur für die ordnungsmäßige Handhabung der Maschinenteile seitens des von uns gestellten Monteurpersonals.

Sollte ohne unser Verschulden eine Verzögerung oder Unterbrechung im Versand, in der Montage oder in der Inbetriebsetzung der Maschine eintreten, so hat der Besteller alle durch die Verzögerung oder Unterbrechung entstehenden Mehrkosten zu tragen.

#### § 10. Gewähr.

Wir übernehmen, vorausgesetzt, daß der Besteller seine vertraglichen Verpflichtungen, insbesondere auch bezüglich der Zahlung, erfüllt hat, die Gewähr für die Güte der Konstruktion und der Ausführung bei ausschließlichem Tagbetrieb auf die Dauer von 6 Monaten, bei Tag- und Nachtbetrieb auf die Dauer von 3 Monaten vom Tage der Inbetriebsetzung ab in der Weise, daß wir alle Teile, die während dieser Frist nachweisbar infolge schlechten Materials,

fehlerhafter Konstruktion oder mangelhafter Ausführung unbrauchbar oder schadhaft werden, unentgeltlich ausbessern oder — falls dies nicht möglich — durch neue ab Werk ersetzen. Mit Ablauf der Frist von 6 und 3 Monaten erlischt jede Gewährleistung.

Als Tag der Inbetriebsetzung gilt derjenige, an dem die Maschine zum ersten Male belastet gelaufen ist. Kann die Maschine ohne überwiegendes Verschulden unsererseits nicht innerhalb 14 Tagen nach Beendigung der Montage den Betrieb übernehmen, so gilt die Inbetriebsetzung mit dem Ablauf dieser 14 Tage als erfolgt. Verzögert sich ohne unser überwiegendes Verschulden der Versand oder die Montage der Maschine, so erlischt die Garanzzeit (§ 10 Abs. 1) unter allen Umständen 18 Monate nach Versandbereitschaft.

Etwas ersetzte Bestandteile werden unser Eigentum.

Von der Gewährleistung ausgeschlossen sind infolge natürlichen Verschleißes auftretende Schäden, außerdem Schäden an Dichtungs- und Isolierungsmaterialien, Treibseilen, Zündbüchsen, Federn und Riemen, sowie bei Generatorgasanlagen an allen dem Feuer ausgesetzten Teilen.

Wir haften ferner nicht für Beschädigungen: infolge fehlerhafter oder nachlässiger Behandlung, oder übermäßiger Beanspruchung der Anlage, infolge Verwendung ungeeigneten Betriebs- und Schmiermaterials, infolge mangelhafter Fundament- oder Bauarbeiten, für Beschädigungen und Abnutzungen infolge sandhaltigen oder verunreinigten oder zu heißen Wassers, sowie für solche Beschädigungen, welche durch chemische und elektrische Einflüsse verursacht sind.

Irgendeine andere Verbindlichkeit für unmittelbaren oder mittelbaren Schaden, als vorstehend festgelegt, wird ausdrücklich abgelehnt. Für einwandfreies Arbeiten der gelieferten Anlage sind wir nur dann verantwortlich, wenn die Aufstellung durch unsere Monteure erfolgt ist und von anderer Seite keine Änderungen vorgenommen worden sind.

### § 11. Abnahme.

Die Dauerleistung der Maschine wird auf Wunsch des Bestellers durch Abnahme nachgewiesen. Die Abnahme erfolgt in unserer Werkstatt. Dem Besteller steht die Beteiligung an den Abnahmeversuchen frei.

Sind nach dem Lieferungsvertrag Abnahmeversuche am Aufstellungsorte vorzunehmen, so haben sie spätestens bis zum Ablauf von 3 Monaten nach Inbetriebsetzung stattzufinden. Wir können uns dabei durch einen Ingenieur oder einen Monteur vertreten lassen. Die sämtlichen Kosten gehen zu Lasten des Bestellers. Für die Ausführung von Abnahmeversuchen sind neben den im Angebot und im Verträge etwa enthaltenen Bestimmungen die vom Verein Deutscher Ingenieure, dem Verein Deutscher Maschinenbauanstalten und dem Verband von Großgasmaschinen-Fabrikanten gemeinschaftlich aufgestellten Regeln für Leistungsversuche an Gasmaschinen und Gaserzeugern sinngemäß anzuwenden.

Vor Beginn von Abnahme- oder Leistungsversuchen am Aufstellungsorte muß dem Lieferanten die Möglichkeit geboten sein, die Anlage zu untersuchen, diese, wenn nötig, in ordnungsmäßigen Zustand zu bringen und den Vertragsbedingungen entsprechende Vorversuche auszuführen.

Werden die vertraglichen Leistungs- oder Verbrauchszusagen nicht erreicht, so haben wir unter Ausschluß weiterer Ersatzpflicht nach unserer Wahl die Anlage auf unsere Kosten entweder in angemessener Frist umzuändern oder auszuwechseln, oder gegen Rückgabe der Anzahlungen zurückzunehmen.

## 113. Vertragliche Vereinbarungen.

Das gesamte Vertragsrecht wird, wie der § 242 des Bürgerlichen Gesetzbuchs ausdrücklich ausspricht, von der Rücksicht auf Treu und Glauben beherrscht.

Verträge sollen, ebenso wie Bestellungen, mit der nötigen Bestimmtheit und Eindeutigkeit abgeschlossen werden. Dies gilt insbesondere für solche Vertragsbestimmungen, in denen festgesetzt wird, daß ein Geschäft unter irgendwelchen Bedingungen Geltung haben oder Geltung verlieren soll.

Man treffe präzise Vereinbarungen hinsichtlich der verlangten Leistungen, hinsichtlich Preis und Zahlungsbedingungen. Auch treffe man Vorsorge für den Fall von Meinungsverschiedenheiten, indem man etwa den nachfolgenden Passus aufnimmt:

„Streitigkeiten über die Auslegung und Erfüllung des Geschäftsabschlusses werden, soweit nicht anders vereinbart, durch ein Schiedsgericht geschlichtet, zu dem jede Partei einen Schiedsrichter zu ernennen hat. Diese Schiedsrichter haben vor Eintritt in die Verhandlungen einen Obmann zu bezeichnen, der von Anfang an den Verhandlungen beizuwohnen und diese zu leiten hat. Einigen sich die Schiedsrichter nicht über die Person des Obmanns, so wird dieser vom Direktor des Vereins deutscher Ingenieure in Berlin ernannt.

Auf das schiedsgerichtliche Verfahren finden die §§ 1025—1048 der Zivilprozeßordnung Anwendung mit der Maßgabe, daß, wenn die beiden Schiedsrichter sich über den Spruch nicht einigen, jeder derselben ein Gutachten abzugeben und demnächst der Obmann die Entscheidung zu fällen hat.

Die Verteilung der Kosten des Verfahrens erfolgt durch das Schiedsgericht bzw. den Obmann.“

Weiterhin vereinbare man, welches Gericht für etwaige richterliche Handlungen zuständig ist, sowie welches der Erfüllungsort für Lieferung und Zahlung sein soll. Und endlich kann man noch mit dem Lieferanten vereinbaren, daß die Maschine mit allen von der betreffenden Berufsgenossenschaft vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen zu versehen ist (vgl. Abschn. 119). Natürlich ist dem Lieferanten für die Anfertigung der Schutzvorrichtungen, die in der Regel nicht in dem Preis der Maschine einbegriffen sind, eine angemessene Entschädigung zu zahlen.

## 114. Garantieleistung.

Man verlange präzise Garantien für die dauernde und die vorübergehende Höchstleistung, für den Dampf- und Brennstoffverbrauch pro PS<sub>e</sub>-st oder (bei Wasserkraftanlagen und Kesseln) für den Wirkungsgrad, ferner für die Tourenschwankungen bei plötzlichen und allmählichen Belastungsänderungen, für die Höhe der Dampfüberhitzung, für den Gleichförmigkeitsgrad usw. Da es bei Abnahmeversuchen oft nicht möglich ist, eine bestimmte Leistung einzustellen, so empfiehlt es sich, auch für größere und kleinere

Leistungen sowie allenfalls für verschiedene Dampftemperaturen Verbrauchszahlen in den Vertrag aufzunehmen.

Bei dem heute herrschenden regen Wettbewerb werden immer schärfere Garantien zugesichert. So kommt es, daß den Garantiezahlen vielfach eine übertriebene Bedeutung beigelegt wird. Dies machen sich manche Firmen zunutze, indem sie, um das Geschäft abzuschließen, auf gut Glück günstigere Garantien eingehen als ihre Konkurrenz. Das Herumreiten auf Garantiezahlen ist aber durchaus verfehlt. Denn es ist bekannt, daß gerade bei Dampfanlagen die auf die Spitze getriebenen Garantien nur bei Versuchen, und auch hier häufig nur durch Inanspruchnahme der Toleranz, erreicht werden. Man sollte deshalb sein Augenmerk außer auf eine zweckmäßig und einheitlich durchgebildete Gesamtanlage hauptsächlich darauf richten, ob die Ausführung der Anlage eine derartige ist, daß sie auch eine dauernde Wirtschaftlichkeit gewährleistet; vgl. Abschn. 62.

Außer den wirtschaftlichen Garantien hat der Lieferant noch für die Güte der Konstruktion und der Ausführung Gewährleistung in der Weise zu übernehmen, daß er alle Teile, die während der Garantiezeit nachweisbar infolge schlechten Materials, fehlerhafter Konstruktion oder mangelhafter Ausführung unbrauchbar oder schadhaft werden, unentgeltlich auszubessern oder durch neue zu ersetzen hat, falls eine Instandsetzung dieser Teile nicht mehr möglich ist. Diese Garantie läuft in der Regel auf die Dauer von 12 Monaten, vom Tage der Inbetriebsetzung an gerechnet, bei Tag- und Nachtbetrieb nur auf die Dauer von 6 Monaten.

Häufig wird auf seiten der Käufer angenommen, daß sich die Gewährleistung des Lieferanten auch für den wirtschaftlichen Teil der Garantien auf die Dauer eines Jahres erstreckt. Dies ist jedoch eine irrende Ansicht. Die einjährige Garantie bezieht sich lediglich auf das Unbrauchbar- oder Schadhaftwerden einzelner Teile infolge ungeeigneten Materials, fehlerhafter Konstruktion oder mangelhafter Ausführung. Derartige Mängel stellen sich nämlich meist erst nach längerer Betriebszeit ein. Die wirtschaftlichen Garantien hingegen können sofort nach Inbetriebnahme der Anlage nachgeprüft werden; es wird deshalb gewöhnlich in den Lieferungsbedingungen die Bestimmung aufgenommen, daß Garantievorsuche längstens innerhalb 3 Monaten nach Inbetriebsetzung stattzufinden haben.

Nicht selten begegnet man in Käuferkreisen auch der Auffassung, daß die Lieferantin während des Garantiejahres für alle Schäden, die sich an der Anlage einstellen, aufzukommen habe. In diesem Bewußtsein läßt es der Besitzer der Anlage dann oft an der nötigen aufmerksamen Wartung bzw. an der erforderlichen Aufsicht fehlen. Stellen sich infolge nachlässiger Betriebsführung Defekte ein, so glaubt er deren kostenlose Beseitigung von der Lieferantin verlangen zu können. Ist die Lieferantin so entgegenkommend, den Schaden kostenlos zu beseitigen, so betrachtet sie dieses freiwillig gebrachte Opfer gewissermaßen als eine Art Provision, die dem Be-

sitzer der Anlage als Äquivalent dafür zugestanden wird, daß er das Fabrikat der Lieferantin bei Gelegenheit empfiehlt. Allerdings verwöhnt man dadurch die Käufer in bedenklicher Weise und trägt dazu bei, daß sich diese falsche Auffassung weiter ausbreitet.

### 115. Übernahme von Maschinenanlagen. Mängelrügen.

Bei Lieferung einer Maschinenanlage handelt es sich in der Regel um einen sog. Werklieferungsvertrag. Bei Lieferung einer Anlage hat man zwei verschiedene Vorgänge zu unterscheiden: die körperliche Hinnahme, die „Übernahme“, und die Anerkennung als Vertragserfüllung, die „Abnahme“.

Der Begriff der Abnahme ist verschieden, je nachdem der Werklieferungsvertrag nach den Bestimmungen über den Kauf oder denjenigen über den Werkvertrag zu beurteilen ist.

Es ist immer zu unterscheiden, ob eine schon hergestellte Maschine gekauft oder eine erst herzustellende Maschine bestellt wird. Im ersten Fall handelt es sich um einen Vertrag, der stets nach den Regeln des Kaufs behandelt wird. Im zweiten Fall, wenn also die Maschine erst herzustellen ist, wird der Vertrag als Werklieferungsvertrag bezeichnet.

Es gibt drei Arten von Werklieferungsverträgen, einmal solche, die vollständig den Vorschriften des Kaufes entsprechen, ferner solche, auf die teilweise die Vorschriften über den Kauf und teilweise die Vorschriften über den Werkvertrag zur Anwendung kommen. Bei denjenigen Werklieferungsverträgen, auf die teilweise die Bestimmungen über den Kauf, teilweise die Bestimmungen über den Werkvertrag anzuwenden sind, ist wiederum zu unterscheiden, ob ein beiderseitiges Handelsgeschäft vorliegt oder nicht.

Nach § 651 des Bürgerlichen Gesetzbuches finden, wenn der Unternehmer sich verpflichtet, das Werk aus einem von ihm zu beschaffenden Stoff herzustellen, auf einen solchen Vertrag die Vorschriften über den Kauf Anwendung. Ist aber eine nichtvertretbare Sache herzustellen, so finden auf einen solchen Vertrag die Vorschriften über den Werkvertrag Anwendung.

Unter einer nicht vertretbaren Sache versteht das Gesetz solche Sachen, die mit Rücksicht auf ihre Eigenart, ihre besondere Leistung oder Anpassung an einen bestimmten Betrieb individualisiert erscheinen und nicht durch andere gleichartige ersetzt werden können. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn eine Maschine nach den besonderen Wünschen und Anweisungen des Bestellers oder für die besonderen Erfordernisse des betreffenden Betriebs, z. B. unter Berücksichtigung des vorhandenen Raumes oder des besonderen Verwendungszweckes hergestellt worden ist.

Vertretbare Sachen sind häufig vorkommende Maschinen, die auf handwerks- oder fabrikmäßige Art hergestellt werden und die

nicht einem besonderen Raum angepaßt sind. Sachen dieser Art haben einen größeren Abnehmerkreis und werden nicht bloß auf Bestellung, sondern auch auf Vorrat nach einem bestimmten Typ, nach Katalog oder Prospekt hergestellt. Hier ist die Aufstellung und Montage der gekauften Maschinen im Verhältnis zu ihrer Lieferung bloß Nebenleistung. Solche vertretbaren Sachen sind die meisten Kraftmaschinen.

Im letzteren Fall, d. h. wenn es sich um einen bestimmten Typ bzw. um vertretbare Sachen handelt, finden auf den Werklieferungsvertrag die gesetzlichen Regeln über den Kauf, im ersteren Fall dagegen diejenigen über den Werkvertrag Anwendung. Die Ausbedingung einzelner bestimmter Eigenschaften, z. B. der Leistung einer Maschine und des Verbrauchs an Brennstoff usw., genügt nicht zu der Annahme, daß kein Typ bestellt ist.

Beim Kauf bedeutet die in § 433 des Bürgerlichen Gesetzbuches festgesetzte Pflicht zur Abnahme lediglich die körperliche Wegnahme der Kaufsache, bzw. die Pflicht, die Maschinen an sich zu nehmen, während unter Annahme die Billigung der Ware, d. h. die Annahme als Erfüllung gemäß § 363 des Bürgerlichen Gesetzbuches zu verstehen ist. Beim Kauf muß also zu der Abnahme noch die Annahme hinzutreten, damit der Käufer Eigentümer der Maschine wird.

Beim Werkvertrag dagegen hat die Abnahme eine weitergehende Bedeutung. Die in § 640 des Bürgerlichen Gesetzbuches niedergelegte Verpflichtung des Bestellers zur Abnahme des Werkes enthält zweierlei, nämlich die körperliche Hinnahme und die Anerkennung der Leistung als Vertragserfüllung. Eine solche Anerkennung liegt, wie das Reichsgericht schon mehrfach ausführte, z. B. dann vor, wenn der Besteller eine ihm gelieferte Maschinenanlage in Betrieb nimmt und dauernd ihrer Bestimmung gemäß benützt, oder wenn trotz sichtbarer Mängel vorbehaltlose Zahlung erfolgt.

Die Verschiedenheiten des Begriffs der Abnahme beim Kauf- und Werkvertrag haben auch verschiedene rechtliche Wirkungen, insbesondere hinsichtlich der Prüfungspflicht und hinsichtlich der etwa vorhandenen Mängel.

Bei der Frage, wann eine gelieferte Maschine zu untersuchen und zu bemängeln ist, muß man zwischen einem Werklieferungsvertrag unterscheiden, der nur nach den Regeln des Kaufvertrags zu beurteilen ist, und einem Werklieferungsvertrag, auf den auch die Bestimmungen des Werkvertrages zur Anwendung kommen; außerdem muß unterschieden werden, ob der Kauf- oder Werkvertrag ein beiderseitiges Handelsgeschäft ist oder nicht.

Juristisch bleibt der Vertrag, durch den sich irgend jemand verpflichtet, aus dem von ihm zu beschaffenden Stoffe eine Maschine herzustellen und einem andern zu liefern, immer ein Werkvertrag; nur seine Behandlung erfolgt unter Umständen nach den Regeln des Kaufes.

Handelsgeschäfte sind alle Geschäfte eines Kaufmanns, die zum Betrieb seines Handelsgewerbes gehören (§ 343 des HGB.). Kaufmann

ist, wer ein Handelsgewerbe im Sinne des Handelsgesetzbuches betreibt (§ 1 HGB.).

Für den Fabrikanten liegt in der Lieferung einer Maschine stets ein Handelsgeschäft, da sein Geschäft ein Handelsgewerbe und er infolgedessen ein Kaufmann im Sinne des § 1 des Handelsgesetzbuches ist. Der Besteller der Maschine hingegen wird nicht immer ein Kaufmann sein. Gewerbebetriebe gelten dann als Handelsgewerbe, wenn sie nach Art und Umfang einen in kaufmännischer Weise eingerichteten Geschäftsbetrieb erfordern und wenn die Firma im Handelsregister eingetragen ist (§ 2 des HGB.). Solche Unternehmungen sind z. B. Bergbaubetriebe, Betriebe von Steinbrüchen und Gruben, die Tonwarenfabriken, Porzellanfabriken, Ziegeleien, Rübenzuckerfabriken; hierher gehören auch Bauunternehmungen, Architektenbureaus usw. Die Inhaber solcher Geschäfte, die im Handelsregister eingetragen sind, gelten dann als Kaufleute; ihre Geschäfte sind Handelsgeschäfte. Wenn ein solcher Unternehmer aber nicht im Handelsregister eingetragen ist, so ist er auch kein Kaufmann und seine Geschäfte sind keine Handelsgeschäfte.

Die Anschaffung einer als vertretbare Sache geltenden Maschine unterliegt, wie vorerwähnt, den Bestimmungen über den Kauf. Ist die Anschaffung einer solchen Maschine aber für jeden Vertragsteil ein Handelsgeschäft, sind also sowohl Lieferant wie Besteller Kaufleute, dann ist ein solcher Vertrag nach den Bestimmungen über den Handelskauf (§§ 373—382 des HGB.) zu beurteilen. Für beide Fälle sind die Bestimmungen über die Untersuchung der Maschinen und die Anzeige etwaiger vorgefundener Mängel verschieden.

Nach § 381 Abs. 2 des Handelsgesetzbuches finden die Vorschriften des Handelsgesetzbuches über den Handelskauf (§§ 373—382) auch dann Anwendung, wenn es sich um eine nicht vertretbare bewegliche Sache handelt. Dies bedeutet, daß auch bei der Anschaffung einer nichtvertretbaren Sache, die gemäß oben sonst unter die Bestimmungen über den Werkvertrag fällt, dann ein Handelskauf vorliegt, wenn der Fabrikant und der Besteller Kaufleute im Sinne des § 1 des Handelsgesetzbuches sind. Ist der Besteller dagegen kein Kaufmann, sondern etwa nur ein Handwerker oder der Inhaber eines nicht im Handelsregister eingetragenen gewerblichen Unternehmens, so wird die Anschaffung einer derartigen Maschine nach den Bestimmungen über den Werkvertrag beurteilt. Auch für diese beiden Fälle sind die Bestimmungen über die Untersuchung der Maschinen und deren Bemängelungen verschieden.

Zunächst sei der Fall der Anschaffung einer Maschine betrachtet, der sich für beide Vertragsteile als ein Handelskauf darstellt. In einem solchen Falle muß der Besteller der Maschine gemäß § 377 des Handelsgesetzbuches die Maschine unverzüglich nach der Ablieferung durch den Lieferanten untersuchen, soweit dies bei ordnungsmäßigem Geschäftsgang tunlich ist und muß, wenn sich ein Mangel zeigt, dem Lieferanten unverzüglich hiervon Anzeige machen.



Bei der Frage, ob die Untersuchung sofort vorgenommen und die Mängelanzeige unverzüglich erstattet worden ist, spielen in der Rechtsprechung ein oder wenige Tage eine sehr große Rolle. Es empfiehlt sich deshalb, unter allen Umständen die Maschine so bald als möglich zu untersuchen und mit der Anzeige der gefundenen Mängel auch nicht einen Tag zuzuwarten.

Es wurden schon Urteile ausgesprochen, daß der Empfänger einer Maschine verpflichtet sei, unter Zuziehung eines Sachverständigen die Maschine zu prüfen, z. B. ob sie die zugesagte Leistung besitzt. Abwesenheit entschuldigt nicht. Es muß z. B. auch die Triebkraft zur sofortigen Prüfung der Maschine bereit gehalten werden.

Die Rechtsfolge der verspäteten Untersuchung oder der verspäteten Mängelanzeige ist, daß in einem solchen Falle die Maschine als genehmigt gilt. Der Besteller muß, wenn der Mangel bei ordnungsmäßiger Untersuchung sofort gefunden worden wäre, oder wenn der gefundene Mangel nicht sofort dem Lieferanten angezeigt wird, die Maschine behalten, d. h. er hat keinerlei Rechte mehr gegen den Lieferanten hinsichtlich solcher Mängel, die sofort zu finden gewesen wären oder die zu spät angezeigt wurden. Daran ändert auch der Umstand nichts, daß sich die Garantie des Lieferanten auf einen längeren Zeitraum erstreckt.

Nur dann, wenn ein Mangel bei der Untersuchung nicht erkennbar ist, sich vielmehr erst während des ordnungsmäßigen Betriebes herausstellt, können wegen dieses Mangels noch Rechte gegen den Lieferanten geltend gemacht werden. Aber auch in diesem Falle muß unverzüglich nach der Entdeckung Anzeige an den Lieferanten gemacht werden; geschieht dies nicht, so gilt die Maschine auch hinsichtlich dieses Mangels als genehmigt.

Eine bei einem beiderseitigen Handelsgeschäft vereinbarte Garantiefrist hat nur die Bedeutung, daß die in § 477 des Bürgerlichen Gesetzbuches festgesetzte Verjährungsfrist von 6 Monaten für die Geltendmachung der Rechte wegen der vorgefundenen Mängel auf die vereinbarte Garantiefrist verlängert wird. Während also bei einem beiderseitigen Handelsgeschäft, bei dem eine Garantiefrist nicht vereinbart ist, nach Ablauf der 6 Monate nach erfolgter Abnahme der Maschine, etwaige, bei der sofortigen Untersuchung nicht gleich erkennbare, sich vielmehr erst während des ordnungsmäßigen Betriebes herausstellende Mängel überhaupt nicht mehr gerügt werden können, dem Besteller also Rechte wegen etwaiger Mängel überhaupt nicht mehr zustehen, können bei Vereinbarung einer Garantiefrist von mehr als 6 Monaten auch nach Ablauf der ersten 6 Monate, aber noch innerhalb der Garantiefrist Mängel geltend gemacht werden. Alle diese Grundsätze finden jedoch, auch bei einem beiderseitigen Handelsgeschäft, dann keine Anwendung, wenn der Lieferant der Maschine den Mangel arglistig verschwiegen hat. In einem solchen Falle kann der Besteller der Maschine, auch ohne daß er die Maschine sofort untersucht, selbst nach Ablauf der gesetzlichen Verjährungsfrist oder

der Garantiefrist noch seine Rechte wegen der Mängel geltend machen.

Hat nun der Besteller einer Maschine seine Verpflichtungen über die Untersuchung und die Mängelanzeige richtig und rechtzeitig erfüllt, so kann er folgende Rechte geltend machen:

Der Besteller hat zunächst das Recht der Wandelung, d. h. das Recht der Rückgängigmachung des Kaufs. Will der Besteller von diesem Recht keinen Gebrauch machen, so kann er Minderung, d. h. Herabsetzung des Kaufpreises verlangen.

Wenn der bestellten Maschine eine zugesicherte Eigenschaft fehlt, oder wenn vom Lieferanten Fehler arglistig verschwiegen wurden, so hat der Besteller, wenn er weder Wandelung noch Minderung geltend machen will, das Recht, Schadensersatz wegen Nichterfüllung der Garantien zu verlangen, d. h. der Besteller kann den Schaden beanspruchen, der ihm entsteht, weil er keine den gegebenen Garantien entsprechende Maschine bekommen hat.

Wenn es sich um eine vertretbare Sache handelt, so kann der Besteller, wenn er weder Wandelung noch Minderung noch Schadensersatz wegen Nichterfüllung geltend machen will, auch die Lieferung einer mangelfreien Maschine verlangen. Dagegen hat der Besteller bei vertretbaren Sachen nicht das Recht, Beseitigung des Mangels zu verlangen, wenn dies nicht besonders mit dem Lieferanten vereinbart ist. Umgekehrt jedoch hat der Lieferant in solchen Fällen nicht das Recht, dem Besteller nachträglich an Stelle der mangelhaften Maschine eine mangelfreie zu liefern, wenn es nicht ausdrücklich zwischen ihm und dem Besteller vereinbart ist.

Wenn dem Lieferanten der Maschine schuldhaft Pflichtverletzung bei der Lieferung nachzuweisen ist, dann kann der Besteller, der weder Wandelung noch Minderung geltend machen will, auch dann, wenn die vorangeführten Fälle des Mangels einer zugesicherten Eigenschaft oder des arglistigen Verschweigens eines Mangels nicht vorliegen, Schadensersatz verlangen. Solche Fälle sind aber selten, da es meist schwer nachzuweisen ist, daß den Lieferanten an der Lieferung einer mangelhaften Ware ein Verschulden trifft; denn nicht jede Vertragswidrigkeit stellt sich schon als Verschulden dar. Die Sachlage muß vielmehr immer so sein, daß der Lieferant bei Aufwendung gehöriger Sorgfalt den Fehler der Maschine hätte kennen müssen und daß ferner nach den Anschauungen des Verkehrs eine besondere Vertragspflicht des Verkäufers, den Käufer auf die Fehler aufmerksam zu machen, bestand, und daß dieser Vertragspflicht vom Lieferanten schuldhaft zuwidergehandelt wurde. Ein solches Verschulden ist z. B. anzunehmen, wenn der Lieferant von unzuverlässigen Händlern eine mangelhafte Ware bezogen und unbesehen weitergegeben hat.

Ist die Lieferung einer Maschine kein beiderseitiges Handelsgeschäft, also kein Handelskauf, ist vielmehr der Besteller Inhaber eines gewerblichen Unternehmens, das nicht im Handelsregister ein-

getragen ist, so wird der Vertrag bei vertretbaren Maschinen nach den Bestimmungen des Bürgerlichen Gesetzbuches über den Kauf beurteilt.

Ein solcher Besteller muß die Maschine nicht sofort bei Erhalt untersuchen, er braucht auch einen etwa gefundenen Mangel nicht sofort anzuzeigen. Er muß nur seine Rechte wegen eines Mangels innerhalb der im § 477 des Bürgerlichen Gesetzbuches festgesetzten Frist von 6 Monaten, oder wenn eine besondere Garantiefrist vereinbart ist, innerhalb dieser geltend machen, und zwar auf gerichtlichem Wege. Eine bloße mündliche oder schriftliche Geltendmachung dieser Mängel genügt nicht, um die Verjährung seiner Ansprüche aufzuhalten.

Wenn auch nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch eine Pflicht zur sofortigen Mängelrüge nicht besteht, so ist es doch auch für den Nichtkaufmann eine gefährliche Sache, die sofortige Mängelrüge zu unterlassen. In einer Reihe von Entscheidungen haben die Gerichte auch bei Nichtkaufleuten angenommen, daß ein Verzicht auf die Mängelrüge vorliegt, wenn die Mängel entdeckt sind, die Maschine aber trotzdem weiter benützt wird, ohne die Mängel zu rügen. Es wird angenommen, daß es gegen Treu und Glauben verstößt, wenn irgendeine gekaufte Ware nach Entdeckung der Mängel weiter benützt und erst nach längerer Benützung zur Verfügung gestellt wird.

Im übrigen ist zu bemerken, daß eine etwaige Vereinbarung über eine Garantiefrist verschiedene Bedeutung haben kann. Es kann vereinbart sein, daß die Garantiefrist an Stelle der im § 477 des Bürgerlichen Gesetzbuches gesetzten halbjährigen Frist tritt. Es kann aber auch gemeint sein, daß die im § 477 des Bürgerlichen Gesetzbuches gestellte halbjährige Frist zur Geltendmachung der Rechte erst nach Ablauf der Garantiefrist beginnt. Welcher von beiden Fällen zutrifft, muß, wenn dies nicht aus einer ausdrücklichen Bemerkung im Vertrag oder aus dem Willen der Parteien oder den sonstigen Vertragsbestimmungen hervorgeht, nach den Regeln über die Auslegung von Verträgen festgestellt werden.

Erhebt der Besteller an der gelieferten Maschine rechtzeitig Beanstandungen, so hat er nach den §§ 462, 463, 480 und 276 des Bürgerlichen Gesetzbuches die gleichen Rechte, wie sie bereits beim Handelskauf geschildert wurden. Es hat ferner auch hier weder der Lieferant noch der Besteller der Maschine das Recht, Beseitigung des Mangels zu verlangen, wenn es nicht besonders vereinbart ist.

Der Unterschied zwischen dem Handelskauf und dem gewöhnlichen Kauf besteht also in der Hauptsache darin, daß beim Handelskauf die Maschine sofort untersucht und etwaige Mängel sofort gerügt werden müssen, während es beim gewöhnlichen Kauf genügt, wenn innerhalb 6 Monaten nach der Abnahme oder innerhalb der vereinbarten Garantiefrist die Rechte gerichtlich geltend gemacht werden.

Wenn der Vertrag über die Lieferung einer Maschine aber nicht nach den Vorschriften über den Handelskauf zu beurteilen ist, es

sich auch nicht um eine vertretbare Sache handelt, vielmehr eine nicht vertretbare Maschine geliefert wurde, so ist ein solcher Vertrag nach den Bestimmungen des Werkvertrages zu beurteilen. Die nach den Bestimmungen über den Werkvertrag zu beurteilende Abnahme einer Maschine ist gemäß oben deren körperliche Hinnahme bzw. Übernahme und die Anerkennung der Leistung als Vertragserfüllung.

Diese Abnahme muß im Gegensatz zum Handelskauf nicht mit einer Prüfung der Maschine verbunden sein. Die Abnahme hat auch, selbst wenn sie mit der Prüfung der Maschine verbunden wäre, nicht eine so weitgreifende Bedeutung, daß dadurch die nachträgliche Geltendmachung von Mängeln schlechthin ausgeschlossen ist. Zeigen sich nämlich bei der Prüfung der Maschine Mängel, so kann der Besteller die Abnahme ablehnen; er kann aber auch die Maschine abnehmen, nur muß er sich dann bei der Abnahme nach § 640 Abs. 2 des Bürgerlichen Gesetzbuches die Geltendmachung seiner Rechte wegen dieser Mängel ausdrücklich vorbehalten.

Anders ist es, wenn beim Abschluß des Vertrags über die Lieferung der Maschine vereinbart wird, daß die Maschine bei der Abnahme auch sofort zu prüfen ist.

Ist nun die Maschine abgenommen, ohne daß sich bei der sofort vorgenommenen Prüfung ein Mangel ergeben hat und ohne daß der Besteller schon bei der Abnahme einen etwa vorhandenen Mangel bemerkt hat, so können später sich herausstellende Mängel geltend gemacht werden. Solche Mängel müssen sich aber, wenn keine besondere Garantiefrist vereinbart wurde, innerhalb von 6 Monaten nach der Abnahme gezeigt haben und müssen innerhalb der gleichen Frist auch gerichtlich geltend gemacht werden (§ 638 BGB.).

Ergeben sich bei Lieferung einer nichtvertretbaren Maschine Mängel, so hat der Besteller folgende Rechte:

Der Besteller kann gemäß § 633 des Bürgerlichen Gesetzbuches Beseitigung des Mangels verlangen, sofern dies nicht einen unverhältnismäßigen Aufwand erfordert. Wenn der Lieferant eine angemessene Frist, die ihm der Besteller zur Beseitigung des Mangels gesetzt hat, verstreichen ließ, also mit der Beseitigung des Mangels im Verzug ist, so kann der Besteller den Mangel auch selbst beseitigen und Ersatz seiner Aufwendungen verlangen.

Wenn der Besteller nach § 634 des Bürgerlichen Gesetzbuches verfahren, sich also nicht damit begnügen will, daß er den Mangel selbst beseitigt, wenn ihn der Lieferant nicht innerhalb der gesteckten Frist beseitigt, so muß er dem Lieferanten zur Beseitigung des Mangels eine angemessene Frist bestimmen und muß die Erklärung beifügen, daß er die Beseitigung des Mangels nach Ablauf der Frist ablehne, also dieselbe nicht mehr vornehmen lasse. Läßt der Lieferant die gesteckte Frist dann verstreichen, ohne den Mangel zu beseitigen, so kann der Besteller Wandelung verlangen, es sei denn, daß der beanstandete Mangel den Wert oder die Tauglichkeit der Maschine nur unerheblich mindert. Der Besteller kann auch

statt der Wandelung Minderung verlangen. In beiden Fällen ist dann der Anspruch auf Beseitigung des Mangels ausgeschlossen. Einer Fristsetzung bedarf es nicht, wenn der Mangel überhaupt nicht beseitigt werden kann oder wenn der Lieferant die Beseitigung des Mangels verweigert oder wenn der Besteller ein besonderes Interesse daran hat, ohne Fristsetzung sofort die Wandelung des Vertrags oder Minderung des Preises geltend zu machen.

Beruhet der Mangel der Maschine auf einem Umstand, den der Lieferant zu vertreten hat, so kann der Besteller statt der Rückgängigmachung des Vertrags oder Minderung des Preises auch Schadensersatz wegen Nichterfüllung verlangen.

Der Unterschied zwischen einem nach den Vorschriften über den Werkvertrag zu beurteilenden Geschäft und einem Handelskauf besteht also in der Hauptsache darin, daß bei ersterem die Maschine nicht sofort untersucht zu werden braucht, sowie daß zuerst Beseitigung eines Mangels verlangt werden muß.

Endlich sei noch bemerkt, daß wenn eine Maschine von dem Besteller in Kenntnis eines Mangels abgenommen wird, er seine Rechte verliert, sofern er sich nicht bei der Abnahme ausdrücklich seine Rechte vorbehalten hat; dies gilt gleichviel, ob der Vertrag nach den Vorschriften über den Handelskauf, den gewöhnlichen Kauf oder den Werkvertrag zu beurteilen ist.

Weiter ist noch zu bemerken, daß nur solche Mängel dem Besteller die vorerwähnten Rechte geben, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder dem nach dem Vertrag vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern (§§ 459, 633 BGB.). Hierbei ist es gleichgültig, ob es sich um ein Geschäft handelt, das nach den Bestimmungen über den Handelskauf, den gewöhnlichen Kauf oder den Werkvertrag zu beurteilen ist.

Nicht selten kommt es vor, daß ein Mangel weder auf Material- noch auf Konstruktions- oder Ausführungsfehler zurückzuführen ist, sondern sich als eine Folge des natürlichen Verschleißes darstellt. In diesem Falle hat der Käufer keinen vertragsmäßigen Anspruch auf kostenlose Beseitigung des Mangels.

Wenn eine nach dem Vertrag vorzunehmende Garantieprüfung nicht innerhalb der im Vertrag und den Lieferungsbedingungen vorgesehenen Frist ausgeführt wird, so entstehen bisweilen Meinungsverschiedenheiten darüber, ob die Nichterfüllung wirtschaftlicher Garantien auch als Mangel aufzufassen ist, dessen Beseitigung innerhalb der festgesetzten, meist einjährigen Garantiezeit gefordert werden kann. Da man über diese Frage verschiedener Ansicht sein kann, so empfiehlt sich die rechtzeitige Ausführung der Garantieprüfungen. Wo dies aus irgendwelchen Gründen nicht möglich ist, einige man sich in bestimmter Form mit dem Lieferanten über die Verlängerung der Prüfungsfrist.

Zum Schluß möge noch des Falles der verspäteten Lieferung von Anlagen gedacht werden. Beim Abschluß von Werkverträgen

pflegen die meisten Maschinenfabriken besondere Bedingungen für den Fall der Verzögerung der Lieferung vorzusehen, durch die die im § 326 des Bürgerlichen Gesetzbuches festgesetzten Rechtsfolgen des Lieferverzuges (entweder Schadensersatz wegen Nichterfüllung oder Rücktritt vom Vertrag) aufgehoben werden. So z. B. wird in die Verkaufs- und Lieferbedingungen die Bestimmung aufgenommen, daß der Besteller nicht befugt ist, die Annahme wegen verspäteter Lieferung abzulehnen, oder daß der Auftraggeber kein Recht hat, den Auftrag wegen verspäteter Lieferung zu annullieren. Es wird alsdann meist eine bestimmte Vertragsstrafe vereinbart für den Fall, daß das Werk nicht innerhalb der festgesetzten Zeit geliefert wird. Diese Strafe kann jedoch der Besteller gemäß § 341 Absatz 3<sup>o</sup> des Bürgerlichen Gesetzbuches nur dann verlangen, wenn er sich das Recht dazu bei der Abnahme des Werkes vorbehält. Und zwar muß sich aus dem Verhalten des Bestellers bei Abnahme des Werkes unzweideutig entnehmen lassen, daß er das Recht auf die Vertragsstrafe nicht fallen läßt. Ob ein solcher erkennbarer Vorbehalt vorliegt, richtet sich nach den Umständen des einzelnen Falles. Es ist deshalb immer zweckmäßiger und sicherer, wenn ein solcher Vorbehalt mit ausdrücklichen Worten erklärt wird.

Der Vorbehalt der Vertragsstrafe vor der Abnahme genügt nicht. Es muß vielmehr der Vorbehalt immer bei der Abnahme erklärt werden und deutlich erkennbar sein.

## 116. Abnahmeprüfung und Revision von Kraftanlagen.

Die Abnahmeprüfung von Wärmekraftanlagen und von elektrischen Anlagen hat auf Grund der bestehenden Normen zu geschehen. Diese Normen sind im folgenden zusammengestellt. Auf die Wiedergabe des Anhangs bzw. der Erläuterungen wurde hierbei jeweils verzichtet.

Vor Ausführung von Garantieversuchen muß dem Lieferanten Gelegenheit zu Vorversuchen und zu allenfalls notwendigen Instandsetzungsarbeiten und Verbesserungen gegeben werden. Unmittelbar nach Inbetriebnahme einer Maschinenanlage sollten keine Abnahmeversuche ausgeführt werden, damit sich die einzelnen Teile vorher einigermaßen einlaufen. Die Beobachtung dieser Bestimmung ist zwar nicht vorgeschrieben, jedoch liegt sie sowohl im Interesse des Lieferanten als auch des Käufers, da sich dann etwaige Mängel der Maschine in der Zwischenzeit leichter feststellen lassen. Keinesfalls jedoch sollte es der Käufer im Hinblick auf die üblicherweise geleistete einjährige Garantie versäumen, die Abnahmeversuche rechtzeitig auszuführen. Denn der Lieferant, der seinerseits meist kein Interesse an deren Vornahme hat, hält sich nur dann an seine wirtschaftlichen Garantien gebunden, wenn die Prüfung innerhalb der vertraglich festgesetzten Frist (meist innerhalb 3 Monaten nach In-

betriebsetzung) zur Ausführung kommt. Die einjährige Garantie bezieht sich nämlich nur auf das Unbrauchbar- oder Schadhafwerden einzelner Teile infolge ungeeigneten Materials, fehlerhafter Konstruktion oder mangelhafter Ausführung<sup>1)</sup>.

Da es nicht selten vorkommt, daß der Besitzer einer Anlage gar nicht weiß, was dieselbe leistet und was ihn deren Betrieb kostet, bzw. was er unter normalen Verhältnissen kosten darf, so empfiehlt es sich, die Anlage von Zeit zu Zeit auf ihren Zustand, ihren Gang, ihre Leistung, ihren Verbrauch usw. untersuchen zu lassen. Die Abnahmeversuche sowohl, als auch die zeitweiligen Prüfungen machen sich in der Regel für den Besitzer der Anlage reichlich bezahlt.

## **Normen für Leistungsversuche an Dampfkesseln und Dampfmaschinen<sup>2)</sup>.**

### **Allgemeine Bestimmungen.**

#### Gegenstand der Untersuchungen.

1. Gegenstand der Untersuchung einer Dampfkesselanlage kann sein:
  - a) die Menge des stündlich auf 1 qm Heizfläche erzeugten Dampfes;
  - b) die Verdampfungszahl, d. h. die Anzahl der Kilogramm Wasser von bestimmter Temperatur, die durch 1 kg näher bezeichneten Brennstoffes in Dampf von gewisser Spannung und Temperatur verwandelt werden (Brennstoffverbrauch);
  - c) der Wirkungsgrad der Dampfkesselanlage, d. h. das Verhältnis der an den Inhalt des Dampfkessels abgegebenen Wärmemenge zu dem Heizwerte des verbrauchten Brennstoffes;
  - d) die einzelnen in der Dampfkesselanlage stattfindenden Wärmeverluste.

Bemerkung: Bei Überhitzern und Vorwärmern, welche keinen Bestandteil des zu untersuchenden Dampfkessels bilden, jedoch von derselben Wärmequelle geheizt werden, sind auch deren Leistungen festzustellen, jedoch getrennt von denen des Dampfkessels.

2. Gegenstand der Untersuchung einer Dampfmaschine kann sein:
  - a) die indizierte Arbeit und die Nutzarbeit;
  - b) der mechanische Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der Nutzarbeit zur indizierten Arbeit;
  - c) der Dampfverbrauch für 1 Pferdestärke-Stunde (PS-st);
  - d) der Wärmewert des für 1 PS-st verbrauchten Dampfes;
  - e) die Schwankungen der Umlaufzahlen bei wechselnder Belastung.

Bemerkung: Sollen Dampfkessel und Dampfmaschine nicht bloß in bezug auf ihre Leistung, sondern auch nach anderen Richtungen beurteilt werden, so ist die Anlage in ihren einzelnen Teilen einer besonderen Durchsicht zu

<sup>1)</sup> Vielfach begegnet man auf seiten der Käufer der irrigen Auffassung, daß die Frist zur Vornahme von Untersuchungen hinsichtlich Leistung, Verbrauch usw. erst mit der eigentlichen Garantiezeit ablaufe.

<sup>2)</sup> Aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure, dem Internationalen Verbands der Dampfkessel-Überwachungsvereine und dem Verein deutscher Maschinenbauanstalten im Jahre 1899. (Es ist beabsichtigt, die Normen einer Umarbeitung zu unterziehen; die vorbereitenden Schritte hierzu sind bereits unter nommen.)

unterwerfen. Die Rücksichten auf Dauerhaftigkeit und Betriebssicherheit bestimmen in erster Linie den hierbei anzulegenden Maßstab. Bei Dampfmaschinen ist überdies dem Ölverbrauch Beachtung zu schenken.

Zahl und Dauer der Untersuchungen; zulässige Schwankungen.

3. Zahl und Dauer der Versuche haben sich nach dem Zwecke der Untersuchung zu richten und sind unter Berücksichtigung der Anlage- und Betriebsverhältnisse — bei Versuchen von besonderer Wichtigkeit, deren Ergebnisse z. B. für die Abnahme, für Abzüge oder Prämien maßgebend sind, auch nach der Bedeutung des damit verknüpften Interesses — gemäß Nr. 4 bis 6 zu bemessen und vorher zu vereinbaren.

4. Um die zu untersuchende Anlage im Betriebe kennen zu lernen, die zur Verwendung kommenden Vorrichtungen zu prüfen und die Beobachter und Hilfskräfte anzuweisen, empfiehlt es sich, Vorversuche anzustellen.

5. Für Untersuchungen von besonderer Wichtigkeit sind mindestens zwei Versuche hintereinander auszuführen, die nur dann als gültig erachtet werden, wenn sie nicht durch Störungen unterbrochen worden sind, und wenn ihre Ergebnisse nicht um mehr voneinander abweichen, als unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden darf. Aus den Versuchen mit annähernd gleichen Ergebnissen wird der Mittelwert als endgültig angenommen.

6. Handelt es sich um die Ermittlung des Brennstoffverbrauches, so ist ein Versuch von mindestens 10stündiger Dauer, handelt es sich um die Menge des erzeugten oder verbrauchten Dampfes, so ist ein Versuch von mindestens 8stündiger Dauer zu machen.

Eine kürzere Dauer — beim Brennstoffverbrauch von mindestens 8, beim Dampfverbrauch von mindestens 6 st — ist zulässig, wenn die zu untersuchende Anlage durchaus gleichmäßig beansprucht wird.

Wird die Menge des erzeugten oder verbrauchten Dampfes durch Oberflächenkondensation festgestellt, so genügt ein kürzerer Versuch, dessen Dauer nach den Schwankungen des Betriebes zu bemessen ist.

Soll lediglich der mechanische Wirkungsgrad einer Dampfmaschine festgestellt werden, so genügen Versuche von kurzer Dauer.

Bei den vorstehenden Zeitangaben ist vorausgesetzt, daß keine Unterbrechung oder Störung des Versuches stattfindet.

7. Wie weit von der zugesagten Leistung abgewichen werden darf, ohne die Zusage als verletzt erscheinen zu lassen, ist vor den Versuchen (sei es im Lieferungsvertrage, sei es bei Aufstellung des Versuchsplanes) zu vereinbaren. Ist keine andere Vereinbarung getroffen, so gilt die Zusage noch als erfüllt, wenn die durch den Versuch ermittelte Zahl um nicht mehr als 5% ungünstiger ist als die zugesicherte Zahl. Innerhalb derselben Grenzen muß der zugesicherte Verbrauch an Brennstoff oder Dampf auch dann noch innegehalten werden, wenn bei Schwankungen während des Versuches die Belastung der Dampfmaschine im Mittel während des ganzen Versuches um nicht mehr als  $\pm 7,5\%$ , im einzelnen in der Regel um nicht mehr als  $\mp 15\%$  von der dem zugesicherten Brennstoff- oder Dampfverbrauch zugrunde gelegten Beanspruchung oder Belastung abgewichen ist.

Sind größere Schwankungen im einzelnen aufgetreten, so soll der Versuch nur dann als gültig betrachtet werden, wenn das Durchschnittsergebnis dadurch nicht wesentlich beeinflusst wird.

Bemerkung: Da es bei Leistungsversuchen oft nicht möglich ist, die Dampfmaschine mit derjenigen Nutzleistung arbeiten zu lassen, auf welche sich die im Vertrage ausgesprochene Zusage bezieht, so empfiehlt es sich, auch für größere und kleinere Leistungen Zahlen des voraussichtlichen Dampfverbrauches in den Vertrag aufzunehmen. Dasselbe gilt sinngemäß auch für Dampfkessel.

Versuche mit festgestelltem Regulator sind zulässig; jedoch ist dies im Versuchsbericht zu erwähnen.



8. Unmittelbar nach Inbetriebnahme einer Anlage soll kein Abnahmeversuch ausgeführt werden; dem Lieferanten wird zu eigenen Vorversuchen und zu den etwa nötigen Verbesserungen eine Frist eingeräumt, deren Dauer und sonstige Bedingungen möglichst bei Abfassung des Lieferungsvertrages festzustellen sind.

#### Maße und Gewichte für die Berechnungen.

9. Alle Wärmemessungen (Wärmeeinheiten, Temperaturen) beziehen sich auf das 100teilige Thermometer (Celsius).

10. Ist ohne nähere Angabe vom Dampfdruck die Rede, so ist darunter stets der Überdruck über den Druck der Atmosphäre zu verstehen.

Spannungen, welche geringer sind als der Druck der Atmosphäre, werden als Vakuum angegeben. Man versteht unter Vakuum den Unterschied zwischen der atmosphärischen und der zu messenden Spannung, beide von 0 an gerechnet.

Die Maßeinheit für den Überdruck und für das Vakuum ist der Druck von 1 kg auf 1 qcm oder die metrische Atmosphäre.

Die absolute Dampfspannung erhält man, wenn man zum jeweiligen atmosphärischen Druck den Überdruck hinzurechnet, bzw. vom atmosphärischen Druck das Vakuum abzieht.

11. Die Zugstärke wird in Millimeter Wassersäule angegeben.

12. Unter Heizfläche ist bei Dampfkesseln der Flächeninhalt der einerseits von den Heizgasen, andererseits vom Wasser berührten Wandungen zu verstehen. Sind noch andere Wandungen vorhanden, durch welche Wärme in den Dampfkessel übergeht, und sollen sie berücksichtigt werden, so ist deren von den Heizgasen bespülte Fläche besonders anzugeben.

Alle Heizflächen sind auf der Feuerseite zu messen.

13. Der Heizwert ist auf 1 kg ursprünglichen Brennstoffes (ohne Abzug von Asche, Feuchtigkeit usw.) bezogen in WE anzugeben. Die Berechnung geschieht unter der Voraussetzung, daß der im Brennstoff enthaltene Wasserstoff zu dampfförmigem Wasser verbrennt, und daß auch die Feuchtigkeit des Brennstoffes dampfförmig wird.

14. Die Verdampfung durch 1 kg ursprünglichen Brennstoffes und die Verdampfung auf 1 qm Heizfläche sind auf Wasser von 0° und trocken gesättigten Dampf von 100° (639,3 WE) berechnet anzugeben<sup>1)</sup>.

15. Die für die Beurteilung der Dampfmaschine maßgebenden Spannungen und Temperaturen des einströmenden Dampfes sind unmittelbar vor dem Eintritt in die Dampfmaschine, diejenigen des ausströmenden Dampfes im Ausströmrohr unmittelbar nach dem Austritt aus dem Dampfzylinder zu messen.

16. Für die Leistung einer Dampfmaschine gilt als Maßeinheit die Pferdestärke gleich 75 Sekundenmeterkilogramm. Falls keine weitere Bezeichnung angegeben ist, versteht man darunter stets die Nutzleistung. Soll die indizierte Leistung gemeint sein, so ist dies ausdrücklich auszusprechen. Die Angabe des Dampfverbrauches dagegen bezieht sich, wenn nicht anders bestimmt ist, auf die indizierte Leistung.

Die Angabe in nominellen Pferdestärken ist unstatthaft.

17. Als Maß für die Nutzleistung der Dampfmaschine wird der Unterschied zwischen der indizierten Leistung bei der jeweiligen Belastung ( $N_i$ ) und der Leistung beim Leerlauf ( $N_l$ ), als Maß für den mechanischen Wirkungsgrad das Verhältnis dieses Unterschiedes zur indizierten Leistung angesehen

$$\left( \frac{N_i - N_l}{N_i} \right).$$

<sup>1)</sup> Vgl. die Ausführungen über Verdampfungsziffer und Dampfpreis (Abschn. 43).

Hinsichtlich strenger Bestimmung der Nutzleistung und des mechanischen Wirkungsgrades vgl. Nr. 36.

18. Ist der Wärmewert des für 1 PS-st verbrauchten Dampfes zu berechnen, so gilt 0° als Anfangstemperatur des Speisewassers<sup>1)</sup>.

### Ausführung der Untersuchungen.

19. Zu Anfang und zu Ende jedes Versuches sollen überall gleiche Verhältnisse vorhanden sein; Dampfkessel und Dampfmaschine sollen sich während des ganzen Versuches im Beharrungszustande befinden.

20. Handelt es sich um die Bestimmung des erzeugten oder des verbrauchten Dampfes, so sind alle für den Versuch nicht zur Anwendung kommenden Dampf- und Wasserrohre vom Versuchskessel und der Versuchsmaschine abzusperrern, am besten mittels Blindflanschen, die möglichst nahe am Dampfkessel und der Dampfmaschine anzubringen sind.

### Untersuchung einer Dampfkesselanlage.

21. Art, Zahl und Dauer der Versuche sind nach Maßgabe der „Allgemeinen Bestimmungen“ (Nr. 1 bis 8) zu vereinbaren.

22. Die Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Dampfkesselanlage sind möglichst vollständig anzugeben und durch Zeichnung zu erläutern; insbesondere sollen bei vollständigen Untersuchungen in diesen Angaben enthalten sein:

- a) die Heizfläche des Dampfkessels gemäß Nr. 12;
- b) die von Heizgasen bespülten Überhitzer- und Vorwärmer-Heizflächen;
- c) der Inhalt des Wasser- und Dampftraumes, der Speisewasservorwärmer und der von den Heizgasen geheizten Dampfüberhitzer;
- d) die Verdampfungsoberfläche.

Bemerkung: Die vorstehenden Angaben, insofern sie vom Wasserstand beeinflußt werden, müssen dem bei der Untersuchung tatsächlich beobachteten Wasserstande entsprechen.

- e) Die gesamte und die freie Rostfläche; die Größe etwaiger Schwelplatten ist besonders anzugeben;
- f) der Querschnitt der Feuerzüge an den wesentlichen Stellen;
- g) der mittlere Zugquerschnitt der sämtlichen für den Versuch in Betracht kommenden Absperrvorrichtungen während des Versuches;
- h) die Höhe des Schornsteines (von der Rostfläche aus gemessen) und dessen Querschnitt an der Ausmündung oder an der engsten Stelle.

23. Vor dem Versuche ist der Dampfkessel zu reinigen, innerlich und äußerlich zu untersuchen, auf seine Dichtheit zu prüfen und in ordnungsmäßigen Zustand zu bringen.

24. Bei Beginn des Versuches muß sich der Dampfkessel tunlichst im Beharrungszustande befinden; er muß deshalb nach der Reinigung, bevor der Versuch beginnt, je nach seiner Beschaffenheit einen oder mehrere Tage im normalen Betriebe gewesen sein, und zwar mit demselben Brennstoff und derselben Beanspruchung wie während des Versuches.

25. Wasserstand und Dampfdruck sollen während des ganzen Versuches möglichst auf gleicher Höhe erhalten werden; sie werden zu Anfang und zu Ende sowie während des Versuches viertelstündlich vermerkt. Falls Überhitzer vorhanden, sind die Temperaturen der Gase vor und hinter dem Überhitzer, diejenigen des Dampfes dicht hinter dem Überhitzer viertelstündlich festzustellen.

<sup>1)</sup> Man bezieht den Wärmeverbrauch auf 0° Speisewassertemperatur, um verschiedene Dampfmaschinen mit einander vergleichen zu können. Bei Berechnung des Kohlenverbrauches muß jedoch die wirkliche Speisewassertemperatur berücksichtigt werden.

Bemerkung: Geringe Abweichungen des Wasserstandes oder des Dampfdruckes am Ende des Versuches sind, falls sie sich nicht vermeiden lassen, nach ihrem Wärmewerte entsprechend den Spannungen am Anfang und am Ende des Versuches in Rechnung zu ziehen.

Besondere Sorgfalt verlangen in dieser Beziehung die Wasserrohrkessel und ähnliche Konstruktionen mit stark schwankendem Wasserspiegel, bei denen außerdem während der Dampfentwicklung die Wassermasse durch die im Wasser enthaltenen Dampfblasen erheblich vergrößert erscheint.

26. Das Speisewasser wird entweder gewogen oder nach seinem Rauminhalt in geeichten Gefäßen gemessen; im letzteren Falle ist der Inhalt der Gefäße nach der Temperatur des Wassers zu berichtigen. Bei Versuchen von besonderer Wichtigkeit ist nur Wägung zulässig.

Die Speisungen müssen regelmäßig und womöglich ununterbrochen geschehen; ist ununterbrochene Speisung nicht möglich, so sind mindestens 10 Minuten vor Beginn und ebenso vor Schluß des Versuches Speisungen zu vermeiden.

Die Temperatur des Speisewassers wird im Behälter, aus welchem gespeist wird, gemessen, bei genauen Versuchen je nach Umständen auch kurz vor dem Eintritt in den Dampfkessel, und zwar bei jeder Speisung, mindestens aber halbstündlich.

Die Speisung durch Injektoren ist bei genauen Leistungsversuchen an Dampfkesseln unstatthaft.

Es ist unzulässig, zur Speisung Dampfpumpen zu verwenden, deren Abdampf mit dem Speisewasser in Berührung kommt, es sei denn, daß die dem Speisewasser auf diese Weise zugeführte Wärme- und Wassermenge genau bestimmt werden kann.

Alles Leckwasser an den Ausrüstungsteilen sowie etwa an ihnen ausgeblasenes Wasser ist aufzufangen und in Rechnung zu bringen.

27. Versuche, bei welchen nachweisbar erhebliche Wassermengen durch den Dampf mitgerissen werden, sind ungenau, solange nicht Verfahren und Vorrichtungen bekannt sind, welche es möglich machen, diese Wassermengen genau zu ermitteln.

28. Zum Beginne des Versuches muß das Feuer in einen normalen Zustand der Beschickung und Reinigung gebracht, Asche und Schlacke aus dem Aschenfall entfernt werden; ist es nicht möglich, den Aschenfall zu entleeren (Schrägrostfeuerungen), so sind die Rückstände darin vor und nach dem Versuche bis auf eine bestimmte Höhe zu bringen und abzugleichen. In demselben Zustande wie beim Beginn muß sich das Feuer am Ende des Versuches befinden. Die Dauer und der Brennstoffverbrauch des Anheizens werden vermerkt, bleiben aber außer Berechnung.

Der während des Versuches zur Verwendung kommende Brennstoff ist zu wägen.

29. Um eine richtige Durchschnittsprobe dieses Brennstoffes zu erlangen, kann man in folgender Weise verfahren. Von jeder Ladung (Karre, Korb und dergl.) des zugeführten Brennstoffes wird eine Schaufel voll in ein mit einem Deckel versehenes Gefäß geworfen. Sofort nach Beendigung des Verdampfungsversuches wird der Inhalt des Gefäßes zerkleinert, gemischt, quadratisch ausgebreitet und durch die beiden Diagonalen in vier Teile geteilt. Zwei einander gegenüber liegende Teile werden fortgenommen, die beiden anderen wieder zerkleinert, gemischt und geteilt. In dieser Weise wird fortgefahren, bis eine Probemenge von etwa 10 kg übrig bleibt, welche in gut verschlossenen Gefäßen zur Untersuchung gebracht wird. Außerdem ist während des Versuches eine Anzahl von Proben in luftdicht verschließbare Gefäße zu füllen (Feuchtigkeitsproben).

30. Die Zusammensetzung des Brennstoffes ist durch chemische Analyse zu ermitteln. Es soll der Gehalt an Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Schwefel (S), Asche (A) und Wasser (W) in Prozenten des Brennstoffgewichtes angegeben werden. Der Gehalt des Brennstoffes an Stickstoff (N)

kann unberücksichtigt bleiben. Das Verhalten in der Hitze ist durch Verkokungsprobe zu ermitteln.

31. Der Heizwert des Brennstoffes ist kalorimetrisch zu ermitteln.

Bemerkung: Auf Grund der chemischen Analyse kann der Heizwert von Steinkohlen und Braunkohlen angenähert mittels der sogenannten Verbandsformel:

$$81 C + 290 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 25 S - 6 W$$

berechnet werden.

32. Die Temperatur der abziehenden Heizgase wird an der Stelle, wo sie den Kessel verlassen, jedenfalls aber vor dem Schieber, durch Quecksilberthermometer oder thermoelektrische Pyrometer gemessen. Diese Geräte sind mit sorgfältiger Abdichtung in den Rauchkanal so einzusetzen, daß sich die Quecksilberkugel oder die Lötstelle mitten im Gasstrom befindet. Die Ablesungen erfolgen möglichst oft, längstens aber viertelstündlich, und zwar wöglich bei Entnahme der Gasproben.

Die Temperatur der in die Feuerung tretenden Luft wird nahe der Feuerung gemessen, wobei das Thermometer vor Wärmestrahlung zu schützen ist. Aus den einzelnen Ablesungen wird das Mittel genommen.

33. Während des Heizversuches werden entweder ununterbrochen oder in gleichmäßigen Zwischenräumen möglichst oft, längstens aber alle 20 Minuten, durch ein luftdicht neben dem Thermometer eingesetztes Rohr, dessen untere Mündung mitten in den Gasstrom reicht, Gasproben entnommen. Der Gehalt an Kohlensäure (k) ist regelmäßig zu bestimmen. Vollständige Untersuchungen der Heizgase auf Kohlensäure, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Stickstoff sind nach Bedarf vorzunehmen. Hierzu dienen am besten Durchschnittsproben, welche mittels gleichmäßig saugender Aspiratoren entnommen werden.

Soll der Verlust durch unvollständig verbrannte Gase festgestellt werden, so ist die Zusammensetzung der Gase nach genauen Verfahren festzustellen, da hierfür die üblichen Verfahren der technischen Gasanalyse nicht ausreichen. Um zu ermitteln, wieviel Luft in die Feuerzüge eindringt, können an verschiedenen Stellen derselben Gasproben entnommen und auf ihren Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff untersucht werden.

Bemerkung: Auf einfache Weise kann man in der Regel starke Undichtheiten des Mauerwerkes nachweisen, indem man den im Betriebe befindlichen Rost mit stark rauchendem Brennstoffe beschickt und hierauf den Zugschieber schließt, oder auch dadurch, daß man beobachtet, ob die Flamme eines an dem Kesselmauerwerk entlang bewegten Lichtes angesaugt wird.

Für die Berechnung der Wärme, die in den abziehenden Heizgasen verloren geht, ist die Zusammensetzung derjenigen Heizgase maßgebend, die neben dem Thermometer entnommen sind.

#### Untersuchung einer Dampfmaschinenanlage.

34. Art, Zahl und Dauer der Versuche sind nach Maßgabe der „Allgemeinen Bestimmungen“ (Nr. 1 bis 8) zu vereinbaren.

35. Die Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Dampfmaschine sind möglichst vollständig anzugeben und durch Zeichnung zu erläutern; insbesondere sollen bei vollständigen Untersuchungen in diesen Angaben enthalten sein:

- a) die Bauart der Maschine, Beschreibung und Zeichnung ihrer Hauptteile; die Abmessungen der Zylinder; die Größe der schädlichen Räume; der Kolbenhub und sonstige in Betracht kommende Abmessungen;
- b) die normale Umlaufzahl, deren zulässige Schwankungen und der Ungleichförmigkeitsgrad;
- c) die Spannung und die Temperatur des Dampfes, mit dem die Dampfmaschine arbeiten soll, und die höchste Spannung, für die sie gebaut ist;

- d) die Leistung, auf welche sich der zugesagte Dampfverbrauch und der mechanische Wirkungsgrad beziehen, die zugesagte größte Leistung und die entsprechenden Füllungsgrade;
- e) der für die indizierte oder für die Nutzleistung zugesagte Dampfverbrauch;
- f) die im Vertrage vorausgesetzte Temperatur und Menge des Einspritz- oder Kühlwassers und das dieser Voraussetzung entsprechende Vakuum.

Im Sinne des Absatzes 2 der Einleitung liegt es außerdem, die Länge und den Durchmesser der Dampfzu- und -ableitungsrohre, die Entwässerungsvorrichtungen, die Weite der Dampfkanäle, die Abmessungen der Luftpumpen, sowie die Bauart und die Betriebsverhältnisse der Dampfkesselanlage anzugeben.

36. Eine strenge Ermittlung der wirklichen Nutzleistung und damit der sogenannten zusätzlichen Reibung ist nur mittels der Bremse möglich; jedoch ist dieses Verfahren bei größeren Maschinen schwierig und mit Gefahren verknüpft und deshalb nur ausnahmsweise anzuwenden (vgl. Nr. 17).

Ist eine Dynamomaschine mit der Dampfmaschine unmittelbar gekuppelt, so kann aus der dem Anker der Dynamomaschine entnommenen elektrischen Arbeit die Nutzarbeit der Dampfmaschine bestimmt werden, falls der Wirkungsgrad des Ankers der Dynamomaschine unter den obwaltenden Temperatur- und Belastungsverhältnissen genau bekannt ist.

Die Geräte, mit denen die elektrischen Messungen vorgenommen werden, müssen geeicht sein.

37. Die Indikatoren sind möglichst unmittelbar am Zylinder ohne lange und scharf gekrümmte Zwischenleitungen anzubringen, und zwar an jedem Zylinderende ein Indikator. Zu dem Zwecke ist jedes Zylinderende mit einer Bohrung für 1" Whitworth zu versehen.

Die Indikatoren und ihre Federn sind vor und nach dem Versuch entweder durch unmittelbare Belastung oder an offenen Quecksilber- bzw. Eichmanometern bei einer der mittleren Dampfspannung des Versuches entsprechenden Temperatur zu prüfen. Ergeben sich Unterschiede, so ist der Mittelwert maßgebend. Sind tägliche Federprüfungen während der Versuchszeit ausführbar, so sind diese vorzuziehen.

Die Maßstäbe sehr schwacher Vakuumfedern sind in derselben Lage zur Wagerechten zu berichtigen, welche sie während des Versuches inne haben.

38. Bei Leistungsversuchen, die zur Ermittlung des Dampfverbrauches dienen, sind folgende Regeln zu beobachten:

Der Versuch soll nicht eher beginnen, als bis in der Maschine und den Meßgeräten Beharrungszustand bezüglich der Kräfte und Temperaturen eingetreten ist.

Erstreckt sich der Versuch bei regelmäßigem Fabrikbetriebe auf die Dauer eines Arbeitstages, so sind die erste und die letzte Stunde des Arbeitstages von der eigentlichen Versuchszeit auszuschließen; ebenso die Tage vor und nach Sonn- und Feiertagen.

Dampfspannung, Belastung der Maschine und Überhitzungstemperatur (s. Bemerkung zu Nr. 40) müssen während der Versuchsdauer möglichst gleichmäßig erhalten werden; erforderlichenfalls ist die Gleichmäßigkeit der Belastung künstlich herzustellen (vgl. Nr. 7).

Die Umlaufzahl der Maschine wird durch Hubzähler gemessen und stündlich vermerkt. Bei wechselnder Belastung empfiehlt es sich, die Schwankungen der Umlaufzahl mit Hilfe eines Tachographen oder dergl. zu ermitteln.

In regelmäßigen Zwischenräumen (alle 10 bis 20 Minuten) werden der Wasserstand und die Spannung im Kessel, die Spannung und, falls der Dampf überhitzt ist, die Temperatur unmittelbar vor der Maschine, die Spannungen in den Zwischenbehältern, im Ausströmröhr unmittelbar hinter dem Dampfzylinder und im Kondensator, außerdem die Temperaturen des Einspritz- oder Kühlwassers sowie des ausfließenden Kondensationswassers vermerkt.

Der Barometerstand ist, gebotenenfalls mehrmals, zu verzeichnen, und ebenso, falls ein Gradierwerk benutzt wird, die Temperatur und der Feuchtigkeitsgrad der Luft.

Während des Versuches sind alle 10 bis 20 Minuten (womöglich gleichzeitig mit den soeben genannten Ablesungen) Diagramme an jedem Zylinderende abzunehmen, bei starken Schwankungen der Belastung tunlichst noch öfter. Die Diagramme erhalten Ordnungsnummern und Angaben über die Zeit der Entnahme.

Die Diagrammflächen werden mit Hilfe eines Polarplanimeters oder in anderer zuverlässiger Weise ausgerechnet, und zwar der Sicherheit wegen wiederholt.

Der Durchmesser des Dampfzylinders (in möglichst betriebswarmem Zustand) und der Kolbenhub sind zu messen, der Querschnitt der Kolbenstange in Rechnung zu nehmen.

39. Der Dampfverbrauch wird durch das in den Dampfkessel gespeiste Wasser gewogen bzw. gemessen (vgl. Nr. 26). Es ist unzulässig, zur Speisung Dampfpumpen zu verwenden, welche ihren Dampf aus demselben Dampfkessel entnehmen wie die zu untersuchende Dampfmaschine, oder deren Abdampf mit dem Speisewasser in unmittelbare Berührung kommt, es sei denn, daß der Dampfverbrauch dieser Pumpen genau ermittelt werden kann.

Bei Oberflächenkondensation kann der Dampfverbrauch der Dampfmaschine durch das Gewicht des niedergeschlagenen Dampfes festgestellt werden.

Die Berechnung des Dampfverbrauches aus dem Diagramm ergibt kein richtiges Maß dieses Verbrauches und ist deshalb unstatthaft.

Das in der Dampfleitung niedergeschlagene Wasser muß vor dem Eintritt in die Maschine abgefangen und von der Speisewassermenge abgezogen werden.

Das innerhalb der Maschine (Zwischenbehälter, Mantel usw.) niedergeschlagene Wasser gehört zum Verbrauch der Maschine und soll möglichst an jeder Entnahmestelle getrennt bestimmt werden.

Bemerkung: Die Vorrichtungen zum Abfangen des niedergeschlagenen Wassers (Kühlschlangen und dergl.) sind derart einzurichten, daß Verluste durch Wiederverdampfung vermieden werden; zu dem Ende soll es in diesen Vorrichtungen auf mindestens  $40^{\circ}$  abgekühlt werden.

40. Bedeutet  $t_1$  die Sättigungstemperatur, die zum Drucke des einströmenden Dampfes unmittelbar vor der Dampfmaschine gehört,  $t_1'$  die Temperatur des überhitzten Dampfes an derselben Stelle, so ist der Wärmewert von 1 kg des verbrauchten Dampfes (s. Nr. 18) ausgedrückt durch:

$$606,5 + 0,305 t_1 + 0,48 (t_1' - t_1) \text{ WE}^1).$$

Hiernach ermittelt sich der Wärmewert des für 1 PS-st verbrauchten Dampfes.

Bemerkung: Bei Ermittlung der Temperatur des überhitzten Dampfes ist darauf zu achten, daß der Siedepunkt der Flüssigkeit, in welche das Thermometer eintaucht, höher liegt als die zu messende Temperatur des Dampfes.

41. Die Dichtheit der Kolben, Dampfmäntel, Schieber und Ventile usw. ist nicht durch Indikatormessungen zu prüfen, sondern durch besondere Versuche an der betriebswarmen Maschine, derart, daß die eine Seite des Kolbens Ventiles usw. bei abgespreiztem Schwungrade mit Dampf belastet wird. Diese Belastung geschieht bei normalem Dampfdruck und die betreffenden Dichtungsflächen sind für undicht zu erachten, wenn der Dampf in anderer Form als in der von feinem Nebel oder Wasserperlen auf der anderen Seite zum Vorschein kommt.

<sup>1)</sup> Diese von Regnault stammende Gleichung ergibt nach neueren Versuchen zu kleine Werte für den Wärmeinhalt, vor allem deshalb, weil die spezifische Wärme des Dampfes nicht 0,48, sondern 0,49—0,67 beträgt, je nach dessen Spannung und Temperatur.

**Regeln für Leistungsversuche an Gasmaschinen und Gaserzeugern<sup>1)</sup>.****Allgemeine Bestimmungen.****Gegenstand der Untersuchungen.**

1. Gegenstand der Untersuchung einer Kraftgaserzeugungsanlage kann sein:
  - a) die Menge, die Zusammensetzung und der Heizwert des verbrauchten Brennstoffes;
  - b) die Menge, die Zusammensetzung und der Heizwert des erzeugten Gases;
  - c) der Wirkungsgrad der Gaserzeugungsanlage;
  - d) die einzelnen in der Gaserzeugungsanlage stattfindenden Wärmeverluste;
  - e) die Menge der in 1 cbm Gas enthaltenen Verunreinigungen (Staub, Teer, Schwefel usw.);
  - f) der Feuchtigkeitsgehalt des Gases;
  - g) der Wasserverbrauch der Gaserzeugungsanlage, insgesamt und in den einzelnen Teilen;
  - h) die zum Betrieb einschließlich der Reinigungsanlage erforderliche mechanische Arbeit;
  - i) die Dauer des Anblasens;
  - k) der Abbrand während der Tag- und Nachtpausen.
2. Gegenstand der Untersuchung einer Verbrennungskraftmaschine kann sein:
  - a) die indizierte Leistung und die Nutzleistung;
  - b) der mechanische Wirkungsgrad;
  - c) der Brennstoffverbrauch und der Wärmeverbrauch für 1 PS-st;
  - d) der Verbrauch an Schmiermitteln, getrennt für Zylinder und Maschine;
  - e) der Verbrauch an Wasser und die ins Kühlwasser abgeführte Wärme;
  - f) die Schwankungen der Umlaufzahl;
  - g) die Zusammensetzung der Abgase.

Zahl und Dauer der Untersuchungen; zulässige Schwankungen.

3. Zahl und Dauer der Versuche haben sich nach dem Zwecke der Untersuchung zu richten und sind unter Berücksichtigung der Anlage- und Betriebsverhältnisse — bei Versuchen von besonderer Wichtigkeit, deren Ergebnisse z. B. für die Abnahme, für Abzüge oder Prämien maßgebend sind, auch nach der Bedeutung des damit verknüpften Interesses — gemäß Nr. 4—8 zu bemessen und vorher zu vereinbaren.

4. Abnahmeversuche sollen möglichst bald nach Inbetriebnahme einer Anlage ausgeführt werden; jedoch wird dem Lieferanten zu eigenen Vorversuchen und zu den etwa nötigen Verbesserungen eine angemessene Frist eingeräumt. Die Dauer dieser Frist und sonstige Bedingungen sind möglichst bei Abfassung des Lieferungsvertrages festzustellen.

5. Um die zu untersuchende Anlage im Betriebe kennen zu lernen, die zur Verwendung kommenden Vorrichtungen zu prüfen und die Beobachter und Hilfskräfte anzuweisen, müssen Vorversuche zugelassen werden.

6. Handelt es sich um die Ermittlung des Brennstoffverbrauches von Gaserzeugern, so hat der Versuch im Beharrungszustand mindestens 8 Stunden ohne Unterbrechung zu dauern.

7. Handelt es sich um die Bestimmung des Verbrauches an flüssigem oder gasförmigem Brennstoff, so genügen, den Beharrungszustand vorausgesetzt, bei den hohen Belastungsstufen Messungen von etwa einstündiger Dauer, und falls

<sup>1)</sup> Aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure, dem Verein deutscher Maschinenbauanstalten und dem Verband von Großgasmaschinenfabrikanten im Jahre 1906.

außerdem der Verbrauch bei niedrigeren Belastungen ermittelt werden soll, hierfür Messungen von noch kürzerer Dauer. Um den Beharrungszustand nachzuweisen, ist die Temperatur des abfließenden Kühlwassers von Zeit zu Zeit abzulesen. Bei den vorstehenden Zeitangaben ist vorausgesetzt, daß keine Unterbrechung oder Störung des Versuches stattfindet, und daß Zwischenablesungen für den Verbrauch nur wenig voneinander abweichende Werte ergeben.

8. Soll lediglich der mechanische Wirkungsgrad einer Verbrennungskraftmaschine festgestellt werden, so genügen Versuche von kurzer Dauer im Beharrungszustande; doch sind mindestens 10 Diagrammsätze zu nehmen.

9. Für Untersuchungen von besonderer Wichtigkeit sind mindestens zwei Versuche hintereinander auszuführen, die nur dann als gültig erachtet werden, wenn sie nicht durch Störungen unterbrochen worden sind und wenn ihre Ergebnisse nicht mehr voneinander abweichen, als unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden darf. Der Mittelwert aus diesen beiden Versuchen wird als endgültig angenommen.

10. Wie weit von der zugesagten Leistung und von dem zugesagten Verbrauch abgewichen werden darf, ohne die Zusage als verletzt erscheinen zu lassen, ist vor den Versuchen (sei es im Lieferungsvertrage, sei es bei Aufstellung des Versuchsplanes) zu vereinbaren. Ist keine andere Vereinbarung getroffen, so gilt die Zusage noch als erfüllt, wenn die durch den Versuch ermittelte Zahl um nicht mehr als 5% ungünstiger ist als die zugesicherte Zahl. Doch gilt dieser Spielraum für die Leistung nur bezüglich einer außer der Dauerleistung zugesagten Höchstleistung. Die zugesagte Dauerleistung muß die Maschine unter allen Umständen aufweisen. Innerhalb derselben Grenzen muß der zugesicherte Verbrauch an Brennstoff oder Wasser auch dann noch innegehalten werden, wenn bei Schwankungen während des Versuches die Belastung der Maschine im Mittel während des ganzen Versuches um nicht mehr als  $\pm 5\%$ , im einzelnen in der Regel um nicht mehr als  $\pm 15\%$  von der dem zugesicherten Brennstoff- oder Wasserverbrauch zugrunde gelegten Beanspruchung oder Belastung abgewichen ist.

Bemerkung: Da es bei Leistungsversuchen oft nicht möglich ist, die Verbrennungskraftmaschine mit derjenigen Nutzleistung arbeiten zu lassen, auf welche sich die im Vertrage ausgesprochene Zusage bezieht, so empfiehlt es sich, auch für größere und kleinere Leistungen Zahlen des voraussichtlichen Brennstoffverbrauches in den Vertrag aufzunehmen. Dasselbe gilt sinngemäß auch für Kraftgaserzeuger.

### Maßeinheiten und Benennungen.

11. Bei Druckangaben ist stets beizufügen, ob absoluter, Über- oder Unterdruck zu verstehen ist. Unter Atmosphäre als Druckbezeichnung ist die metrische, d. h. 1 kg/qcm, zu verstehen.

12. Alle Temperatur- und Wärmemessungen beziehen sich auf das 100-teilige Thermometer von Celsius.

13. Als mechanisches Wärmeäquivalent gilt der Wert  $427 \text{ mkg} = 1 \text{ WE}$ , entsprechend  $1 \text{ PS-st} = 632 \text{ WE}$ .

14. Als Heizwert eines Brennstoffes ist der untere Heizwert einzusetzen, d. h. diejenige Wärmemenge, welche bei der vollständigen Verbrennung des Brennstoffes und bei der Abkühlung der Verbrennungserzeugnisse auf die ursprüngliche (Zimmer-) Temperatur unter konstantem Druck frei wird, falls angenommen wird, daß das Verbrennungswasser und die in dem Brennstoff enthaltene Feuchtigkeit dampfförmig bleiben. Der Heizwert ist auf die Einheitsmenge ursprünglichen Brennstoffes (ohne Abzug von Asche, Feuchtigkeit usw.) bezogen in WE anzugeben. Bei festen und flüssigen Brennstoffen gilt als Einheitsmenge 1 kg Brennstoff. Der Heizwert von gasförmigen Brennstoffen ist auf 1 cbm bei  $0^\circ$  und 760 mm Barometerstand bezogen oder als „effektiver“ Heizwert, d. h. bezogen auf 1 cbm des tatsächlich vorliegenden Gases, in WE anzugeben. Falls keine weiteren Angaben gemacht sind, ist immer der auf  $0^\circ$  und 760 mm Barometerstand reduzierte Heizwert gemeint.



15. Unter dem Wirkungsgrad einer Gaserzeugungsanlage versteht man das Verhältnis der in dem erzeugten Gase chemisch gebundenen Wärmemenge zu der Verbrennungswärme der gesamten in der Anlage verbrauchten Brennstoffmenge, beide aus dem unteren Heizwert berechnet.

Bemerkung: Bei Kraftgasanlagen mit einem besonders geheizten Dampfkessel empfiehlt es sich, auch das Verhältnis der im erzeugten Gase chemisch gebundenen Wärmemenge zu dem Heizwert des lediglich im Generator hierzu aufgebrauchten Brennstoffes zu bestimmen.

16. Für die Leistung einer Verbrennungskraftmaschine gilt als Maßeinheit die Pferdestärke gleich 75 Sekundenmeterkilogramm. Es ist unzweifelhaft auszudrücken, ob die indizierte oder die Nutzleistung gemeint ist. Falls keine weitere Bezeichnung angegeben, ist stets die Nutzleistung gemeint.

17. Als indizierte Leistung der Maschine oder indizierte Leistung schlechthin gilt der Unterschied zwischen den im ganzen erzeugten und den im ganzen hiervon innerhalb der Maschine verbrauchten indizierten Arbeiten, oder kurz: der Unterschied zwischen der positiven und der negativen indizierten Leistung. Leerlaufarbeit ist die indizierte Leistung der Maschine in dem Zustand, in dem sie keine Nutzarbeit leistet.

18. Der mechanische Wirkungsgrad ist das Verhältnis der Nutzleistung zur indizierten Leistung der Maschine.

19. Alle Verbrauchszahlen sind auf die Stunde und, falls sie mit der Leistung der Maschine verglichen werden sollen, auf 1 PS-st zu beziehen. Wenn nichts anderes bestimmt ist, beziehen sich diese Angaben auf die Nutzleistung bei voller Belastung.

### Ausführung der Untersuchungen.

20. Handelt es sich um die Messung des in einem Gaserzeuger erzeugten Gases oder des in einer Maschine verbrauchten Brennstoffes, so sind alle für den Versuch nicht zur Anwendung kommenden Leitungen von den Versuchsleitungen, dem Generator und der Versuchsmaschine abzusperrern, am besten mittels Blindflanschen. Die Versuchsleitungen, Gasbehälter usw. sind auf ihre Dichtheit zu prüfen und zu dichten. Unvermeidliche Undichtigkeitsverluste sind, zumal bei gemauerten Gaskanälen, festzustellen.

#### Untersuchung des Brennstoffverbrauches einer Kraftgasanlage.

21. Art, Zahl und Dauer der Versuche sind nach Maßgabe der „Allgemeinen Bestimmungen“ (Nr. 1—10) zu vereinbaren.

22. Die Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Kraftgasanlage sind im Versuchsberichte so vollständig anzugeben und durch Zeichnungen zu erläutern, wie es zur Beurteilung der Wirkungsweise und der Prüfungsergebnisse erforderlich ist.

23. Vor dem Versuch ist die Kraftgasanlage innerlich und äußerlich auf ihren ordnungsmäßigen Zustand zu prüfen.

24. Der im Gaserzeuger verbrauchte Brennstoff wird gemessen durch das Gewicht des Brennstoffes, der während des Versuches nachgefüllt werden muß, damit der Generator am Ende des Versuches genau denselben Inhalt an im Brennstoff chemisch gebundener und an freier Wärme besitzt wie zu Anfang des Versuches. Zur Erfüllung dieser Bedingung ist es nicht ausreichend, daß die Schütthöhe am Ende gleich ist wie am Anfang; vielmehr muß auch beachtet werden, welchen Einfluß die im Generator enthaltenen Aschen- und Schlackenmengen, die Lage der Glühzone, die Bildung von Hohlräumen, die Dichte der Generatorfüllung und die chemische Beschaffenheit der in Verbrennung begriffenen Brennstoffteile auf den Wärmeinhalt des Generators ausüben.

Um der geforderten Bedingung zu genügen, sind folgende Vorschriften zu erfüllen:

25. Bei Beginn des Versuches muß sich die Anlage tunlichst im Beharungszustande befinden; sie muß deshalb nach der Reinigung einen oder mehrere Tage im Betriebe gewesen sein, und zwar mit Brennstoff von derselben Beschaffenheit und Korngröße, bei derselben Schütthöhe, bei derselben Art der Bedienung hinsichtlich des Nachfüllens von Brennstoff und des Schlackens und bei derselben Beanspruchung wie während des Versuches.

26. Während des Versuches soll der Gaserzeuger möglichst nach den Bedienungsvorschriften beschickt und geschürt werden; die Schütthöhe muß zu Anfang und zu Ende des Versuches gleich sein und während des Versuches möglichst ebenso erhalten bleiben; ungefähr eine halbe Stunde vor Beginn und vor Ende des Versuches ist abzuschlacken. Ist es unmöglich, während des Betriebes zu schlacken, so muß die Anlage zu Ende des Versuches sofort stillgesetzt werden, worauf der Generator rasch abzuschlacken und bis zu gleicher Schütthöhe wie zu Anfang des Versuches nachzufüllen ist. Die hierzu verwendete Kohlenmenge ist dem Verbrauch zuzurechnen.

27. Der während des Versuches verbrauchte Brennstoff ist zu wägen, ebenso der unverbrauchte und noch brauchbare Brennstoff, der beim Schlacken oberhalb des Rostes herausfällt, und derjenige, welcher aus der Asche herausgelesen wird. Die Menge des ersteren darf vom Verbrauch in Abzug gebracht werden, nicht aber der Brennstoff, der aus der Asche herausgelesen wird, und nicht der Kohlenstaub, der sich in den Reinigern und Leitungen hinter dem Generator vorfindet.

28. Um die während des Versuches gezogene Aschen- und Schlackenmenge bestimmen zu können, ist der Aschenfall vor dem Versuche zu entleeren; ist das nicht möglich (Schrägrostfeuerungen), so sind die Rückstände darin vor und nach dem Versuch abzugleichen.

29. Der Abbrand während der Tag- und Nachtpausen ist festzustellen.

30. Um vom festen Brennstoff eine richtige Durchschnittsprobe zu erlangen, kann man in folgender Weise verfahren. Von jeder Ladung (Karre, Korb und dergl.) des zugeführten Brennstoffes wird eine Schaufel voll in ein mit einem Deckel versehenes Gefäß geworfen. Sofort nach Beendigung des Versuches wird der Inhalt des Gefäßes zerkleinert, gemischt, quadratisch ausgebreitet und durch die beiden Diagonalen in vier Teile geteilt. Zwei einander gegenüber liegende Teile werden fortgenommen, die beiden andern wieder zerkleinert, gemischt und geteilt. In dieser Weise wird fortgefahren, bis eine Probenmenge von 5—10 kg übrig bleibt, die in gut verschlossenen Gefäßen zur Untersuchung gebracht wird. Außerdem ist während des Versuches eine Anzahl von Proben zur Bestimmung der Feuchtigkeit in luftdicht verschließbare Gefäße zu füllen.

31. Die Zusammensetzung des Brennstoffes ist durch Elementaranalyse zu ermitteln. Es soll der Gehalt an Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Schwefel (S), Asche (A) und Wasser (W) in Gewichtsprozenten, bezogen auf ursprünglichen Brennstoff, angegeben werden. Der Gehalt des Brennstoffes an Stickstoff (N) kann unberücksichtigt bleiben. Das Verhalten in der Hitze ist durch Verkokungsprobe zu ermitteln.

32. Der Heizwert des Brennstoffes ist kalorimetrisch zu ermitteln.

Bemerkung: Auf Grund der chemischen Analyse kann der Heizwert von Anthrazit, Koks, Steinkohlen und Braunkohlen angenähert mittels der sog. Verbandsformel

$$81 C + 290 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 25 S - 6 W$$

berechnet werden.

#### Untersuchung der Leistung einer Verbrennungskraftmaschine.

33. Art, Zahl und Dauer der Versuche sind nach Maßgabe der „Allgemeinen Bestimmungen“ (Nr. 1—8) zu vereinbaren.

34. Die Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Maschine sind im Versuchsbericht so vollständig anzugeben, wie es zur Beurteilung der Wirkungs-

weise und der Betriebsergebnisse erforderlich ist; insbesondere: Bauart und Leistung der Maschine; Durchmesser der Zylinder und Kolbenstangen; Kolbenhub, Inhalt des Kompressionsraumes und sonstige in Betracht kommende Abmessungen; die normale Umlaufzahl und ihre zulässigen Schwankungen; Art und Heizwert des Brennstoffes, für den die Maschine bestimmt ist. Der Durchmesser des Zylinders und der Kolbenhub sind, wenn es möglich ist, zu messen.

Bemerkung: Der Inhalt des Kompressionsraumes soll womöglich durch Wasserfüllung bestimmt werden. Wenn es nicht möglich ist, den Inhalt des Kompressionsraumes anzugeben, sollte wenigstens die bei voller Belastung erreichte Kompressionsspannung angegeben werden. Sie wird bestimmt durch Entnahme eines Diagrammes bei abgestellter Zündung.

35. Vor dem Versuch ist die Maschine innerlich und äußerlich auf ihren ordnungsmäßigen Zustand zu prüfen.

36. Die Umlaufzahl der Maschine wird durch ein Zählwerk ermittelt, dessen Stand in entsprechenden Zwischenräumen vermerkt und von Zeit zu Zeit durch direkte Zählung der Umläufe nachgeprüft wird.

Werden die Geschwindigkeitsverhältnisse der Maschine untersucht, so sind zu bestimmen:

1. die Umlaufzahlen im Beharrungszustande bei maximaler Belastung und im Leerlauf;
2. die Schwankungen der Umlaufzahl bei gleichbleibender Belastung;
3. Um wieviel die Umlaufzahl, vom Beharrungszustand aus, bei vorgeschriebener Belastung oder Entlastung vorübergehend sinkt oder steigt.

Bemerkung: Diese Ermittlungen können mit Geräten nach Art der Hornschen Tachographen ausgeführt werden. Die Schwankungen der Umlaufzahl während eines Maschinenspieles (Viertakt, Zweitakt usw.) um ihren Mittelwert nach oben und nach unten in Teilen des letzteren

$$\left( \text{Ungleichförmigkeitsgrad des Schwungrades} = \frac{n_{max} - n_{min}}{\frac{n_{max} + n_{min}}{2}} \right)$$

werden bis auf weiteres durch Rechnung bestimmt.

37. Die Nutzleistung kann mittels der Bremse oder auf elektrischem Weg ermittelt werden.

Die Maß- und Gewichtsverhältnisse der Bremse sind möglichst vor dem Versuch festzustellen.

Die elektrische Messung kann durch eine Dynamomaschine erfolgen, die mit der Gasmaschine unmittelbar gekuppelt ist. Die Nutzarbeit wird aus der von der Dynamomaschine abgegebenen Leistung berechnet. Der Wirkungsgrad der Dynamomaschine ist nach einer der Methoden zu bestimmen, die in den „Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren“, herausgegeben vom Verband deutscher Elektrotechniker, festgelegt sind. Ist der Wirkungsgrad mittelbar durch Bestimmung der „meßbaren Verluste“ ermittelt, so ist für die nicht berücksichtigten Verluste ein Bauschbetrag von 2% der Vollastarbeit als von der Gasmaschine zusätzlich geleistete Arbeit einzusetzen.

Die Geräte, mit denen die elektrischen Messungen vorgenommen werden, müssen vor und möglichst auch nach dem Versuch geeicht werden.

Bemerkung: Ob außer diesem Bauschbetrag für vermehrte Lagerreibung und Luftwiderstand der Dynamomaschine der Gasmaschine etwas zu vergüten ist, muß jeweils festgestellt werden. Ob in Fällen, wo die Nutzarbeit weder durch Bremsung, noch auf elektrischem Weg ermittelt werden kann, das für Dampfmaschinen als zulässig erachtete Verfahren, die Nutzleistung als den Unterschied zwischen der indizierten und der Leerlaufarbeit zu bestimmen, für Gasmaschinen zulässig ist, kann zurzeit nicht festgestellt werden, weil es an gesicherten Versuchsergebnissen fehlt.

38. Die Indikatoren sind möglichst unmittelbar am Verbrennungsraum ohne lange und scharf gekrümmte Zwischenleitungen anzubringen, und zwar

an jedem Verbrennungsraum ein Indikator. Zu dem Zweck ist jeder Verbrennungsraum mit einer Bohrung für  $\frac{3}{4}$ " oder 1" Whitworth zu versehen. Dasselbe gilt sinngemäß für die Pumpenzylinder.

Die Indikatoren und ihre Federn sind vor und nach dem Versuch nach den Normen des Vereines deutscher Ingenieure zu prüfen.

39. Während des Versuches sind möglichst oft Diagramme an jedem Verbrennungsraum und an den Pumpenzylindern abzunehmen. Die Diagramme erhalten Ordnungsnummern und Angaben über die Zeit der Entnahme, den Federmaßstab und die Zahl der Einzeldiagramme. Es sind jedesmal mindestens 5 Diagramme hintereinander auf einem Blatt aufzunehmen. Von Zeit zu Zeit sind auch Diagramme mit schwacher Feder an den Verbrennungsräumen zu entnehmen.

Die indizierte Leerlaufarbeit ist unmittelbar nach Schluß des Hauptversuches zu messen, solange die Maschine noch betriebswarm ist. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß die Leerlaufdiagramme nicht während einer Beschleunigungs- oder einer Verzögerungsperiode des Schwungrades entnommen werden.

#### Untersuchung des in einer Kraftgasanlage erzeugten oder in einer Verbrennungskraftmaschine verbrauchten Gases oder des verbrauchten flüssigen Brennstoffes.

40. Die Proben für die chemische Analyse des Gases werden während des Versuches in gleichmäßigen Zwischenräumen möglichst oft entnommen und entweder an Ort und Stelle analysiert oder in zugeschmolzenen Glasröhren bis zur Ausführung der Analyse aufbewahrt. Durch die Analyse soll der Gehalt in Volumprozenten an Kohlenoxyd (CO), Kohlensäure (CO<sub>2</sub>), Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), an schweren Kohlenwasserstoffen und an Sauerstoff (O<sub>2</sub>) bestimmt werden; außerdem empfiehlt es sich, den Schwefelgehalt (in g pro cbm) zu ermitteln. Die Gasproben sind zwischen der Reinigungsanlage und der Maschine zu entnehmen.

41. Der Heizwert des Gases ist möglichst oft kalorimetrisch zu bestimmen. Der Brenner des Kalorimeters, in dem die Heizwertbestimmung ausgeführt wird, soll womöglich ununterbrochen von der Gasleitung aus gespeist werden. Bei Sauggasanlagen kann dies durch Anwendung einer Gaspumpe, welche aus der Leitung saugt, geschehen. Ist man gezwungen, bei abgestelltem Kalorimeter eine Gasprobe aus der Gasleitung zu entnehmen, die erst nachher unter Überdruck gesetzt und im Kalorimeter verbrannt wird, so soll die abgezapfte Gasmenge mindestens 300 ltr betragen, damit das Kalorimeter auch hinsichtlich des abtropfenden Verbrennungswassers zuerst in den Beharrungszustand gebracht werden kann, und damit dann mindestens 100 ltr für zwei aufeinander folgende Heizwertermittlungen übrig bleiben. Die Saugpumpe, der Gasbehälter und die Leitungen müssen bei der Kalorimetrierung von Sauggas besonders sorgfältig gedichtet werden.

42. Die Gasuhr des Kalorimeters, in dem der Heizwert des erzeugten Gases bestimmt wird, muß geeicht werden. Zur Bestimmung der Temperaturen des Kalorimeterwassers dürfen nur mit Eichschein versehene Thermometer, oder mit solchen verglichene Thermometer, die mindestens in  $\frac{1}{10}^{\circ}$  eingeteilt sind, verwendet werden.

Bemerkung: Auf Grund der chemischen Analyse kann der Heizwert von Gasen, welche keine schweren Kohlenwasserstoffe enthalten, mittels der Formel

$$30,5 (\text{CO}) + 25,7 (\text{H}_2) + 85,1 (\text{CH}_4)$$

berechnet werden, falls die Bestimmung durch Kalorimeter nicht ausführbar ist.

43. Die Menge des erzeugten oder verbrauchten Gases wird mittels Gasglocke oder Gasuhr bestimmt. Die Querschnittfläche der Gasglocke ist durch Messung ihres Umfanges an mehreren Stellen zu bestimmen. Verbrauch-

messungen mittels der Gasglocke sollen nicht ausgeführt werden, während die Sonne auf die Glocke scheint.

44. Die Gasuhr ist zu eichen und nach der Wasserwage aufzustellen; sie ist so zu füllen, daß der Wasserstand der normalen Füllung beim Eichen entspricht. Zwischen Gasuhr und Maschine ist ein Druckregler oder ein so großer Saugraum einzuschalten, daß der Wasserstand an der Gasuhr bei den auftretenden Druckschwankungen nur leichte Zuckungen ausführt.

45. In der Versuchsdauer angepaßten Zwischenräumen sind abzulesen: die Stellung der Gasglocke an drei Stellen oder der Stand der Gasuhr; der Druck in der Glocke oder der Gasuhr; die Temperatur des Gases beim Eintritt und beim Austritt aus der Glocke oder dem Gasmesser und vor der Maschine; der Barometerstand.

46. Ist die Temperatur des Gases bei der Verbrauchsmessung verschieden von derjenigen bei der Heizwertbestimmung, so ist bei der Umrechnung auch diejenige Vergrößerung des Volumens zu berücksichtigen, die durch den größeren Feuchtigkeitsgehalt des Gases bei höherer Temperatur bedingt ist.

47. Der Verbrauch an flüssigem Brennstoff ist durch Wägung oder Raummessung festzustellen. Für die Bestimmung des Heizwertes, der Zusammensetzung und des spezifischen Gewichtes des Brennstoffes genügt dabei eine Durchschnittsprobe.

48. Gleichzeitig mit den Messungen über den Brennstoffverbrauch von Verbrennungskraftmaschinen ist der Verbrauch an Schmieröl für ihre Arbeitszylinder zu bestimmen.

49. Soll bei doppeltwirkenden oder Tandem- oder Zwillingmaschinen der Verbrauch bei niedrigeren Belastungen bestimmt werden, so darf dabei nicht etwa an einer oder mehreren Zylinderseiten der Gaszutritt abgesperrt werden, falls nicht andere Bestimmungen vereinbart und im Versuchsbericht erwähnt werden, oder falls nicht der Regler selbsttätig die Absperrung besorgt.

## Auszug aus den Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren<sup>1)</sup>.

### A. Definitionen.

Generator oder Dynamo ist jede rotierende Maschine, die mechanische in elektrische Leistung verwandelt.

Motor ist jede rotierende Maschine, die elektrische in mechanische Leistung verwandelt.

Motorgenerator ist eine Doppelmaschine, bestehend in der direkten mechanischen Kuppelung eines Motors mit einem Generator.

Umformer ist eine Maschine, bei welcher die Umformung des Stromes in einem gemeinsamen Anker stattfindet.

Wird im folgenden das Wort elektrische Maschine oder Maschine schlechthin gebraucht, so ist darunter, je nach dem Zusammenhang, einer der vor genannten Gegenstände zu verstehen.

Anker ist bei elektrischen Maschinen derjenige Teil, in welchem durch die Einwirkungen eines magnetischen Feldes elektromotorische Kräfte erzeugt werden.

Transformator ist ein Apparat für Wechselströme ohne bewegte Teile zur Umwandlung elektrischer in elektrische Leistung.

Unter Spannung bei Drehstrom ist die verkettete effektive Spannung (Spannung zwischen je zwei der drei Hauptleitungen) zu verstehen.

Unter Sternspannung bei Drehstrom ist die Spannung zwischen dem Nullpunkt und je einem der drei Hauptleiter zu verstehen.

Unter Übersetzung bei Transformatoren ist das Verhältnis der Spannungen bei Leerlauf zu verstehen.

<sup>1)</sup> Aufgestellt vom Verbands Deutscher Elektrotechniker.

Unter Frequenz ist die Anzahl der vollen Perioden in der Sekunde zu verstehen.

Die für Wechselstrom gegebenen Vorschriften gelten sinngemäß auch für Mehrphasenstrom.

Unter der Zahl der Voltampère ist das Produkt aus Stromstärke, Spannung und dem der Stromart entsprechenden Zahlenfaktor zu verstehen.

### B. Allgemeine Bestimmungen.

#### § 1.

Die folgenden Bestimmungen gelten nur insofern, als sie nicht durch ausdrücklich vereinbarte Lieferungsbedingungen abgeändert werden.

Ausgenommen hiervon sind die Vorschriften über die Leistungsschilder (vgl. §§ 4, 5, 6), die immer erfüllt sein müssen.

Maschinen oder Transformatoren ohne Leistungsschild oder mit einem anderen als dem weiter unten vorgeschriebenen Leistungsschild werden als diesen Normalien nicht entsprechend angesehen.

### C. Leistung.

#### § 2.

Als Leistung gilt bei allen Maschinen und Transformatoren die abgegebene. Dieselbe ist anzugeben bei Gleichstrom in Kilowatt (KW), bei Wechselstrom in Kilovoltampère (KVA) mit Angabe des geringsten zulässigen Leistungsfaktors. Bei Abgabe von mechanischer Leistung ist dieselbe in Pferdestärken (PS) anzugeben.

Außerdem sind anzugeben und auf dem Leistungsschild (vgl. §§ 4, 5, 6) oder auf einem besonderen Schild zu verzeichnen die normalen Werte von Tourenzahl bzw. Frequenz, Spannung und Stromstärke, bei Asynchronmotoren auch die beim Anlassen auftretende Spannung an den Schleifringen.

#### § 3.

In bezug auf die Leistungen sind folgende Betriebsarten zu unterscheiden:

- a) der intermittierende Betrieb, bei dem nach Minuten zählende Arbeitsperioden und Ruhepausen abwechseln (z. B. Motoren für Krane, Aufzüge, Straßenbahnen u. dgl.);
- b) der kurzzeitige Betrieb, bei dem die Arbeitsperiode kürzer ist, als nötig, um die Endtemperatur zu erreichen, und die Ruhepause lang genug, damit die Temperatur wieder annähernd auf die Lufttemperatur sinken kann;
- c) der Dauerbetrieb, bei dem die Arbeitsperiode so lang ist, daß die Endtemperatur erreicht wird.

#### § 4.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für intermittierende Betriebe ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche ohne Unterbrechung eine Stunde lang abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Wert überschreitet. Diese Leistung ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „intermittierend“ anzugeben.

#### § 5.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während der vereinbarten Betriebszeit abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Wert überschreitet. Diese Leistung ist unter der Bezeichnung „für . . . St.“ auf einem Schild anzugeben.

## § 6.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für Dauerbetrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während beliebig langer Zeit abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig angegebenen Wert überschreitet. Diese Leistung ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „dauernd“ anzugeben.

## § 7.

Die gleichzeitige Angabe der Leistung für verschiedene Betriebsarten ist zulässig.

## § 8 . . . . .

## § 9.

Maschinen mit Kollektor müssen bei jeder Belastung innerhalb der zulässigen Grenzen bei günstigster Bürstenstellung und eingelaufenen Bürsten so weit funkenfrei laufen, daß ein Behandeln des Kollektors mit Glaspapier oder dergl. höchstens nach je 24 Betriebsstunden erforderlich ist. Hierbei soll die Bürstenstellung für Belastungsschwankungen von ein Viertel Last bis Vollast unverändert bleiben.

**D. Temperaturzunahme.**

## § 10.

Die Temperaturzunahme von Maschinen und Transformatoren ist bei normaler Leistung und unter Berücksichtigung der oben definierten Betriebsarten zu messen, nämlich

1. bei intermittierenden Betrieben [nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes von einer Stunde;
2. bei kurzzeitigen Betrieben nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes während der auf dem Leistungsschild verzeichneten Betriebszeit;
3. bei Dauerbetrieben:
  - a) bei Maschinen nach Ablauf von zehn Stunden;
  - b) bei Transformatoren nach Ablauf jener Betriebszeit, welche nötig ist, um die stationäre Temperatur zu erreichen.

## § 11.

Sofern für kleinere Maschinen unzweifelhaft feststeht, daß die stationäre Temperatur in weniger als 10 Stunden erreicht wird, so kann die Temperaturzunahme nach entsprechend kürzerer Zeit gemessen werden.

## § 12.

Bei der Prüfung auf Temperaturzunahme dürfen die betriebsmäßig vorgesehenen Umhüllungen, Abdeckungen, Ummantelungen usw. von Maschinen und Transformatoren nicht entfernt, geöffnet oder erheblich verändert werden. Eine etwa durch den praktischen Betrieb hervorgerufene und bei der Konstruktion in Rechnung gezogene Kühlung kann im allgemeinen bei der Prüfung nachgeahmt werden, jedoch ist es nicht zulässig, bei Straßenbahnmotoren den durch die Fahrt erzeugten Luftzug bei der Prüfung künstlich herzustellen.

## §§ 13, 14 . . . . .

## § 15.

Mit Ausnahme der mit Gleichstrom erregten Feldspulen und aller ruhenden Wickelungen werden alle Teile der Generatoren und Motoren mittels Thermometer auf ihre Temperaturzunahme untersucht.

Bei thermometrischen Messungen sind, so weit wie möglich, jeweilig die Punkte höchster Temperatur zu ermitteln, und die dort gemessenen Temperaturen sind maßgebend.

## § 16.

Die Temperatur der mit Gleichstrom erregten Feldspulen und aller ruhenden Wicklungen bei Generatoren und Motoren ist aus der Widerstandszunahme zu bestimmen. Dabei ist, wenn der Temperaturkoeffizient des Kupfers nicht für jeden Fall besonders bestimmt wird, dieser Koeffizient als 0,004 anzunehmen.

## § 17 . . . . .

## § 18.

In gewöhnlichen Fällen und insofern die Lufttemperatur 35° C nicht übersteigt, darf die nach §§ 15 bis 17 ermittelte Temperaturzunahme folgende Werte nicht übersteigen:

- a) an isolierten Wicklungen und Schleifringen bei Baumwollisolierung 50° C, bei Baumwollisolierung unter Öl und Papierisolierung 60° C, bei Isolierung durch Email, Glimmer, Asbest und deren Präparate 80° C.

Für ruhende Wicklungen sind um 10° C höhere Werte zulässig.

- b) An Kollektoren 60° C;
- c) an Eisen von Generatoren und Motoren, in das Wicklungen eingebettet sind, je nach der Isolierung der Wicklung die Werte unter a;
- d) an Lagern 50° C.

## § 19.

Bei Straßenbahnmotoren darf die nach § 15 und 16 nach einstündigem ununterbrochenen Betriebe mit normaler Belastung im Versuchsraum ermittelte Temperaturzunahme folgende Werte nicht übersteigen:

- a) an isolierten Wicklungen und Schleifringen bei Baumwollisolierung 70° C, bei Papierisolierung 80° C, bei Isolierung durch Email, Glimmer, Asbest und deren Präparate 100° C.

Eine Erhöhung dieser Grenzen für ruhende Wicklungen ist nicht zulässig

- b) An Kollektoren 80° C;
- c) an Eisen, in das Wicklungen eingebettet sind, je nach der Isolierung der Wicklung die Werte unter a.

## § 20.

Bei kombinierten Isolierungen gilt die untere Grenze.

## § 21.

Bei dauernd kurzgeschlossenen Wicklungen können vorstehende Grenzwerte überschritten werden.

**E. Überlastung.**

## § 22.

Im praktischen Betriebe sollen Überlastungen nur so kurze Zeit oder bei solchem Temperaturzustand der Maschinen und Transformatoren vorkommen, daß die zulässige Temperaturzunahme dadurch nicht überschritten wird. Mit dieser Einschränkung müssen Maschinen und Transformatoren in den folgenden Grenzen überlastungsfähig sein:

Generatoren	}	25% während 1/2 Stunde, wobei bei Wechselstromgeneratoren der Leistungsfaktor nicht unter dem auf dem Schilde verzeichneten Werte anzunehmen ist.
Motoren		
Umformer		
Motoren	}	40% während 3 Minuten, wobei für Motoren die normale Klemmenspannung einzuhalten ist.
Umformer		
Transformatoren		



Der Kollektor der Gleichstrommaschinen und Umformer darf hierbei nicht so stark angegriffen werden, daß der Gang bei normaler Leistung dem § 9 nicht mehr genügt.

In bezug auf mechanische Festigkeit müssen Maschinen, die betriebsmäßig mit annähernd konstanter Tourenzahl arbeiten, leerlaufend eine um 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> erhöhte Tourenzahl unerregt und vollerregt 5 Minuten lang aushalten.

§§ 23, 24, 25 . . . . .

## F. Isolation.

### § 26.

Die Messung des Isolationswiderstandes wird nicht vorgeschrieben, wohl aber eine Prüfung auf Isolierfestigkeit (Durchschlagsprobe), welche am Erzeugungsort, bei größeren Objekten auch vor Inbetriebsetzung am Aufstellungsort vorzunehmen ist. Maschinen und Transformatoren müssen imstande sein, eine solche Probe mit einer im nachfolgenden festgesetzten höheren Spannung, als die normale Betriebsspannung ist, eine Minute lang auszuhalten. Die Prüfung ist bei warmem Zustande der Maschine vorzunehmen und später nur ausnahmsweise zu wiederholen, damit die Gefahr einer späteren Beschädigung vermieden wird.

Maschinen und Transformatoren von 40 bis 5000 V sollen mit der  $2\frac{1}{2}$ -fachen Betriebsspannung, jedoch nicht mit weniger als 1000 V geprüft werden. Maschinen und Transformatoren von 5000 bis 7500 V sind mit 7500 V Überspannung zu prüfen. Von 7500 V an beträgt die Prüfspannung das Zweifache. Ausgenommen hiervon sind Transformatoren für Prüfzwecke. Maschinen und Transformatoren unter 40 V sind mit wenigstens 100 V zu prüfen.

### § 27.

Diese Prüfspannungen beziehen sich auf Isolation von Wickelungen gegen das Gestell, sowie bei elektrisch getrennten Wickelungen gegeneinander. Im letzteren Falle ist bei Wickelungen verschiedener Spannung immer die höchste sich ergebende Prüfspannung anzuwenden.

### § 28.

Zwei elektrisch verbundene Wickelungen verschiedener Spannung sind gleichfalls mit der der Wickelung höchster Spannung entsprechenden Prüfspannung gegen Gestell zu prüfen.

### § 29.

Sind Maschinen oder Transformatoren in Serie geschaltet, so sind, außer obiger Prüfung, die verbundenen Wickelungen mit einer der Spannung des ganzen Systems entsprechenden Prüfspannung gegen Erde zu prüfen.

### § 30.

Obige Angaben über die Prüfspannung gelten unter der Annahme, daß die Prüfung mit Wechselstrom vorgenommen wird und beziehen sich auf effektive Werte. Wird mit Gleichstrom geprüft, so muß die Prüfspannung 1,4 mal so hoch genommen werden, wie oben angegeben.

### § 31.

Ist eine Wickelung betriebsmäßig mit dem Gestell leitend verbunden, so ist diese Verbindung für die Prüfung auf Isolierfestigkeit zu unterbrechen. Die Prüfspannung einer solchen Wickelung gegen Gestell richtet sich dann aber auch nur nach der größten Spannung, welche zwischen irgendeinem Punkte der Wickelung und des Gestelles im Betriebe auftreten kann.

## § 32.

Für Magnetspulung mit Fremderregung ist die Prüfspannung das Dreifache der Erregerspannung, jedoch mindestens 1000 V.

Die Wickelung des Sekundärankers asynchroner Motoren ist mit der  $2\frac{1}{2}$ -fachen Anlaufspannung zu prüfen, jedoch mindestens mit 100 V. Kurzschlußanker brauchen nicht geprüft zu werden.

## § 33.

Maschinen und Transformatoren sollen durch 5 Minuten eine um 30% erhöhte Betriebsspannung aushalten können.

Bei Maschinen darf die Überspannungsprobe mit einer Steigerung der Tourenzahl bis zu 15% verbunden werden, wobei jedoch nicht gleichzeitig eine Überlastung eintreten darf.

Diese Prüfung soll nur die Isolierfestigkeit feststellen und bei solcher Temperatur beginnen, daß die zulässige Temperaturzunahme nicht überschritten wird.

## G. Wirkungsgrad.

## § 34.

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis der abgegebenen zur zugeführten Leistung. Er kann durch direkte Messung der Leistungen oder indirekt durch Messung der Verluste bestimmt werden. Die indirekten Methoden sind leichter durchzuführen, durch Beobachtungsfehler weniger beeinflußt und aus diesen Gründen in der Regel vorzuziehen. Bei Angabe des Wirkungsgrades ist die Methode zu nennen, nach welcher er bestimmt werden soll, beziehungsweise bestimmt wurde, wozu ein Hinweis auf den entsprechenden Paragraphen dieser Normalien genügt.

Die Angabe des Wirkungsgrades soll sich stets auf die dem normalen Betriebe entsprechende Erwärmung beziehen.

Der Wirkungsgrad ist unter Berücksichtigung der Betriebsart (vgl. §§ 4, 5, 6) anzugeben.

Wenn bei Wechselstrommotoren und Transformatoren nichts Besonderes vereinbart ist, so braucht der angegebene Wirkungsgrad nur beim Anschluß an eine Stromquelle mit nahezu sinusförmiger EMK und, sofern Mehrphasensysteme in Betracht kommen, nur bei symmetrischen Systemen erreicht zu werden.

Der Wirkungsgrad ohne besondere Angabe der Belastung bezieht sich auf die normale Belastung.

Die für Felderregung nötige und im Feldrheostat verlorene Leistung ist als Verlust in Rechnung zu ziehen.

Wird künstliche Kühlung verwendet, so ist bei Angabe des Wirkungsgrades zu bemerken, ob die für die Kühlung erforderliche Leistung als Verlust mit in Rechnung gezogen ist. Fehlt eine derartige Bemerkung, so versteht sich der Wirkungsgrad mit Einschluß dieser Verluste.

## § 35.

Für Generatoren, synchrone Motoren und Transformatoren ist der Wirkungsgrad unter Voraussetzung von Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung anzugeben.

§§ 36—48. . . . .

### **117. Versicherung gegen Feuer- und Maschinenbruchschäden sowie Betriebsverluste.**

Für maschinelle Anlagen kommt außer der Feuerversicherung noch die Versicherung gegen Maschinenbruch, kurz Maschinenversicherung genannt, in Betracht. Letztere erstreckt sich auf alle Schäden infolge

- a) von Unfällen durch den Betrieb,
- b) Ungeschicklichkeit, Fahrlässigkeit der Arbeiter oder anderer Personen,
- c) Sturm, Wolkenbruch und Eisgang,
- d) Kurzschluß,
- e) bei Montage oder Demontage innerhalb des Betriebsgrundstückes,
- f) Guß- und Materialfehler,
- g) Überschwemmung.

Die meisten Maschinenschäden sind eine Folge von Nachlässigkeit oder falscher Behandlung der Maschinen seitens des Bedienungs-personals.

Außer der Maschinenversicherung gibt es noch eine Versicherung gegen Betriebsverluste. Die Betriebsverlustversicherung umfaßt den Betriebsverlust, der durch Stillstand der Maschinen infolge eines ersatzpflichtigen Maschinenschadens entsteht. Hier kommen hauptsächlich folgende Schädigungen in Betracht: Verminderung der Produktion durch den Betriebsstillstand, Beschädigung oder Entwertung der Rohmaterialien, die infolge des Stillstandes nicht verarbeitet werden können, Lohnzahlungen an Arbeiter, die während der Dauer des Betriebsstillstandes nicht genügend beschäftigt werden können, aber trotzdem entlohnt werden müssen. Die Betriebsverlustversicherung umfaßt also nicht nur den entgangenen Verdienst, sondern auch die wirklich bezahlten Unkosten.

Der Grundgedanke einer Versicherung gegen Feuer- oder Maschinenbruchschaden gipfelt darin, dem Versicherten durch die Entschädigungssumme zu ermöglichen, den Zustand am Tage des Brandes bzw. des Maschinenunfalles wieder herzustellen. Hierbei werden nicht nur die Kosten für Ersatzteile, sondern auch die für Fracht und Montage unter Zugrundelegung der einfachen Werktaglöhnung ersetzt. Kosten für Veränderungen und Verbesserungen über den früheren Zustand hinaus, die anlässlich der Reparatur vorgenommen worden sind, werden naturgemäß nicht ersetzt. Bei völliger Zerstörung einer versicherten Maschine wird der Wert ersetzt, den diese unmittelbar vor dem Schadenereignis hatte, abzüglich dem Wert, den das Altmaterial besitzt.

Der Wert der Maschine unmittelbar vor dem Schadenereignis wird auch als Zeitwert bezeichnet. Dieser Zeitwert ist jedoch nicht

etwa identisch mit dem Buchwert der betreffenden Maschine. Denn gemäß Abschn. 46 werden maschinelle Anlagen in der Regel höher abgeschrieben, als es die Rücksicht auf deren Lebensdauer erfordern würde. Bei Bestimmung des Zeitwertes ist aber nur die tatsächliche Wertminderung infolge von Abnutzung maßgebend, d. h. es braucht hier nicht so hoch abgeschrieben zu werden, wie dies sonst in Fabrikbetrieben zur Bestimmung des Buchwertes geschieht.

Die Bestimmung des Zeitwertes einer Maschinenanlage kommt nur bei deren völliger Zerstörung in Betracht. In allen übrigen Fällen hingegen handelt es sich gemäß oben nur um die Feststellung derjenigen Kosten, die zur Wiederherstellung der beschädigten Anlage in den früheren Zustand nötig sind.

Nicht selten kann man die Beobachtung machen, daß der Versicherte glaubt, seinen Betrieb weniger aufmerksam führen zu können, da ja seine Maschinen versichert sind. Es wird dann unter Umständen das Personal nicht mehr so scharf überwacht wie früher, und das Personal bedient die Anlage nachlässiger. Eine derartige Auffassung ist natürlich durchaus verkehrt. Es liegt im eigenen Interesse der Versicherten, daß die Versicherungsprämie möglichst niedrig ist. Dies ist aber nur möglich, wenn ebenso sorgfältig wie früher gearbeitet und nicht etwa auf die Versicherung hin gesündigt wird.

Da der Begriff „Explosion“ von seiten der Versicherungsnehmer und der Feuerversicherungsgesellschaften häufig verschieden ausgelegt wurde, so war eine Klarstellung dieses Begriffes, ähnlich wie dies mit Bezug auf Dampfkessel schon früher erfolgt ist, notwendig. Den Ausgangspunkt der Meinungsverschiedenheit bildet in der Regel die in den Versicherungspolizen enthaltene Bestimmung: „Eingeschlossen in die Versicherung sind Explosionsschäden jeder Art, ausgenommen solche durch Sprengstoffe“. Tritt nun ein Bruch eines Schwungrades, einer rasch rotierenden Scheibe oder dergl. ein, so glaubt der Versicherungsnehmer, der Schaden sei durch seine Feuerversicherung gedeckt, in Hinsicht darauf, daß es sich um eine Schwungradexplosion, Riemenscheibenexplosion oder dergl. handle. Obgleich die letztgenannten Bezeichnungen in der Tat gang und gäbe sind, so fallen derartige Unfälle doch nicht unter die eigentlichen Explosionen im Sinne der Feuerversicherung. Vielmehr sind sie als reine Maschinenbruchschäden anzusprechen.

Auf Grund einer Vereinbarung des Vereins deutscher Ingenieure mit der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften wurde der Begriff „Explosion“ wie folgt festgelegt:

Die Feuerversicherungs-Gesellschaften, welche erklären, daß sie den versicherungstechnischen Begriff „Explosionsgefahren aller Art“ nicht fallen lassen wollen, sprechen bei Gebrauch dieser Bezeichnung aus:

„Unter Explosion im Sinne der Versicherung wird in Übereinstimmung mit einem Beschluß des Vereines deutscher Ingenieure eine auf dem Ausdehnungsbestreben von Gasen oder Dämpfen beruhende, plötzlich verlaufende

Kraftäußerung verstanden, gleichgültig, ob die Gase oder Dämpfe bereits vor der Explosion vorhanden waren oder erst bei derselben gebildet worden sind.

Im Falle der Explosion von Behältern aller Art (Kessel, Apparate, Rohrleitungen, Maschinen usw.) wird noch vorausgesetzt, daß die Wandung eine Trennung in solchem Umfange erleidet, daß durch Ausströmung von Gas, Dampf oder von Flüssigkeit, falls solche noch vorhanden ist, ein plötzlicher Ausgleich der Spannungen innerhalb und außerhalb des Behälters stattfindet.“

## 118. Eigentumsvorbehalt an Maschinen.

Die Rechtsprechung der Gerichte in bezug auf die für die Praxis äußerst wichtige Frage des Eigentumsvorbehalts an verkauften Maschinen ist nicht immer eine feste und einheitliche gewesen. Es liegt dies an der nicht zweifelsfreien Fassung der §§ 93 und 94 des Bürgerlichen Gesetzbuches.

§ 93 lautet:

„Bestandteile einer Sache, die voneinander nicht getrennt werden können, ohne daß der eine oder der andere zerstört oder in seinem Wesen verändert wird (wesentliche Bestandteile), können nicht Gegenstand besonderer Rechte sein.“

§ 94 lautet:

„Zu den wesentlichen Bestandteilen eines Grundstücks gehören die mit dem Grund und Boden fest verbundenen Sachen, insbesondere Gebäude, sowie die Erzeugnisse des Grundstücks, solange sie mit dem Boden zusammenhängen. Samen wird mit dem Aussäen, eine Pflanze wird mit dem Einpflanzen wesentlicher Bestandteil des Grundstücks.“

Zu den wesentlichen Bestandteilen eines Gebäudes gehören die zur Herstellung des Gebäudes eingefügten Sachen.“

Sind Maschinen als wesentliche Bestandteile des Grundstücks zu erachten, so ist nach § 93 der Eigentumsvorbehalt der liefernden Maschinenfabrik hinfällig. Sobald die Maschinen in der in den oben genannten Paragraphen angegebenen Weise fest mit dem Maschinenhaus verbunden sind, folgen sie dem rechtlichen Schicksal der Hauptsache, d. h. sie gehen in das Eigentum des Grundstückseigentümers über. Der Lieferant hat infolgedessen die durch den Eigentumsvorbehalt beabsichtigte Sicherung für den noch ausstehenden Kaufpreis verloren und kann im Falle eines Konkurses des Käufers oder einer Beschlagnahme des Anwesens zum Zwecke der Zwangsversteigerung ein Aussonderungsrecht nicht geltend machen, da die Maschinen, ebenso wie alle anderen wesentlichen Bestandteile des Grundstücks, von den Hypotheken umfaßt werden und dem Hypothekengläubiger haften<sup>1)</sup>. Letzterer kann auf diese Weise ohne

<sup>1)</sup> Mit anderen Worten, die Maschinen gehören zur Konkursmasse und der Lieferant wird für seine Kaufpreisforderung nur anteilmäßig befriedigt.

jedes Zutun Befriedigung aus Werten erhalten, die bei Aufnahme der Hypothek noch gar nicht vorhanden waren. Der Hypothekengläubiger kann sogar, ohne daß Konkurs oder Anwesensbeschlagnahme vorläge, der Wegnahme der Maschinen durch den Lieferanten trotz dessen Eigentumsvorbehalt widersprechen, falls die Maschinen wesentlicher Bestandteil des Fabrikgebäudes wurden.

Anfänglich stellte sich das Reichsgericht in wörtlicher Anwendung der §§ 93 und 94 auf den Standpunkt, daß schon die bloße Verschraubung einer Maschine mit dem Fundament als eine feste Verbindung mit dem Grund und Boden anzusehen sei, durch die die Maschine ihre Selbständigkeit verloren und die Eigenschaft eines wesentlichen Bestandteils des Gebäudes erlangt habe. Demgemäß erklärte das Reichsgericht den Eigentumsvorbehalt an solchen Maschinen für rechtsungültig; Eigentumsvorbehalte der liefernden Maschinenfabriken standen daher nur auf dem Papier und waren praktisch wirkungslos. Hierdurch wurden nicht nur die Interessen der gesamten Maschinenindustrie in der empfindlichsten Weise geschädigt, sondern auch diejenigen der Käufer. Denn viele Maschinenfabriken, die ihren Abnehmern, den Forderungen der Zeit Rechnung tragend, ratenweise Abzahlung der gelieferten Maschinen zugestanden hätten, sahen sich aus Gründen der Vorsicht veranlaßt, auf manches Geschäft zu verzichten. Die Käufer mußten ihren Bedarf allenfalls bei weniger leistungsfähigen Firmen decken, die sich das eingegangene Risiko unter Umständen recht teuer bezahlen ließen.

Infolge der bedeutenden Anstrengungen der beteiligten Interessentenkreise hat sich im Laufe der Jahre die Stellungnahme des Reichsgerichts und damit auch die Rechtsprechung geändert.

In dem bekannten Urteil vom 2. November 1907 stellte das Reichsgericht fest, daß bei Beurteilung der Frage, ob eine Maschine wesentlicher Bestandteil sei, also mit der Hauptsache (dem Gebäude) eine Sache bilde, die Verkehrsauffassung entscheidend sei. Nur dann, wenn Maschine und Fabrikgebäude derart miteinander vereinigt seien, daß nach der Verkehrsauffassung eine einzige Sache vorliege, sei die Bestandteileigenschaft der Maschine zu bejahen. Eine feste Verbindung nahm das Reichsgericht in der Folge selbst dann nicht mehr an, wenn eine in eine Fabrik eingebrachte Maschine nur unter, wenn auch unwesentlichen Beschädigungen der Fabrikräume wieder herausgenommen werden kann (Reichsgerichtsentscheidung vom 31. März 1911). Die Änderung in der Rechtsauffassung des Reichsgerichts kam besonders klar und deutlich in einem Urteil des V. Zivilsenats vom 5. November 1911 zum Ausdruck. In diesem Urteil wird entschieden, daß Maschinen, die nach einem allgemeinen Typus gebaut sind und nach Preislisten zum Verkauf gestellt werden, also an den verschiedensten Orten und in den verschiedenartigsten Betrieben gleich gut zu gebrauchen sind, ihre sachliche Selbständigkeit dadurch nicht verlieren, daß sie mit einer anderen Sache (dem Grundstück) verbunden werden.

Die heutige Rechtsauffassung ist sonach kurz zusammengefaßt die folgende:

Maschinen sind nur dann als wesentliche Bestandteile eines Gebäudes zu erachten, wenn sie mit demselben eine körperliche Einheit, eine Sacheinheit bilden, derart, daß Gebäude und Maschinen nicht voneinander getrennt werden können, ohne daß der eine oder andere Teil zerstört oder in seinem Wesen verändert wird. Daß bei der Entfernung einer Maschine das Tor eine Beschädigung erleidet, daß Verankerungen herauszunehmen, Blechbeschläge zu beseitigen sind, der Zement bzw. Beton, in den die Füße der Maschine eingebettet sind, zu zerschlagen ist, vermag noch nicht die Annahme einer einheitlichen Sache zu begründen. Mit anderen Worten, die Annahme einer festen Verbindung im Sinne des § 93 des Bürgerlichen Gesetzbuches ist noch nicht gerechtfertigt, wenn die in eine Fabrik eingebrachte Maschine aus der Fabrik nicht anders entfernt werden kann, als dadurch, daß einzelne unwesentliche Beschädigungen an den Fabrikräumen vorgenommen werden. Daß eine Maschinenanlage eine wirtschaftliche Einheit mit den übrigen Einrichtungen der Fabrik bildet, kommt für die Frage der Bestandteileigenschaft nicht in Betracht. Denn auch Zubehörteile sind für die Aufrechterhaltung des Betriebs unerlässlich und bilden mit den übrigen Einrichtungen der Fabrik eine wirtschaftliche Einheit.

Der Umstand, daß für eine Maschinenanlage ein besonderes Gebäude errichtet wird, um die Maschinen und den Wärter vor den Einflüssen der Witterung zu schützen, berechtigt nicht zu der Annahme, daß die Maschinen im Sinne des § 94 Abs. 2 des Bürgerlichen Gesetzbuches in das Gebäude „eingefügt“ seien. Ein Einfügen liegt höchstens dann vor, wenn das Gebäude durch die Verbindung mit den Maschinen eine ganz besondere Eigenart gewonnen hat, was nur in den seltensten Fällen zutrifft.

Aber auch dann, wenn Maschinen nicht als wesentliche Bestandteile des Grundstückes, auf dem sie zur Aufstellung gelangen, zu erachten sind, tut die unter Eigentumsvorbehalt liefernde Firma gut, ihre Maschinen und insbesondere das rechtliche Schicksal, das das Grundstück des Käufers bzw. Bestellers erleidet, bis zur völligen Abzahlung des Kaufpreises im Auge zu behalten.

Obwohl sich nämlich nach § 1120 des Bürgerlichen Gesetzbuches die Hypothek auf Zubehörungen, die nicht in das Eigentum des Grundeigentümers gelangten, nicht erstreckt, so sind doch solche im Eigentum Dritter stehende Zubehörungen im Falle einer Beschlagnahme des Grundstückes von der Versteigerung und dem Zuschlage nur dann ausgenommen, wenn der Eigentümer der Maschinen rechtzeitig seine Rechte gemäß § 37 Nr. 5 des Zwangsversteigerungsgesetzes gewahrt hat (vgl. § 55 dieses Gesetzes).

Zu diesem Zweck ist es erforderlich, daß der Lieferant rechtzeitig die Aufhebung bzw. Einstellung des Zwangsversteigerungsverfahrens bezüglich seiner Maschinen beim Vollstreckungsgericht erwirkt

und dafür Sorge trägt, daß die Anordnung dem Notar noch vor dem Versteigerungstermin zugestellt und von diesem im Termin verkündet sowie in den Zuschlagsbeschluß aufgenommen wird. Unterbleibt eine dieser Maßnahmen, so erwirbt der Ansteigerer des Anwesens Eigentumsrecht an den Maschinen trotz des vertragsmäßigen Eigentumsvorbehalts.

### 119. Sicherheitsvorschriften und Schutzvorrichtungen.

Die Unfallverhütungsvorschriften der verschiedenen Berufsgenossenschaften beziehen sich hauptsächlich auf die Sicherung von Schwungrädern, Kurbeln, Zahnrädern, vorspringenden Keilen usw. mit Hilfe von Geländern, Einkapselungen, Verdeckungen und dergl., zu dem Zweck, eine Gefährdung von Personen durch Hineinfallen oder Erfäßtwerden möglichst zu verhüten. Weiterhin wird speziell bei Verbrennungsmotoren vorgeschrieben, daß genügend freier Raum vorhanden sein muß, um jede Hantierung beim Andrehen des Motors vornehmen zu können, sowie daß von etwa 3—4 PS aufwärts das Andrehen des Motors mittels einer rückstoßsicheren Sicherheitskurbel oder mittels komprimierter Luft zu erfolgen hat.

Zweckmäßig überträgt man der Lieferantin des Motors auch die Lieferung der vorschriftsmäßigen Schutzvorrichtungen (vgl. Abschn. 113).

Die in den Abschn. 63 und 64 enthaltenen Vorschriften werden durch die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften nicht berührt.

---



# Anhang.

## 120. Betriebskosten-Tabellen.

In den Zahlentafeln 27—77 werden die Betriebskosten verschiedener Maschinengrößen in Abhängigkeit von der jährlichen Betriebsdauer berechnet. Über die hierbei gemachten Voraussetzungen sind im Abschn. 49 nähere Angaben enthalten.

Zahlentafel 27. Leuchtgasmotor von 1 PS (liegend, 250 Uml./min).  
 Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 1,05 cbm/PS<sub>e</sub>-st.  
 Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 1000 M. Maschinenraum  
 (80 M/qm Grundfläche) 300 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer } von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 1000 M. . . . . M.	45	45	45	45	45
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . . . . . } { vH (7) (7 $\frac{1}{4}$ ) (7 $\frac{1}{2}$ ) (7 $\frac{3}{4}$ ) (8) { M. 70 72 75 77 80					
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	22	22	22	22	22
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. . . . . "	10	15	20	27	35
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . " "	1	3	5	10	15
Bedienung . . . . . " "	30	40	50	60	80
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " "	14	35	70	140	210
Leuchtgaspreis von . . . { 15 " . . . . . " "	21	52	105	210	315
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . M.	192	232	287	381	487
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . "	199	249	322	451	592
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . . . . Pf.	144,0	69,6	43,0	28,6	24,3
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . "	149,2	74,7	48,3	33,8	29,6

Zahlentafel 28. Leuchtgasmotor von 3 PS (liegend, 250 Uml./min).  
 Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,96 cbm/PS<sub>e</sub>-st.  
 Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 1750 M. Maschinenraum  
 (80 M/qm Grundfläche) 400 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer } von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 1750 M. . . . . M.	79	79	79	79	79
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . . . . . } { vH (7) (7 $\frac{1}{4}$ ) (7 $\frac{1}{2}$ ) (7 $\frac{3}{4}$ ) (8) { M. 122 127 131 136 140					
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	30	30	30	30	30
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. . . . . "	12	20	35	50	70
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . " "	3	8	15	30	45
Bedienung . . . . . " "	35	50	60	80	100
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " "	38	96	192	384	576
Leuchtgaspreis von . . . { 15 " . . . . . " "	58	144	288	576	864
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . M.	319	410	542	789	1040
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . "	339	458	638	981	1328
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . . . . Pf.	79,7	41,0	27,1	19,7	17,3
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . "	84,7	45,8	31,9	24,5	22,1

## Zahlentafel 29.

Leuchtgasmotor von 6 PS (liegend, 240 Uml./min).

Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,75 cbm/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 2400 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 500 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 2400 M. . . . . M.	108	108	108	108	108
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . {vH (7) (7 <sup>1/4</sup> ) (7 <sup>1/2</sup> ) (7 <sup>3/4</sup> ) (8) M.	168	174	180	186	192
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " "	37	37	37	37	37
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. " "	20	30	50	80	110
Wasserkosten bei Durchfußkühlung . . . . . " "	6	14	27	54	81
Bedienung . . . . . " "	40	60	80	100	120
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " " 15 " . . . . . " "	60	150	300	600	900
Leuchtgaspreis von . . . . . { 15 " . . . . . " "	90	225	450	900	1350
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . M. 15 " . . . . . " "	439	573	782	1165	1548
Leuchtgaspreis von . . . . . { 15 " . . . . . " "	469	648	932	1465	1998
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . . . . Pf. 15 " . . . . . " "	54,9	28,6	19,5	14,6	12,9
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . " "	58,6	32,4	23,3	18,3	16,6

## Zahlentafel 30.

Leuchtgasmotor von 10 PS (liegend, 230 Uml./min).

Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,70 cbm/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 3120 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 600 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 3120 M. . . . . M.	140	140	140	140	140
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . {vH (7) (7 <sup>1/4</sup> ) (7 <sup>1/2</sup> ) (7 <sup>3/4</sup> ) (8) M.	218	226	234	242	250
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " "	45	45	45	45	45
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. " "	28	45	70	100	130
Wasserkosten bei Durchfußkühlung . . . . . " "	9	23	45	90	135
Bedienung . . . . . " "	50	70	90	110	130
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " " 15 " . . . . . " "	93	233	467	933	1400
Leuchtgaspreis von . . . . . { 15 " . . . . . " "	140	350	700	1400	2100
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . M. 15 " . . . . . " "	583	782	1091	1660	2230
Leuchtgaspreis von . . . . . { 15 " . . . . . " "	630	899	1324	2127	2930
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . . . . Pf. 15 " . . . . . " "	43,7	23,5	16,4	12,4	11,1
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . " "	47,2	27,0	19,9	15,9	14,6

Zahlentafel 31.

Leuchtgasmotor von 1 PS (stehend, 950 Uml./min).

Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 1,10 cbm/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 700 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 160 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 700 M. . . . . M.	31	31	31	31	31
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . {vH	(9)	(9 $\frac{1}{4}$ )	(9 $\frac{1}{2}$ )	(9 $\frac{3}{4}$ )	(10)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	63	65	67	68	70
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	12	12	12	12	12
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . " "	10	15	20	27	35
Bedienung . . . . . " "	1	3	5	10	15
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " "	30	40	50	60	80
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	15	37	73	147	220
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	22	55	110	220	330
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . M.	162	203	258	355	463
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	169	221	295	428	573
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . Pf.	121,5	60,9	38,7	26,6	23,1
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . " "	126,7	66,3	44,2	32,1	28,6

Zahlentafel 32.

Leuchtgasmotor von 3 PS (stehend, 480 Uml./min).

Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 1,08 cbm/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 1000 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 250 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 1000 M. . . . . M.	45	45	45	45	45
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . {vH	(8)	(8 $\frac{1}{4}$ )	(8 $\frac{1}{2}$ )	(8 $\frac{3}{4}$ )	(9)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	80	82	85	87	90
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	19	19	19	19	19
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . " "	12	20	35	50	70
Bedienung . . . . . " "	3	8	15	30	45
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " "	35	50	60	80	100
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	43	108	216	432	648
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	65	162	324	648	972
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . M.	237	332	475	743	1017
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	259	386	583	959	1341
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . Pf.	59,2	33,2	23,7	18,6	16,9
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . " "	64,7	38,6	29,1	24,0	22,3

## Zahlentafel 33.

Leuchtgasmotor von 6 PS (stehend, 450 Uml./min).

Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 1,05 cbm/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 1250 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 300 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 1250 M. . . . . M.	56	56	56	56	56
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(8)	(8 $\frac{1}{4}$ )	(8 $\frac{1}{2}$ )	(8 $\frac{3}{4}$ )	(9)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	100	103	106	109	112
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	22	22	22	22	22
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . " "	20	30	50	80	110
Bedienung . . . . . " "	6	14	27	54	81
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " "	40	60	80	100	120
Leuchtgaspreis von . . . { 15 " . . . . . " "	84	210	420	840	1260
	126	315	630	1260	1890
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . M.	328	495	761	1261	1761
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	370	600	971	1681	2391
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . . . . Pf.	41,0	24,7	19,0	15,8	14,7
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . " "	46,2	30,0	24,3	21,0	19,9

## Zahlentafel 34.

Leuchtgasmotor von 10 PS (stehend, 380 Uml./min).

Leuchtgasverbrauch ab Uhr bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 1,02 cbm/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 1850 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 400 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 1850 M. . . . . M.	83	83	83	83	83
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(8)	(8 $\frac{1}{4}$ )	(8 $\frac{1}{2}$ )	(8 $\frac{3}{4}$ )	(9)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	148	152	157	162	166
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	30	30	30	30	30
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . " "	28	45	70	100	130
Bedienung . . . . . " "	9	23	45	90	135
Brennstoffkosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . " "	50	70	90	110	130
Leuchtgaspreis von . . . { 15 " . . . . . " "	136	340	680	1360	2040
	204	510	1020	2040	3060
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/cbm . . . . . M.	484	743	1155	1935	2714
Leuchtgaspreis von . . . . { 15 " . . . . . " "	552	913	1495	2615	3734
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/cbm . . . . . Pf.	36,3	22,3	17,3	14,5	13,6
einem Leuchtgaspreis von { 15 " . . . . . " "	41,4	27,4	22,4	19,6	18,7



## Zahlentafel 37.

Benzinmotor von 6 PS (liegend, 260 Uml./min).

Benzinverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,44 kg/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 2550 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 500 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 2550 M. . . . . M.	115	115	115	115	115
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(7 $\frac{3}{4}$ )	(8)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	178	185	191	198	204
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " "	37	37	37	37	37
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	20	30	50	80	110
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . " "	6	14	27	54	81
Bedienung . . . . . " "	40	60	80	100	120
Brennstoffkosten bei einem Benzin-/30 M/100 kg " "	106	264	528	1056	1584
preis unverz., einschl. Fracht von 40 " "	141	352	704	1408	2112
Gesamtjahreskost. bei einem Benzin-/30 M/100 kg M.	502	705	1028	1640	2251
preis unverz., einschl. Fracht von 40 " "	537	793	1204	1992	2779
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 30 M/100 kg . . Pf.	62,7	35,2	25,7	20,5	18,8
einschließlich Fracht von . { 40 " . . " "	67,1	39,6	30,1	24,9	23,2

## Zahlentafel 38.

Benzinmotor von 10 PS (liegend, 240 Uml./min).

Benzinverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,42 kg/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 3000 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 600 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 3000 M. . . . . M.	135	135	135	135	135
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(7 $\frac{3}{4}$ )	(8)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	210	217	225	232	240
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " "	45	45	45	45	45
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	28	45	70	100	130
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . " "	9	23	45	90	135
Bedienung . . . . . " "	50	70	90	110	130
Brennstoffkosten bei einem Benzin-/30 M/100 kg " "	168	420	840	1680	2520
preis unverz., einschl. Fracht von 40 " "	224	560	1120	2240	3360
Gesamtjahreskost. bei einem Benzin-/30 M/100 kg M.	645	955	1450	2392	3335
preis unverz., einschl. Fracht von 40 " "	701	1095	1730	2952	4175
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 30 M/100 kg . . Pf.	48,4	28,6	21,7	17,9	16,7
einschließlich Fracht von . { 40 " . . " "	52,6	32,8	25,9	22,1	20,9



Zahlentafel 41.

Benzinmotor von 6 PS (stehend, 450 Uml./min).

Benzinverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,46 kg/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 1350 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 300 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 1350 M. . . . . M.	61	61	61	61	61
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . {vH	(8)	(8 $\frac{1}{4}$ )	(8 $\frac{1}{2}$ )	(8 $\frac{3}{4}$ )	(9)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	108	111	115	118	121
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	22	22	22	22	22
Wasser- und Putzstoffe . . . . . rd. "	20	30	50	80	110
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . " "	6	14	27	54	81
Bedienung . . . . . " "	40	60	80	100	120
Brennstoffkosten bei einem Benzin- f30 M/100 kg " "	110	276	552	1104	1656
preis unverz., einschl. Fracht von {40 " "	147	368	736	1472	2208
Gesamtjahreskost. bei einem Benzin- f30 M/100 kg M. " "	367	574	907	1539	2171
preis unverz., einschl. Fracht von {40 " "	404	666	1091	1907	2723
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei {30 M/100 kg . . Pf.	45,9	28,7	22,7	19,2	18,1
einem Benzinpreis unverz.} 40 " . . "	50,5	33,3	27,3	23,8	22,7
einschließlich Fracht von . {40 " . . "					

Zahlentafel 42.

Benzinmotor von 10 PS (stehend, 380 Uml./min).

Benzinverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,45 kg/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 1900 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 400 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 1900 M. . . . . M.	85	85	85	85	85
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . {vH	(8)	(8 $\frac{1}{4}$ )	(8 $\frac{1}{2}$ )	(8 $\frac{3}{4}$ )	(9)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " M.	152	157	162	166	171
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	30	30	30	30	30
Wasser- und Putzstoffe . . . . . rd. "	28	45	70	100	130
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . " "	9	23	45	90	135
Bedienung . . . . . " "	50	70	90	110	130
Brennstoffkosten bei einem Benzin- f30 M/100 kg " "	180	450	900	1800	2700
preis unverz., einschl. Fracht von {40 " "	240	600	1200	2400	3600
Gesamtjahreskost. bei einem Benzin- f30 M/100 kg M. " "	534	860	1382	2381	3381
preis unverz., einschl. Fracht von {40 " "	594	1010	1682	2981	4281
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei {30 M/100 kg . . Pf.	40,0	25,8	20,7	17,9	16,9
einem Benzinpreis unverz.} 40 " . . "	44,5	30,3	25,2	22,4	21,4
einschließlich Fracht von . {40 " . . "					



## Zahlentafel 43.

Naphthalinmotor von 6 PS (liegend, 350 Uml./min).

Naphthalinverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,41 kg/PS<sub>e</sub>-st. Benzolverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,38kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis eines Motors mit allem Zubehör 2500 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 500 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . st	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 2500 M. . . . . M.	112	112	112
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{vH} \\ \text{M.} \end{array} \right. \begin{array}{l} (8\frac{1}{2}) \\ 213 \end{array}$	$\left( 8\frac{3}{4} \right)$ 219	(9) 225
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . .	37	37	37
Schmier und Putzstoffe . . . . . rd.	50	80	110
Kühlwasserkosten (Verdampfungskühlung) . . . . .	2	3	5
Bedienung . . . . .	100	120	140
Benzolkosten bei einem Benzolpreis einschl. Fracht von 29 M/100 kg . . . . .	132	132	132
Naphthalinkosten bei einem Naphthalin- $\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ M/100 kg} \\ 10 \end{array} \right.$ . . . . .	$\left. \begin{array}{l} 80 \\ 115 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 195 \\ 279 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 310 \\ 443 \end{array} \right\}$
Gesamtjahreskosten bei einem Naphthalin- $\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ M/100 kg} \\ 10 \end{array} \right.$ . . . . . M.	$\left. \begin{array}{l} 726 \\ 761 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 898 \\ 982 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1071 \\ 1204 \end{array} \right\}$
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem $\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ M/100 kg} \\ 10 \end{array} \right.$ . . . Pf.	$\left. \begin{array}{l} 18,1 \\ 19,0 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 11,2 \\ 12,3 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 8,9 \\ 10,0 \end{array} \right\}$

## Zahlentafel 44.

Naphthalinmotor von 10 PS (liegend, 330 Uml./min).

Naphthalinverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,39 kg/PS<sub>e</sub>-st. Benzolverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,38 kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis eines Motors mit allem Zubehör 3300 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 600 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . st	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 3300 M. . . . . M.	148	148	148
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{vH} \\ \text{M.} \end{array} \right. \begin{array}{l} (8\frac{1}{2}) \\ 281 \end{array}$	$\left( 8\frac{3}{4} \right)$ 289	(9) 297
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . .	45	45	45
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	70	100	130
Kühlwasserkosten (Verdampfungskühlung) . . . . .	3	6	9
Bedienung . . . . .	110	130	150
Benzolkosten bei einem Benzolpreis einschl. Fracht von 29 M/100 kg . . . . .	220	220	220
Naphthalinkosten bei einem Naphthalin- $\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ M/100 kg} \\ 10 \end{array} \right.$ . . . . .	$\left. \begin{array}{l} 127 \\ 182 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 309 \\ 442 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 491 \\ 702 \end{array} \right\}$
Gesamtjahreskosten bei einem Naphthalin- $\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ M/100 kg} \\ 10 \end{array} \right.$ . . . . . M.	$\left. \begin{array}{l} 1004 \\ 1059 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1247 \\ 1380 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1490 \\ 1701 \end{array} \right\}$
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem $\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ M/100 kg} \\ 10 \end{array} \right.$ . . . Pf.	$\left. \begin{array}{l} 15,1 \\ 15,9 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 9,3 \\ 10,3 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 7,4 \\ 8,5 \end{array} \right\}$

## Zahlentafel 45.

Naphthalinmotor von 12 PS (liegend, 300 Uml./min).

Naphthalinverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,38 kg/PS<sub>e</sub>-st. Benzolverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,37 kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis eines Motors mit allem Zubehör 4050 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 700 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . st	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 4050 M. . . . . M.	182	182	182
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . . . . . { vH (8 $\frac{1}{2}$ ) M. . . . .	344	354	365
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	52	52	52
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	80	120	150
Kühlwasserkosten (Verdampfungskühlung) . . . . . " "	4	8	11
Bedienung . . . . . " "	130	150	170
Benzolkosten bei einem Benzolpreis einschl. Fracht von 29 M/100 kg . . . . . "	258	258	258
Naphthalinkosten bei einem Naphthalin- { 7 M/100 kg . . . . . "	149	362	575
preis einschl. Fracht von . . . . . { 10 " . . . . . "	213	517	821
Gesamtjahreskosten bei einem Naphthalin- { 7 M/100 kg . . . M.	1199	1486	1763
preis einschließlich Fracht von . . . . . { 10 " . . . . . "	1263	1641	2009
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem { 7 M/100 kg . . . Pf.	15,0	9,3	7,3
Naphthalinpreis einschl. Fracht von { 10 " . . . . . "	15,8	10,2	8,4

## Zahlentafel 46.

Gasöl-Dieselmotor von 12 PS (liegend, 280 Uml./min).

Verbrauch an Gasöl bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,260 kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis eines Motors mit allem Zubehör 5200 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 1200 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 5200 M. . . . . M.	234	234	234	234	234
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH (7) M. . . . .	364	377	390	403	416
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	90	90	90	90	90
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	40	55	80	130	180
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . " "	4	9	18	36	54
Bedienung . . . . . " "	100	150	200	250	300
Brennstoffkosten bei einem Gas- { 10 M/100 kg ölpreis einschl. Fracht von . { 15 " . . . . . "	62	156	312	624	936
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 M/100 kg . M.	874	1019	1220	1559	1898
Gasölpreis einschl. Fracht von { 15 " . . . . . "	894	1071	1324	1767	2210
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 M/100 kg . Pf.	54,6	25,5	15,3	9,7	7,9
einem Gasölpreis einschließ- { 15 " . . . . . "	55,9	26,8	16,6	11,0	9,2
lich Fracht von . . . . .					

## Zahlentafel 47.

Gasöl-Dieselmotor von 20 PS (liegend, 250 Uml./min).

Verbrauch an Gasöl bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,240 kg/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 7500 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 1500 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 7500 M. . . . . M.	337	337	337	337	337
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(7 $\frac{3}{4}$ )	(8)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	525	544	563	581	600
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	113	113	113	113	113
Wasserkosten bei Durchfußkühlung . . . . . "	55	75	110	175	240
Bedienung . . . . . "	5	12	24	48	72
Brennstoffkosten bei einem Gas- / 10 M/100 kg ölpreis einschl. Fracht von . { 15 "	100	150	200	250	300
64	160	320	640	960	1440
96	240	480	960	1440	
Gesamtjahreskosten bei einem 10 M/100 kg . M.	1199	1391	1667	2144	2622
Gasölpreis einschl. Fracht von 15 " . "	1231	1471	1827	2464	3102
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 M/100 kg . Pf.	45,0	20,9	12,5	8,0	6,5
einem Gasölpreis einschließ- lich Fracht von . . . . . { 15 " . "	46,2	22,1	13,7	9,2	7,7

## Zahlentafel 48.

Gasöl-Dieselmotor von 30 PS (liegend, 230 Uml./min).

Verbrauch an Gasöl bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,220 kg/PS<sub>e</sub>-st.Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 9800 M. Maschinenraum  
(80 M/qm Grundfläche) 1700 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 9800 M. . . . . M.	441	441	441	441	441
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(7 $\frac{3}{4}$ )	(8)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	686	711	735	760	784
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	127	127	127	127	127
Wasserkosten bei Durchfußkühlung . . . . . "	68	92	133	215	300
Bedienung . . . . . "	7	18	36	72	108
Brennstoffkosten bei einem Gas- / 10 M/100 kg ölpreis einschl. Fracht von . { 15 "	150	250	300	350	400
99	247	495	990	1485	2227
148	371	742	1485	2227	
Gesamtjahreskosten bei einem 10 M/100 kg . M.	1578	1886	2267	2955	3645
Gasölpreis einschl. Fracht von 15 " . "	1627	2010	2514	3450	4387
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 M/100 kg . Pf.	35,1	16,8	10,1	6,6	5,4
einem Gasölpreis einschließ- lich Fracht von . . . . . { 15 " . "	36,2	17,9	11,2	7,7	6,5

## Zahlentafel 49.

Teeröl-Dieselmotor von 50 PS (stehend, 200 Uml./min).

Verbrauch an Treiböl (Teeröl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,220 kg/PS<sub>e</sub>-st. Verbrauch an Zündöl (Gasöl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,018 kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 20000 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 1600 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 20000 M. . . . . M.	900	900	900	900	900
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(7 $\frac{3}{4}$ )	(8)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	1400	1450	1500	1550	1600
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	120	120	120	120	120
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . "	92	125	180	290	400
Bedienung . . . . . "	12	30	60	120	180
Zündölkosten bei einem Gasölpreis einschließlich Fracht von 13 M/100 kg . . . . . "	200	300	400	500	600
Brennstoffkosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von . { 5 " . . . . . "	18	44	88	175	263
ölpriesschl. Fracht von . { 5 " . . . . . "	66	165	330	660	990
ölpriesschl. Fracht von . { 5 " . . . . . "	82	206	412	825	1237
Gesamtjahreskosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von { 4 M/100 kg . M.	2808	3134	3578	4315	5053
ölpriesschl. Fracht von { 5 " . . . . . "	2824	3175	3660	4480	5300
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde b. einem Teerölpreis einschl. Fracht von . { 4 M/100 kg Pf.	37,4	16,7	9,5	5,8	4,5
ölpriesschl. Fracht von . { 5 " . . . . . "	37,7	16,9	9,8	6,0	4,7

## Zahlentafel 50.

Teeröl-Dieselmotor von 100 PS (stehend, 195 Uml./min).

Verbrauch an Treiböl (Teeröl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,220 kg/PS<sub>e</sub>-st. Verbrauch an Zündöl (Gasöl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,013 kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 30000 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 2000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 30000 M. . . . . M.	1350	1350	1350	1350	1350
Abschreibung und Instandhaltung des Motors . { vH	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(7 $\frac{3}{4}$ )	(8)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	2100	2175	2250	2325	2400
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	150	150	150	150	150
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . "	125	175	260	430	600
Bedienung . . . . . "	24	60	120	240	360
Zündölkosten bei einem Gasölpreis einschließlich Fracht von 13 M/100 kg . . . . . "	300	450	600	800	900
Brennstoffkosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von . { 4 M/100 kg . . . . . "	25	63	127	253	380
ölpriesschl. Fracht von . { 5 " . . . . . "	132	330	660	1320	1980
ölpriesschl. Fracht von . { 5 " . . . . . "	165	412	825	1650	2475
Gesamtjahreskosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von { 4 M/100 kg . M.	4206	4753	5517	6868	8120
ölpriesschl. Fracht von { 5 " . . . . . "	4239	4835	5682	7198	8615
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde b. einem Teerölpreis einschl. Fracht von . { 4 M/100 kg Pf.	28,0	12,7	7,4	4,6	3,6
ölpriesschl. Fracht von . { 5 " . . . . . "	28,2	12,9	7,6	4,8	3,8

## Zahlentafel 51.

Teeröl-Dieselmotor von 150 PS (stehend, 190 Uml./min).

Verbrauch an Treiböl (Teeröl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,220 kg/PS<sub>e</sub>-st. Verbrauch an Zündöl (Gasöl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,013 kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 43000 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 3000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 43000 M. . . . . M.	1935	1935	1935	1935	1935
Abschreibung und Instandhaltung des Motors {vH M.	(7) 3010	(7 $\frac{1}{4}$ ) 3117	(7 $\frac{1}{2}$ ) 3225	(7 $\frac{3}{4}$ ) 3332	(8) 3440
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	225	225	225	225	225
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	170	240	350	580	800
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . "	36	90	180	360	540
Bedienung . . . . . "	350	500	700	900	1000
Zündölkosten bei einem Gasölpreis einschl. Fracht von 13 M/100 kg . . . . . "	38	95	190	380	570
Brennstoffkosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von . {5 " "	198 247	495 619	990 1237	1980 2475	2970 3712
Gesamtjahreskosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von {4 M/100 kg Pf. 5 " "	5962 6011	6697 6821	7795 8042	9692 10187	11480 12222
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde b. einem Teerölpreis einschl. Fracht von . {4 M/100 kg Pf. 5 " "	26,5 26,7	11,9 12,1	6,9 7,1	4,3 4,5	3,4 3,6

## Zahlentafel 52.

Teeröl-Dieselmotor von 200 PS (stehend, 185 Uml./min).

Verbrauch an Treiböl (Teeröl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,220 kg/PS<sub>e</sub>-st. Verbrauch an Zündöl (Gasöl) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,013 kg/PS<sub>e</sub>-st.

Anlagekosten: Preis des Motors mit allem Zubehör 54000 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 4500 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 54000 M. . . . . M.	2430	2430	2430	2430	2430
Abschreibung und Instandhaltung des Motors {vH M.	(7) 3780	(7 $\frac{1}{4}$ ) 3915	(7 $\frac{1}{2}$ ) 4050	(7 $\frac{3}{4}$ ) 4185	(8) 4320
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	337	337	337	337	337
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	185	260	390	650	900
Wasserkosten bei Durchflußkühlung . . . . . "	48	120	240	480	720
Bedienung . . . . . "	400	600	800	1000	1200
Zündölkosten bei einem Gasölpreis einschl. Fracht von 13 M/100 kg . . . . . "	51	127	254	507	761
Brennstoffkosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von . {4 M/100 kg Pf. 5 " "	264 330	660 825	1320 1650	2640 3300	3960 4950
Gesamtjahreskosten bei einem Teerölpreis einschl. Fracht von {4 M/100 kg Pf. 5 " "	7495 7561	8449 8614	9821 10151	12229 12889	14628 15618
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde b. einem Teerölpreis einschl. Fracht von . {4 M/100 kg Pf. 5 " "	25,0 25,2	11,3 11,5	6,5 6,8	4,1 4,3	3,3 3,5

Zahlentafel 53.

Elektromotor von 1 PS (210 V, 50 Per./sk, 1400 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,94 KW/PS<sub>e</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 250 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 40 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebs- dauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 250 M. . . M.	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Ge- bäudekosten . . . . . " "	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Schmierstoffe . . . . . rd. " "	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Bedienung . . . . . " "	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Zählermiete . . . . . " "	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Stromkosten bei einem Preis von {					
10 Pf/KW-st " "	12,5	31,3	62,7	125,3	188,0
15 " " " "	18,8	47,0	94,0	188,0	282,0
20 " " " "	25,1	62,7	125,3	250,7	376,0
Gesamtjahreskosten bei einem {					
Preis von 10 Pf/KW-st M. " "	57,7	76,5	107,9	170,5	233,2
15 " " " "	64,0	92,2	139,2	233,2	327,2
20 " " " "	70,3	107,9	170,5	295,9	421,2
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei {					
einem Preis von 10 Pf/KW-st Pf. " "	43,3	23,0	16,2	12,8	11,7
15 " " " "	48,0	27,7	20,9	17,5	16,4
20 " " " "	52,7	32,4	25,6	22,2	21,1

Zahlentafel 54.

Elektromotor von 3 PS (210 V, 50 Per./sk, 1400 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,90 KW/PS<sub>e</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 440 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 60 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebs- dauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 440 M. . . M.	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäude- kosten . . . . . " "	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Schmierstoffe . . . . . rd. " "	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Bedienung . . . . . " "	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Zählermiete . . . . . " "	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Stromkosten bei einem Preis von {					
10 Pf/KW-st " "	36,0	90,0	180,0	360,0	540,0
15 " " " "	54,0	135,0	270,0	540,0	810,0
20 " " " "	72,0	180,0	360,0	720,0	1080,0
Gesamtjahreskosten bei einem {					
Preis von 10 Pf/KW-st M. " "	106,1	160,1	250,1	430,1	610,1
15 " " " "	124,1	205,1	340,1	610,1	880,1
20 " " " "	142,1	250,1	430,1	790,1	1150,1
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei {					
einem Preis von 10 Pf/KW-st Pf. " "	26,5	16,0	12,5	10,8	10,2
15 " " " "	31,0	20,5	17,0	15,3	14,7
20 " " " "	35,5	25,0	21,5	19,8	19,2

Zahlentafel 55.

Elektromotor von 6 PS (210 V, 50 Per./sk, 1400 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,89 KW/PS<sub>e</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 700 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 100 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st		200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = 10 $\frac{1}{2}$ vH von 700 M. . .	M.	73,5	73,5	73,5	73,5	73,5
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten	"	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Schmierstoffe . . . . . rd.	"	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Bedienung . . . . . "	"	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Zählermiete . . . . . "	"	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Stromkosten bei einem Preis von {	"					
10 Pf/KW-st	"	71,2	178,0	356,0	712,0	1068,0
15 " "	"	106,8	267,0	534,0	1068,0	1602,0
20 " "	"	142,4	356,0	712,0	1424,0	2136,0
Gesamtjahreskosten bei einem {	M.					
10 Pf/KW-st	"	174,9	281,7	459,7	815,7	1171,7
15 " "	"	210,5	370,7	637,7	1171,7	1705,7
20 " "	"	246,1	459,7	815,7	1527,7	2239,7
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei {	Pf.					
10 Pf/KW-st	"	21,9	14,1	11,5	10,2	9,8
15 " "	"	26,3	18,5	15,9	14,6	14,2
20 " "	"	30,8	23,0	20,4	19,1	18,7

Zahlentafel 56.

Elektromotor von 10 PS (210 V, 50 Per./sk, 1400 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,88 KW/PS<sub>e</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 960 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 140 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st		200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = 10 $\frac{1}{2}$ vH von 960 M. . .	M.	100,8	100,8	100,8	100,8	100,8
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten	"	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Schmierstoffe . . . . . rd.	"	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Bedienung . . . . . "	"	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Zählermiete . . . . . "	"	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Stromkosten bei einem Preis von {	"					
10 Pf/KW-st	"	117,3	293,3	586,7	1173,3	1760,0
15 " "	"	176,0	440,0	880,0	1760,0	2640,0
20 " "	"	234,7	586,7	1173,3	2346,7	3520,0
Gesamtjahreskosten bei einem {	M.					
10 Pf/KW-st	"	260,6	436,6	730,0	1316,6	1903,3
15 " "	"	319,3	583,3	1023,3	1903,3	2783,3
20 " "	"	378,0	730,0	1316,6	2490,0	3663,3
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei {	Pf.					
10 Pf/KW-st	"	19,6	13,1	10,9	9,9	9,5
15 " "	"	24,0	17,5	15,3	14,3	13,9
20 " "	"	28,4	21,9	19,7	18,7	18,3

## Zahlentafel 57.

Elektromotor von 20 PS (210 V, 50 Per./sk, 1400 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{2}{3}$ -Belastung 0,86 KW/PS<sub>e</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 1150 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 150 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = 10 $\frac{1}{2}$ vH von 1150 M. . M.	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " .	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
Schmierstoffe . . . . . rd. " .	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Bedienung . . . . . " .	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Zählermiete . . . . . " .	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Stromkosten bei einem Preis von { 10 Pf/KW-st " .	229,3	573,3	1146,7	2293,4	3440,0
{ 15 " " .	344,0	860,0	1720,0	3440,0	5160,0
{ 20 " " .	458,7	1146,6	2293,3	4586,7	6880,0
Gesamtjahreskosten bei einem { 10 Pf/KW-st M. .	394,7	738,7	1312,1	2458,8	3605,4
{ 15 " " .	509,4	1025,4	1885,4	3605,4	5325,4
{ 20 " " .	624,1	1312,0	2458,7	4752,1	7045,4
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 10 Pf/KW-st Pf. .	14,8	11,1	9,8	9,2	9,0
{ 15 " " .	19,1	15,4	14,1	13,5	13,3
{ 20 " " .	23,4	19,7	18,4	17,8	17,6

## Zahlentafel 58.

Elektromotor von 30 PS (210 V, 50 Per./sk, 1400 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,830 KW/PS<sub>e</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 1450 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 160 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = 10 $\frac{1}{2}$ vH von 1450 M. . M.	152	152	152	152	152
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = 7 $\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " .	12	12	12	12	12
Schmierstoffe . . . . . rd. " .	3	3	3	3	3
Bedienung . . . . . " .	8	8	8	8	8
Zählermiete . . . . . " .	27	27	27	27	27
Stromkosten bei einem Preis von { 5 Pf/KW-st " .	187	467	934	1867	2801
{ 8 " " .	299	747	1494	2988	4482
{ 10 " " .	373	934	1867	3735	5602
Gesamtjahreskosten bei einem { 5 Pf/KW-st M. .	389	669	1136	2069	3003
{ 8 " " .	501	949	1696	3190	4684
{ 10 " " .	575	1136	2069	3937	5804
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei { 5 Pf/KW-st Pf. .	8,6	5,9	5,0	4,6	4,4
{ 8 " " .	11,1	8,4	7,5	7,1	6,9
{ 10 " " .	12,8	10,1	9,2	8,7	8,6



## Zahlentafel 59.

Elektromotor von 50 PS (210 V, 50 Per./sk, 975 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,815 KW/PS.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 2100 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 200 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st		200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 2100 M. . . M.		220	220	220	220	220
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " . . . . .		15	15	15	15	15
Schmierstoffe . . . . . rd. " . . . . .		4	4	4	4	4
Bedienung . . . . . " . . . . .		10	10	10	10	10
Zählermiete . . . . . " . . . . .		30	30	30	30	30
Stromkosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$ " . . . . .		306 489 611	764 1222 1528	1528 2445 3056	3056 4890 6112	4584 7335 9169
Gesamtjahreskosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$ M. . . . .		585 768 890	1043 1501 1807	1807 2724 3335	3335 5169 6391	4863 7614 9448
Kosten der PS <sub>0</sub> -Stunde bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$ Pf. . . . .		7,8 10,2 11,9	5,6 8,0 9,6	4,8 7,3 8,9	4,4 6,9 8,5	4,3 6,8 8,4

## Zahlentafel 60.

Elektromotor von 100 PS (210 V, 50 Per./sk, 975 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,810 KW/PS.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 3300 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 250 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st		200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 3300 M. . . M.		346	346	346	346	346
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . " . . . . .		19	19	19	19	19
Schmierstoffe . . . . . rd. " . . . . .		5	5	5	5	5
Bedienung . . . . . " . . . . .		12	12	12	12	12
Zählermiete . . . . . " . . . . .		33	33	33	33	33
Stromkosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$ " . . . . .		607 972 1215	1519 2430 3037	3037 4860 6075	6075 9720 12150	9112 14580 18225
Gesamtjahreskosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$ M. . . . .		1022 1387 1630	1934 2845 3452	3452 5275 6490	6490 10135 12565	9527 14995 18640
Kosten der PS <sub>0</sub> -Stunde bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$ Pf. . . . .		6,8 9,2 10,9	5,2 7,6 9,2	4,6 7,0 8,7	4,3 6,8 8,4	4,2 6,7 8,3

## Zahlentafel 61.

Elektromotor von 150 PS (210 V, 50 Per./sk, 975 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,805 KW/PS<sub>a</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 4800 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 350 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st		200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 4800 M. .	M.	504	504	504	504	504
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . .	"	26	26	26	26	26
Schmierstoffe . . . . . rd.	"	7	7	7	7	7
Bedienung . . . . . "	"	15	15	15	15	15
Zählermiete . . . . . "	"	36	36	36	36	36
Stromkosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$	"	906 1449 1811	2264 3622 4528	4528 7245 9056	9056 14490 18112	13584 21735 27169
Gesamtjahreskosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$	M.	1494 2037 2399	2852 4210 5116	5116 7833 9644	9644 15078 18700	14172 22323 27757
Kosten der PS <sub>a</sub> -Stunde bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$	Pf.	6,6 9,1 10,7	5,1 7,5 9,1	4,5 7,0 8,6	4,3 6,7 8,3	4,2 6,6 8,2

## Zahlentafel 62.

Elektromotor von 200 PS (210 V, 50 Per./sk, 735 Uml./min).

Stromverbrauch bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung 0,800 KW/PS<sub>a</sub>.

Anlagekosten: Preis eines Drehstrommotors mit allem Zubehör 6200 M.

Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 400 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st		200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und Instandhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 6200 M. .	M.	651	651	651	651	651
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . .	"	30	30	30	30	30
Schmierstoffe . . . . . rd.	"	9	9	9	9	9
Bedienung . . . . . "	"	20	20	20	20	20
Zählermiete . . . . . "	"	40	40	40	40	40
Stromkosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$	"	1200 1920 2400	3000 4800 6000	6000 9600 12000	12000 19200 24000	18000 28800 36000
Gesamtjahreskosten bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$	M.	1950 2670 3150	3750 5550 6750	6750 10350 12750	12750 19950 24750	18750 29550 36750
Kosten der PS <sub>a</sub> -Stunde bei einem Preis von $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Pf/KW-st} \\ 8 \text{ " " "} \\ 10 \text{ " " "} \end{array} \right.$	Pf.	6,5 8,9 10,5	5,0 7,4 9,0	4,5 6,9 8,5	4,2 6,6 8,2	4,2 6,6 8,2

**Zahlentafel 63. Heißdampf-Kondensations-Lokomobile von 60 PS.  
maximaler Dauerleistung.**

Maschine: Verbund, 230 Uml./min. Kessel: ausziehbarer Röhrenkessel mit Überhitzer.  
Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 18.

Anlagekosten: Preis der Lokomobile einschl. Schornstein, betriebsfertig aufgestellt,  
12700 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 3120 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 12700 M. . . . . M.	571	571	571	571	571
Abschreibung und Instandhaltung der Lokomobile . . . . . { vH	(7)	( $7\frac{1}{4}$ )	( $7\frac{1}{2}$ )	( $7\frac{3}{4}$ )	(8)
. . . . . M.	889	921	953	984	1016
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	234	234	234	234	234
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	100	140	200	320	450
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . . rd. "	90	90	90	90	90
Bedienung . . . . . "	250	500	630	1000	1500
Brennstoffkosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von 3,00 M/100kg . . . . . "	153	367	684	1337	2006
. . . . . "	306	734	1368	2675	4012
Gesamtjahreskosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von . . . . . {					
1,50 M/100kg M.	2287	2823	3362	4536	5867
3,00 " "	2440	3190	4046	5874	7873
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von . . . . . {					
1,50 M/100kg Pf.	25,4	12,5	7,5	5,0	4,3
3,00 " "	27,1	14,2	9,0	6,5	5,8

**Zahlentafel 64. Heißdampf-Kondensations-Lokomobile von 87 PS.  
maximaler Dauerleistung.**

Maschine: Verbund, 220 Uml./min. Kessel: ausziehbarer Röhrenkessel mit Überhitzer.  
Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 18.

Anlagekosten: Preis der Lokomobile einschl. Schornstein, betriebsfertig aufgestellt,  
14500 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 3440 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{3}$ vH Verzinsung von 14500 M. . . . . M.	652	652	652	652	652
Abschreibung und Instandhaltung der Lokomobile . . . . . { vH	(7)	( $7\frac{1}{4}$ )	( $7\frac{1}{2}$ )	( $7\frac{3}{4}$ )	(8)
. . . . . M.	1015	1051	1088	1124	1160
$4\frac{1}{3}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{3}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{3}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	258	258	258	258	258
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd. "	115	160	240	400	550
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . . rd. "	130	130	130	130	130
Bedienung . . . . . "	250	500	630	1000	1500
Brennstoffkosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von 3,00 M/100kg . . . . . "	204	489	912	1783	2675
. . . . . "	408	978	1824	3566	5350
Gesamtjahreskosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von . . . . . {					
1,50 M/100kg M.	2624	3240	3910	5347	6925
3,00 " "	2828	3729	4822	7130	9600
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von . . . . . {					
1,50 M/100kg Pf.	20,1	9,9	6,0	4,1	3,5
3,00 " "	21,7	11,4	7,4	5,5	4,9

Zahlentafel 65. Heißdampf-Kondensations-Lokomobile von 140 PS,  
maximaler Dauerleistung.

Maschine: Verbund, 200 Uml./min.

Kessel: ausziehbarer Röhrenkessel mit Überhitzer und mechanischem Rostbeschicker.  
Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 18.

Anlagekosten: Preis der Lokomobile einschl. Schornstein, betriebsfertig aufgestellt,  
21 200 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 4480 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 21 200 M. . . . . M.	954	954	954	954	954
Abschreibung und Instandhaltung der Lokomobile . . . . . } vH	(7)	( $7\frac{1}{4}$ )	( $7\frac{1}{2}$ )	( $7\frac{3}{4}$ )	(8)
4 $\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	1484	1537	1590	1643	1696
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	160	225	330	540	750
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . . rd.	190	190	190	190	190
Bedienung . . . . . "	250	500	630	1000	1500
Brennstoffkosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . "	299	716	1335	2610	3915
3,00 " " " " " "	597	1433	2670	5220	7830
Gesamtjahreskosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . M.	3673	4458	5365	7273	9341
3,00 " " " " " "	3971	5175	6700	9883	13256
Kosten der PS <sub>h</sub> -Stunde bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . Pf.	17,5	8,5	5,1	3,5	3,0
3,00 " " " " " "	18,9	9,9	6,4	4,7	4,2

Zahlentafel 66. Heißdampf-Kondensations-Lokomobile von 295 PS,  
maximaler Dauerleistung.

Maschine: Verbund, 180 Uml./min.

Kessel: ausziehbarer Röhrenkessel mit Überhitzer und mechanischem Rostbeschicker.  
Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 18.

Anlagekosten: Preis der Lokomobile einschl. Schornstein, betriebsfertig aufgestellt,  
38 000 M. Maschinenraum (80 M/qm Grundfläche) 6560 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . } st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 38 000 M. . . . . M.	1710	1710	1710	1710	1710
Abschreibung und Instandhaltung der Lokomobile . . . . . } vH	(7)	( $7\frac{1}{4}$ )	( $7\frac{1}{2}$ )	( $7\frac{3}{4}$ )	(8)
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 2 $\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	2660	2755	2850	2945	3040
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	240	350	500	850	1200
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . . rd.	350	350	350	350	350
Bedienung . . . . . "	250	500	630	1000	1500
Brennstoffkosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . M.	571	1370	2556	4992	7485
3,00 " " " " " "	1143	2740	5112	9984	14970
Gesamtjahreskosten bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . M.	6273	7527	9088	12339	15777
3,00 " " " " " "	6845	8897	11644	17331	23262
Kosten der PS <sub>h</sub> -Stunde bei einem Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . Pf.	14,2	6,8	4,1	2,8	2,4
3,00 " " " " " "	15,5	8,0	5,3	3,9	3,5

Zahlentafel 67. Kondensations-Dampfmaschinen-Anlage  
von 100 PS<sub>e</sub> maximaler Dauerleistung.

Maschine: liegend, Einzylinder, Ventilsteuerung, 160 Uml./min. Kesselanlage: Flammrohrkessel mit mechanischem Rostbeschicker, Überhitzer, Economiser und Wasserreiniger. Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 17. Anlagekosten: Preis des maschinellen Teils einschl. Kesselanlage und Rohrleitung sowie Schornstein, betriebsfertig aufgestellt 27 000 M. Maschinen- und Kesselhaus (80 M/qm Grundfläche) 9000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von	st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 27 000 M. . . . .	M.	1215	1215	1215	1215	1215
Abschreibung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlage . . . . .	vH { M.	(7) 1890	( $7\frac{1}{4}$ ) 1957	( $7\frac{1}{2}$ ) 2025	( $7\frac{3}{4}$ ) 2092	(8) 2160
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . .	"	675	675	675	675	675
Schmier- und Putzstoffe . . . . .	rd.	125	175	260	430	600
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . .	rd.	150	150	150	150	150
Bedienung . . . . .	"	250	500	630	1000	1500
Brennstoffkosten bei einem Stein- kohlenspreis frei Kesselhaus von	$\int$ 1,50 M/100 kg { 3,00 "	234 469	558 1116	1032 2065	2010 4020	3015 6030
Gesamtjahreskosten bei einem Stein- kohlenspreis frei Kesselhaus von	$\int$ 1,50 M/100 kg M. { 3,00 "	4539 4774	5230 5788	5987 7020	7572 9582	9315 12330
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem Stein- kohlenspreis frei Kesselhaus von	$\int$ 1,50 M/100 kg Pf. { 3,00 "	30,3 31,8	13,9 15,4	8,0 9,4	5,0 6,4	4,1 5,5

Zahlentafel 68. Kondensations-Dampfmaschinen-Anlage  
von 200 PS<sub>e</sub> maximaler Dauerleistung.

Maschine: liegend, Tandem, Ventilsteuerung, 150 Uml./min. Kesselanlage: Flammrohrkessel mit mechanischem Rostbeschicker, Überhitzer, Economiser und Wasserreiniger. Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 17. Anlagekosten: Preis des maschinellen Teils einschl. Kesselanlage und Rohrleitung sowie Schornstein, betriebsfertig aufgestellt 36 000 M. Maschinen- und Kesselhaus (80 M/qm Grundfläche) 12 000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von	st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 36 000 M. . . . .	M.	1620	1620	1620	1620	1620
Abschreibung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlage . . . . .	vH { M.	(7) 2520	( $7\frac{1}{4}$ ) 2610	( $7\frac{1}{2}$ ) 2700	( $7\frac{3}{4}$ ) 2790	(8) 2880
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . .	"	900	900	900	900	900
Schmier- und Putzstoffe . . . . .	rd.	185	260	390	650	900
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . .	rd.	250	250	250	250	250
Bedienung . . . . .	"	250	500	630	1000	1500
Brennstoffkosten bei einem Stein- kohlenspreis frei Kesselhaus von	$\int$ 1,50 M/100 kg { 3,00 "	432 864	1028 2056	1903 3807	3703 7407	5550 11100
Gesamtjahreskosten bei einem Stein- kohlenspreis frei Kesselhaus von	$\int$ 1,50 M/100 kg M. { 3,00 "	6157 6589	7168 8196	8393 10297	10913 14617	13600 19150
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem Stein- kohlenspreis frei Kesselhaus von	$\int$ 1,50 M/100 kg Pf. { 3,00 "	20,5 22,0	9,6 10,9	5,6 6,9	3,6 4,9	3,0 4,2

Zahlentafel 69. Kondensations-Dampfmaschinen-Anlage  
von 500 PS<sub>e</sub> maximaler Dauerleistung.

Maschine: liegend, Tandem, Ventilsteuerung, 150 Uml./min. Kesselanlage: Flammrohrkessel mit mechanischem Rostbeschicker, Überhitzer, Economiser und Wasserreiner. Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 17. Anlagekosten: Preis des maschinellen Teils einschl. Kesselanlage und Rohrleitung sowie Schornstein, betriebsfertig aufgestellt 66000 M. Maschinen- und Kesselhaus (80 M/qm Grundfläche) 22000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von	st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 66 000 M. . . . .	M.	2970	2970	2970	2970	2970
Abschreibung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlage . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{vH} \\ \text{M.} \end{array} \right.$	(7) 4620	$(7\frac{1}{4})$ 4785	$(7\frac{1}{2})$ 4950	$(7\frac{3}{4})$ 5115	(8) 5280
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . .	"	1650	1650	1650	1650	1650
Schmier- und Putzstoffe . . . . .	rd.	300	450	650	1100	1500
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . .	rd.	"	"	"	"	"
Bedienung . . . . .	"	600	600	600	600	600
Brennstoffkosten bei einem Stein- $\int$ 1,50 M/100 kg . . . . .	"	380	750	940	1500	2250
kohlenpreis frei Kesselhaus von $\int$ 3,00 . . . . .	"	966	2300	4260	8285	12430
" . . . . .	"	1932	4600	8520	16570	24860
Gesamtjahreskosten bei einem Stein- $\int$ 1,50 M/100 kg . . . . .	M.	11486	13505	16020	21220	26680
kohlenpreis frei Kesselhaus von $\int$ 3,00 . . . . .	"	12452	15805	20280	29505	39110
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem $\int$ 1,50 M/100 kg . . . . .	Pf.	15,3	7,2	4,3	2,8	2,4
Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\int$ 3,00 . . . . .	"	16,6	8,4	5,4	3,9	3,5

Zahlentafel 70. Kondensations-Dampfmaschinen-Anlage  
von 1000 PS<sub>e</sub> maximaler Dauerleistung.

Maschine: liegend, Tandem, Ventilsteuerung, 120 Uml./min. Kesselanlage: zwei Flammrohrkessel mit mechanischen Rostbeschickern, Überhitzern, Economiser und Wasserreiner. Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 17. Anlagekosten: Preis des maschinellen Teils einschl. Kesselanlage und Rohrleitung sowie Schornstein, betriebsfertig aufgestellt 120000 M. Maschinen- und Kesselhaus (80 M/qm Grundfläche) 40000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von	st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 120 000 M. . . . .	M.	5400	5400	5400	5400	5400
Abschreibung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlage . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{vH} \\ \text{M.} \end{array} \right.$	(7) 8400	$(7\frac{1}{4})$ 8700	$(7\frac{1}{2})$ 9000	$(7\frac{3}{4})$ 9300	(8) 9600
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . .	"	3000	3000	3000	3000	3000
Schmier- und Putzstoffe . . . . .	rd.	"	"	"	"	"
Wasserkosten (Brunnenwasser mit Rückkühlung oder Flußwasser) . . . . .	rd.	"	"	"	"	"
Bedienung . . . . .	"	480	700	1000	1730	2400
Brennstoffkosten bei einem Stein- $\int$ 1,50 M/100 kg . . . . .	"	1150	1150	1150	1150	1150
kohlenpreis frei Kesselhaus von $\int$ 3,00 . . . . .	"	500	1000	1250	2000	3000
" . . . . .	"	1822	4340	8035	15610	23425
" . . . . .	"	3645	8680	16070	31220	46850
Gesamtjahreskosten bei einem Stein- $\int$ 1,50 M/100 kg . . . . .	M.	20752	24290	28835	38190	47975
kohlenpreis frei Kesselhaus von $\int$ 3,00 . . . . .	"	22575	28630	36870	53800	71400
Kosten der PS <sub>e</sub> -Stunde bei einem $\int$ 1,50 M/100 kg . . . . .	Pf.	13,8	6,5	3,8	2,5	2,1
Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von $\int$ 3,00 . . . . .	"	15,0	7,6	4,9	3,6	3,2

Zahlentafel 71.

Turbodynamo-Anlage von 500 KW maximaler Dauerleistung.

Maschine: kombinierte Bauart mit Düsenregulierung, 3000 Uml./min. Kesselanlage: 1 Wasserrohrkessel mit Kettenrost, Überhitzer, Ekonomiser und Wasserreineriger.

Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 19.

Anlagekosten: Preis des maschinellen Teils einschl. Kesselanlage und Rohrleitung sowie Schornstein, betriebsfertig aufgestellt 112000 M. Maschinen- und Kesselhaus (80 M/qm Grundfläche) 18 000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . st	200	500	1000	3000	8760
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 112000 M. . . . . M.	5040	5040	5040	5040	5040
Abschreibung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlage. $\left\{ \begin{array}{l} \text{vH} \\ \text{M.} \end{array} \right.$	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(8)	(11)
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . M.	7840	8120	8400	8960	12820
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	1350	1350	1350	1350	1350
Wasserkosten (Flußwasser) . . . . . "	70	100	150	350	1020
Bedienung . . . . . "	1300	1300	1300	1300	1300
Brennstoffkosten bei einem Steinkohlenpreis $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . "	250	500	630	1500	4500
frei Kesselhaus von <sup>1)</sup> . . . . . "	1332	3172	5865	17130	46300
Gesamtjahreskosten bei einem Steinkohlenpreis $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . M.	2664	6345	11730	34260	92600
frei Kesselhaus von . . . . . "	17182	19582	22735	35630	71830
Kosten der KW-Stunde (PS <sub>st</sub> ) bei einem $\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ 3,00 \end{array} \right.$ . . . . . Pf.	22,9 (15,3)	10,4 (7,0)	6,1 (4,1)	3,2 (2,1)	2,2 (1,5)
Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von . . . . . "	24,7 (16,6)	12,1 (8,1)	7,6 (5,1)	4,7 (3,1)	3,6 (2,4)

<sup>1)</sup> Es ist hier angenommen, daß die Kosten für Bekohlung zum Kohlenpreis hinzugeschlagen werden, da in obigen Anlagekosten keine Einrichtungen zum mechanischen Kohlentransport eingeschlossen sind.

Zahlentafel 72.

Turbodynamo-Anlage von 1000 KW maximaler Dauerleistung.

Maschine: Kombinierte Bauart mit Düsenregulierung, 3000 Uml./min. Kesselanlage: Ein Wasserrohrkessel mit Kettenrost, Überhitzer, Ekonomiser und Wasserreiniger.

Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 19.

Anlagekosten: Preis des maschinellen Teils einschl. Kesselanlage und Rohrleitung sowie Schornstein, betriebsfertig aufgestellt, 156000 M. Maschinen- und Kesselhaus (80 M/qm Grundfläche) 24000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . st	200	500	1000	3000	8760
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 156000 M. . . . . M.	7020	7020	7020	7020	7020
Abschreibung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlage . . . . . $\left\{ \begin{matrix} \text{vH} \\ \text{M.} \end{matrix} \right.$	(7) 10920	( $7\frac{1}{4}$ ) 11310	( $7\frac{1}{2}$ ) 11700	(8) 12480	(11) 17160
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	1800	1800	1800	1800	1800
Schmier- und Putzstoffe . . . . . "	110	160	220	550	1600
Wasserkosten (Flußwasser) . . . . . rd.	2600	2600	2600	2600	2600
Bedienung . . . . . "	380	750	940	2250	6750
Brennstoffkosten bei einem Steinkohlenpreis $\left\{ \begin{matrix} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right.$ . . . . . "	2410	5735	10615	31000	83750
frei Kesselhaus von $\left\{ \begin{matrix} 3,00 \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right.$ . . . . . "	4820	11470	21230	62000	167500
Gesamtjahreskosten bei einem Steinkohlenpreis $\left\{ \begin{matrix} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right.$ . . . . . M.	25240	29375	34895	57700	120680
frei Kesselhaus von . . . . . $\left\{ \begin{matrix} 3,00 \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right.$ . . . . . "	27650	35110	45510	88700	204430
Kosten der KW-Stunde (PS <sub>0</sub> -st) bei einem $\left\{ \begin{matrix} 1,50 \text{ M}/100 \text{ kg} \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right.$ . . . . . Pf.	16,8(11,4)	7,8(5,3)	4,6(3,1)	2,6(1,8)	1,8(1,2)
Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von . . . . . $\left\{ \begin{matrix} 3,00 \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right.$ . . . . . "	18,4(12,5)	9,4(6,4)	6,1(4,1)	3,9(2,7)	3,1(2,1)

<sup>1)</sup> Es ist hier angenommen, daß die Kosten für Bekohlung zum Kohlenpreis hinzugeschlagen werden, da in obigen Anlagekosten keine Einrichtungen zum mechanischen Kohlentransport eingeschlossen sind.





## Zahlentafel 74.

Turbodynamo-Anlage von 10000 KW maximaler Dauerleistung.

Maschine: Kombinierte Bauart mit Düsenregulierung, 1500 Uml./min. Kesselanlage: 4 Wasserrohrkessel mit Kettenrosten, Überhitzern, Ekonomisern und Wasserreiner.

Steinkohlenverbrauch (7500 WE) bei  $\frac{3}{4}$ -Belastung gemäß Zahlentafel 19.

Anlagekosten: Preis des maschinellen Teils einschl. Kesselanlage und Rohrleitung sowie Schornstein, betriebsfertig aufgestellt, 950000 M. Maschinen- und Kesselhaus (80 M/qm Grundfläche) 120000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von . . . . . st	200	500	1000	3000	8760
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung von 950000 M. . . . . M.	42750	42750	42750	42750	42750
Abschreibung und Instandhaltung von Maschinen- und Kesselanlage . . . . . M.	(7)	(7 $\frac{1}{4}$ )	(7 $\frac{1}{2}$ )	(8)	(11)
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, $2\frac{1}{2}$ vH Abschreibung, $\frac{1}{2}$ vH Instandhaltung = $7\frac{1}{2}$ vH der Gebäudekosten . . . . . "	66500	68875	71250	76000	104500
Schmier- und Putzstoffe . . . . . rd.	9000	9000	9000	9000	9000
Wasserkosten (Flußwasser) . . . . . "	340	500	700	1700	4950
Bedienung . . . . . "	10000	10000	10000	10000	10000
Brennstoffkosten bei einem Steinkohlenpreis { 1,50 M/100 kg . . . . . "	900	1800	2300	5400	16200
frei Kesselhaus von <sup>1)</sup> . . . . . { 3,00 " . . . . . "	21150	50350	93100	272000	735000
Gesamtjahreskosten bei einem Steinkohlenpreis { 1,50 M/100 kg . . . . . M.	42300	100700	186200	544000	1470000
frei Kesselhaus von . . . . . { 3,00 " . . . . . "	150640	183275	229100	416850	922400
Kosten der KW-Stunde (PS <sub>st</sub> ) bei einem { 1,50 M/100 kg . . . . . Pf.	171790	233925	322200	688850	1657400
Steinkohlenpreis frei Kesselhaus von . . . . . { 3,00 " . . . . . "	10,0 (7,0)	4,9 (3,4)	3,1 (2,2)	1,9 (1,3)	1,4 (1,0)
	11,4 (8,0)	6,2 (4,4)	4,3 (3,0)	3,1 (2,2)	2,5 (1,8)

<sup>1)</sup> Es ist hier angenommen, daß die Kosten für Bekohlung zum Kohlenpreis hinzugeschlagen werden, da in obigen Anlagekosten keine Einrichtungen zum mechanischen Kohlentransport eingeschlossen sind.

## Zahlentafel 75.

Windmotorenanlage von  $\left\{ \begin{array}{l} 1,5 \text{ PS}_0 \text{ bei } 4\text{--}5 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit.} \\ 4 \text{ PS}_0 \text{ bei } 6\text{--}7 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit.} \end{array} \right.$   
Raddurchmesser 6 m.

Anlagekosten: Preis eines Windmotors mit allem Zubehör  
einschl. 15 m hohem Eisenturm, betriebsfertig aufgestellt 3000 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von	st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und In- standhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 3000 M. . . . .	M.	315	315	315	315	315
Bedienung und Schmierung . . . . .	rd. „	80	90	100	110	120
Gesamtjahreskosten . . . . .	M.	395	405	415	425	435
Kosten der PS <sub>0</sub> - $\left\{ \begin{array}{l} 4\text{--}5 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit} \\ 6\text{--}7 \text{ „ „ „} \end{array} \right.$	Pf.	131,7 49,4	54,0 20,2	27,7 10,4	14,2 5,3	9,7 3,6

## Zahlentafel 76.

Windmotorenanlage von  $\left\{ \begin{array}{l} 2,5 \text{ PS}_0 \text{ bei } 4\text{--}5 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit.} \\ 6 \text{ PS}_0 \text{ bei } 6\text{--}7 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit.} \end{array} \right.$   
Raddurchmesser 8 m.

Anlagekosten: Preis eines Windmotors mit allem Zubehör  
einschl. 15 m hohem Eisenturm, betriebsfertig aufgestellt 4800 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von	st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und In- standhaltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 4800 M. . . . .	M.	504	504	504	504	504
Bedienung und Schmierung . . . . .	rd. „	100	110	120	130	140
Gesamtjahreskosten . . . . .	M.	604	614	624	634	644
Kosten der PS <sub>0</sub> - $\left\{ \begin{array}{l} 4\text{--}5 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit} \\ 6\text{--}7 \text{ „ „ „} \end{array} \right.$	Pf.	120,8 50,3	49,1 20,5	25,0 10,4	12,7 5,3	8,6 3,6

## Zahlentafel 77.

Windmotorenanlage von  $\left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ PS}_0 \text{ bei } 4\text{--}5 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit.} \\ 8 \text{ PS}_0 \text{ bei } 6\text{--}7 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit.} \end{array} \right.$   
Raddurchmesser 10 m.

Anlagekosten: Preis eines Windmotors mit allem Zubehör  
einschl. 15 m hohem Eisenturm, betriebsfertig aufgestellt 6800 M.

Betriebskosten bei einer jährlichen Betriebsdauer von	st	200	500	1000	2000	3000
$4\frac{1}{2}$ vH Verzinsung, 6 vH Abschreibung und In- haltung = $10\frac{1}{2}$ vH von 6800 M. . . . .	M.	714	714	714	714	714
Bedienung und Schmierung . . . . .	rd. „	120	130	140	150	160
Gesamtjahreskosten . . . . .	M.	834	844	854	864	874
Kosten der PS <sub>0</sub> - $\left\{ \begin{array}{l} 4\text{--}5 \text{ m/sk Windgeschwindigkeit} \\ 6\text{--}7 \text{ „ „ „} \end{array} \right.$	Pf.	104,2 52,1	42,2 21,1	21,3 10,7	10,8 5,4	7,3 3,6

# Sachregister.

Die Ziffern hinter den Stichworten bedeuten die Seitenzahlen.

- Abbrand bei Sauggasanlagen 383.  
Abdampfturbinen 20.  
Abfallprodukte 114.  
Ablassen von Kesseln 348.  
Abmauern des Rostes 398.  
Abnahme 413. 416. 423. 424.  
Abnahmeprüfung 410. 413. 423. 424.  
427. 433.  
Abnützung 113.  
Abschreibung 111.  
Absperrorgane für Dampfleitungen 229.  
231.  
Abstellen von Maschinen 341 ff.  
Abwärmekraftmaschinen 62.  
Abwärmeverwertung bei Dampfkraft-  
maschinen 42. 128. 131. 314.  
— bei Verbrennungsmaschinen 45. 128.  
131. 135.  
Amortisation 111.  
An- und Abstellen 143.  
Änderungen, Vornahme von 340.  
Ankerlöcher 286.  
Ankerplatten 286. 323.  
Anlassen von Maschinen 340 ff.  
Anordnung von Kraftwerken 291.  
Anschaffungskosten von Kraftanlagen  
75. 158.  
— von Dampfkesselanlagen 76.  
— von Kolbendampfmaschinen 77.  
— von Dampflokomobilen 78.  
— von Dampfturbinen 79.  
— von Turbodynamos 79.  
— von Leuchtgasmotoren 81.  
— von Benzinmotoren 81.  
— von Benzolmotoren 81.  
— von Naphthalinmaschinen 82.  
— von Dieselmaschinen 82.  
— von Kraftgasanlagen 83.  
— von Großgasmaschinen 83.  
— von Wasserkraftanlagen 85.  
— von Windkraftanlagen 87.  
— von Elektromotoren 88.  
Antrieb von Kondensationspumpen 246.  
Anwärmen flüssiger Brennstoffe 300.  
371.  
Anwärmen von Maschinen 354.
- Anwendungsgebiete der Kraftmaschinen  
176.  
Anzapfturbinen 20. 45.  
Aschenbeseitigung 304. 351.  
Aschengehalt von Brennstoffen 95.  
Atmosphäre 427. 434.  
Aufbewahrung von Reserveteilen 340.  
— von Schmier- und Putzmaterial 340.  
— von Werkzeugen 340.  
Aufschreibungen, laufende 341.  
Aufstellung der Maschinen 293. 295.  
330.  
Aufstellungsraum 196. 255.  
Ausbaumöglichkeit 196. 291.  
Ausbesserungsarbeiten 109. 404.  
Ausgleichsstücke 231. 280.  
Ausguß von Kondensationen 238. 243.  
Aushilfsbetriebe 127.  
Ausnützung der Brennstoffe 98.  
Ausnutzungsfaktor 90. 92. 93.  
Auspuffbetrieb 178.  
Auspuffgase von Verbrennungsmaschi-  
nen 129.  
Auspuffgeräusch 258. 260. 323.  
Auspuffkanal 329. 330.  
Auspuffleitungen 257. 260. 268.  
Auspufftöpfe 257. 260. 268. 323.  
Auspuffturbinen 20. 45.  
Aussetzer-Regulierung 22.  
Aussonderungsrecht 447.  
Ausspülverfahren bei Gasmaschinen 37.
- Bahnanschluß 291.  
Bandförderer 302. 315.  
Bauart, liegende oder stehende 11. 21.  
177.  
Bauart der Gebäude 295.  
Baulicher Teil von Kraftwerken 294.  
Beanspruchung von Kraftanlagen 403.  
Becherkette 303.  
Becherrad 48. 51. 276.  
Becherwerk 301. 313. 315.  
Bedienungskosten 108. 142.  
Bedienungsvorschriften 339.  
Beeinträchtigung von Nachbargrund-  
stücken 305.

Befehlsübermittler 198.  
 Befühlen der Lager usw. 341. 387. 398.  
 Behälter für Speisewasser 235. 243.  
 Beharrungszustand von Verbrennungsmaschinen 434.  
 Bekohlungsanlagen 227. 242. 301. 313.  
 Belastung, mittlere 90. 118. 403.  
 Belastungsanzeiger, registrierender 397. 402.  
 Belastungsfaktor 90. 92. 93. 156.  
 Belastungsschwankungen 403.  
 Benutzungsdauer 90.  
 Benzinmotoren 21. 255. 370.  
 Benzinzoll 139.  
 Benzolmotoren 21. 255. 370.  
 Bestandteileigenschaft 447.  
 Betonsole für Fundamente 284. 323. 331.  
 Betrieb von Dampfkesselanlagen 342.  
 — von Kolbendampfmaschinen 354.  
 — von Dampflokomobilen 360.  
 — von Dampfturbinen 361.  
 — von Leuchtgasmaschinen 364.  
 — von Benzin- und Benzolmaschinen 370.  
 — von Naphthalinmaschinen 373.  
 — von Hochdruck-Ölmaschinen 373.  
 — von Kraftgasanlagen 379.  
 — von Großgasmaschinen 386.  
 — von Wasserkraftanlagen 390.  
 — von Elektromotoren 394.  
 Betriebsbereitschaft 158.  
 Betriebsdauer 90. 119.  
 Betriebsführungskosten 108.  
 Betriebskontrolle bei Dampfkraftanlagen 237. 396.  
 — bei Verbrennungsmaschinenanlagen 401.  
 Betriebskosten 90. 118. 178. 451 ff.  
 Betriebsregeln, allgemeine 339.  
 — für Dampfkessel 351.  
 Betriebssicherheit 194.  
 Betriebsstörungen 366 ff.  
 Betriebszuschläge 101.  
 Blechkamin 14. 242.  
 Bogeneinmauerung 4.  
 Bogenrohre 231.  
 Brennstoffe 94.  
 Brennstoff-Filter 259.  
 Brennstoffkosten 123.  
 Brennstoffpreise 94. 139. 183.  
 Brennstofftank 300. 327. 329.  
 Brennstoffverbrauch 101. 141.  
 Brennstoffzuleitungen 257. 259.  
 Brikketgenerator 33. 384.  
 Bronsmotor 31.  
 Bunker 227. 321.  
 Bunkerbrände 228.

Conveyor 303.

Dampfentölung 45. 318. 346.  
 Dampfgeschwindigkeit in Leitungen 229.  
 Dampfkesselanlagen 2. 225. 342.  
 Dampfkochung in Brauereien 314.  
 Dampfleitungen 228. 237.  
 Dampflokomobilen 11. 241. 310. 360.  
 Dampfmaschinen 8. 237. 354.  
 Dampfmesser 398.  
 Dampfpreis 106.  
 Dampfspannung 2. 8.  
 Dampftemperatur 2. 8.  
 Dampfturbinen 15. 177. 244. 318. 361.  
 Dampfverbrauch 105. 106. 107. 397.  
 Dampfwasser-Entöler 317.  
 Dampfwasserrückleiter 231.  
 Dauerbetrieb 441.  
 Dauerleistung 76. 90. 126. 193.  
 Dichtheitsprüfungen bei Gasleitungen 262. 383.  
 Dieselmotoren 25. 323. 327. 373.  
 Differenz-Zugmesser 400.  
 Doppelgenerator 33. 384.  
 Doppelhallenanordnung 266. 329.  
 Doppelleitung 230.  
 Drahtseilbahn 303.  
 Drehrostgenerator 35.  
 Druckluft-Anlaßvorrichtung 24. 374. 386.  
 Druckluftmaschinen 60.  
 Druckverlust in Dampfleitungen 229.  
 Druckzug 163.  
 Durchflußkühlung 23. 110. 258. 260. 323.  
 Düsenregulierung 17. 177. 362.  
 Ebbe- und Flutanlagen 64.  
 Eigentumsvorbehalt 447.  
 Einblasedruck bei Dieselmotoren 402.  
 Einfriergefahr bei Wasserkraftanlagen 278.  
 Einmauerung von Kesseln 4.  
 Einspritzkondensation 238. 249.  
 Einspritzleitung 254.  
 Einzelantriebe 91. 138. 185. 190.  
 Eisbildung bei Wasserkraftanlagen 278. 390. 392.  
 Eisenbeton-Bauweise 295. 318.  
 Elektrischer Antrieb 138. 185.  
 Elektrizitätswerk mit Lokomobilen 310.  
 — mit Dampfturbinen 318.  
 — mit stehenden Dieselmotoren 323.  
 — mit liegenden Dieselmotoren 327.  
 — mit Kolbendampfmaschinen 314.  
 — mit Großgasmaschinen 329.  
 — mit Wasserkraftbetrieb 333.  
 Elektrohängebahn 303.  
 Elektromotor, Vorzüge des 143.  
 Elektromotoren 69. 138. 281. 394.

- Elevatoren 301. 313. 315.  
 Entlüftung des Speisewassers 254. 347.  
 Entölung von Dampf und Kondensat  
 45. 318. 346.  
 Entwässerung von Dampfleitungen 231.  
 237.  
 Erdschluß bei Elektromotoren 395.  
 Erfüllungsort 414.  
 Erschütterungen 157. 261. 297. 305.  
 Erwärmung von Maschinenteilen 341.  
 357 ff.  
 Erweiterungsmöglichkeit 196. 291.  
 Explosionsbegriff 446.  
 Explosion von Kesseln 349.  
 Explosionsgefährliche Räume 282.  
 Explosionsklappen 330.  
 Fabrikat, Wahl des 407.  
 Fachwerksbauten 295.  
 Fehlzündungen bei Verbrennungsmaschinen 369.  
 Fernbetätigung von Maschinen 198.  
 Fernheizung 123. 157.  
 Fernmelder 198.  
 Fernsteuerung 198. 322.  
 Fernwärmwasserversorgung 157.  
 Festpunkte bei Dampfleitungen 231.  
 Fettkohlen 94.  
 Feuchter Betrieb 196.  
 Feuchtigkeitsschutz bei Elektromotoren 283.  
 Feuerbedienung 399.  
 Feuergefährliche Betriebsstätten 282.  
 Feuerungsbetrieb, rauchschwacher 350.  
 Feuerungskontrolle 399.  
 Feuerversicherung 114. 445.  
 Filtriergefäße 259.  
 Flammenlose Verbrennung 6.  
 Flammpunkt von Schmieröl 405.  
 Fliesenbelag im Maschinenhaus 297.  
 Flüssigkeitsgrad 406.  
 Flüssigkeitsmaschinen 21.  
 Flut- und Ebbanlagen 64.  
 Fördereinrichtungen, mechanische 227.  
 242. 301.  
 Förderrinne 303.  
 Förderschwinde 303.  
 Föttinger-Transformator 20.  
 Francis-Turbine 48. 51. 333.  
 Frischwasserkühlung 23. 110. 258. 260.  
 Frostgefahr 196. 255.  
 Fundamente 242. 244. 283. 284. 307.  
 331.  
 Fundamentanker 286.  
 Fundament-Aussparungen 286.  
 Fundamentschwingungen 261. 307. 331.  
 Garantien 409. 412. 414.  
 Garantieveruche 410. 413. 423. 424.  
 Garantiezahlen, Bedeutung der 415.  
 Gasanalysatoren 400.  
 Gasdruck bei Sauggasanlagen 382. 403.  
 Gasdruckregler 256.  
 Gasflammkohlen 95.  
 Gasleitungen 262. 330. 383.  
 Gasmaschinen 21.  
 Gasölteer 123.  
 Gasturbine 42.  
 Gasuhr 256.  
 Gebäude 294.  
 Gebäudehöhe 295.  
 Gefälle 271. 390.  
 Gefällestufe 271.  
 Gefällevermehrter für Wasserkraftanlagen 55.  
 Gefäßkühlung 23. 258.  
 Gegendruckturbinen 20. 45.  
 Gehäuseschluß bei Elektromotoren 395.  
 Geheimmittel zur Verhütung von Kesselstein 346.  
 Generatoranlagen 31. 46.  
 Geräusche, wesentliche 306.  
 Geräuschloser Gang 157. 305.  
 Gericht, zuständiges 414.  
 Geruchsbelästigung 305.  
 Geschwindigkeitsabstufung bei Dampfturbinen 16.  
 Gewährleistung 414.  
 Gichtgasmaschinen 38. 266. 386.  
 Glattstrich 287.  
 Gleichdruckmotor 25.  
 Gleichstrom-Dampfmaschine 9. 11. 178.  
 Glühkopfmotoren 31.  
 Glührohrzündung 23.  
 Gradierwerke 110. 288.  
 Großdieselmotoren 127.  
 Größe der Einheiten 267. 277. 289.  
 Großgasmaschinen 36. 266. 386.  
 Großkraftwerke 72. 184. 318.  
 Grundeis 278. 390. 392.  
 Grundmauern 294.  
 Grundstücke für Kraftwerke 291.  
 Gruppenantrieb 138. 186. 188.  
 Grusgeneratoren 33.  
 Gurtförderer 302. 315.  
 Hängenbleiben des Regulators 341.  
 Handelsgeschäft 417.  
 Handelskauf 418.  
 Hartes Speisewasser 343.  
 Heberturbine 52. 275.  
 Heißluftmaschine 60.  
 Heizen mit Gas 123. 128.  
 Heizerschule 342.  
 Heizflächen-Beanspruchung 3.  
 Heizflächen-Größe 3. 427.  
 Heizkurse 342.  
 Heizwert von Brennstoffen 94. 427.  
 429. 434.

- Heizwert von Kraftgas 402.  
 Hochdruckfreistrahlmaschine 48. 51. 276.  
 Hochdruck-Ölmaschinen 25. 323. 327. 373.  
 Hochgefälleanlagen 274.  
 Hochleistungskessel 3. 160.  
 Hochofengasmaschinen 38. 266. 386.  
 Hochwasserfreie Aufstellung 292.  
 Höhe der Gebäude 295.  
 Höhenlage des Kraftwerkes 292.  
 Höhe von Kellerräumen 245. 247. 266. 285. 331.  
 Hülsenzerstäuber 26.  
 Humphrey-Pumpe 67.  
 Hydropulsor 55.  
  
**Indikator**diagramm von Verbrennungsmaschinen 370. 401.  
 Indikator-Maßstab 431. 438.  
 Indizierte Leistung 427. 435.  
 Indizierung von Kolbenmaschinen 390. 396.  
 Ingangsetzen 340. 356 ff.  
 Injektor 233.  
 Injektor-Zerstäuber 26.  
 Intermittierender Betrieb 441.  
 Isolation bei Elektromotoren 443.  
 Isolierung gegen Erschütterungen und Geräusche 307.  
 Instandhaltungskosten 109. 113.  
  
**Journal** 341.  
  
**Kaltdampfmaschinen** 62.  
 Kamin, gemauerter 161. 228. 242.  
 — aus Blech 14. 166. 242.  
 Kaminkühler 110. 255. 288.  
 Kapitalkosten 111.  
 Kaufvertrag 416.  
 Kellerhöhe 245. 247. 266. 285. 331.  
 Kesselaufstellung 226.  
 Kesselexplosionen 349.  
 Kesselhaus 292.  
 Kesselstein 343.  
 Kesselsysteme 2. 159.  
 Kesselturbine 276.  
 Kesselwärter 342.  
 Kettenrostfeuerung 3. 225.  
 Kilovoltampère 440.  
 Kilowatt 440.  
 Kippmoment 285.  
 Klappenventil 230.  
 Klopfen im Triebwerk 358 ff.  
 Knaller bei Verbrennungsmaschinen 369.  
 Kohlenbrände 228. 299.  
 Kohlenbunker 227. 321.  
 Kohlenförderanlagen 227. 242. 301. 313.  
 Kohlenlager 298.  
  
 Kohlensäuregehalt von Kraftgas 402.  
 Kohlensäuremaschinen 60.  
 Kohlensäuremesser 237. 399 ff.  
 Kolbendampfmaschinen 8. 178. 237. 354.  
 Kolbenpumpen 233.  
 Kombinierte Anlagen 128.  
 Kompensationsstücke 231. 280.  
 Kompression 22. 23. 36.  
 Kondensation 238. 249.  
 Kondensationsbetrieb 178. 238.  
 Kondenstöpfe 231.  
 Kondenswasserrückleiter 231. 318.  
 Kontrolleinrichtungen 237. 322.  
 Korkisolierung 308.  
 Korrosionen an Kesselwandungen 347.  
 Kraftbetriebe, reine 122.  
 — mit Abwärmeverwertung 128.  
 Kraftgas 382.  
 Kraftgasanlagen 31. 261. 379. 404.  
 — mit Nebenproduktengewinnung 46.  
 Kraftreserve 193. 403.  
 Kraftschluß bei Kühlwasserpumpen 247.  
 Kraftübertragung, elektrische 67.  
 Kraftverbrauch der Kondensation 252.  
 Kran 261. 294. 298.  
 Kugelgelenkrohre 231.  
 Kühlteich 288.  
 Kühlturm 110. 255. 288.  
 Kühlung bei Verbrennungsmaschinen 23. 110. 258. 260. 268. 323. 364. 375.  
 Kühlwasserabfluß 261. 325.  
 Kühlwasserbeschaffung 254.  
 Kühlwassertemperatur bei Verbrennungsmaschinen 129. 375. 388.  
 Kühlwasserverbrauch von Verbrennungsmaschinen 29. 110.  
 — von Dampfkraftanlagen 110. 249.  
 Kurzschlußanker 70.  
 Kurzzeitiger Betrieb 441.  
  
**Lage** des Kraftwerks 197. 291.  
**Lage** von Kessel- und Maschinenhaus 292.  
**Lagerung** von Brennstoffen 298.  
**Laufkatze** 261.  
**Laufkran** 261. 294. 298.  
**Leerlauf** (Leerschub) von Wasserkraftanlagen 278. 337.  
**Leerlaufarbeit** 427. 437.  
**Leerlaufverbrauch** 103.  
**Leistung** elektrischer Maschinen 440.  
**Leistungsversuche** an Dampfanlagen 425.  
 — an Gasmaschinenanlagen 433.  
**Leistungszähler** 397. 402.  
**Leitungsdurchmesser** 229.  
**Leitungsverlust** 138.  
**Leuchtgasanschluß** bei Sauggasanlagen 265.

- Leuchtgasmotoren 21. 255. 364.  
 Lieferung, verspätete 423.  
 Lieferungs- und Zahlungsbedingungen 407 ff.  
 Linksläufer 256.  
 Lokomobilen 11. 241. 310. 360.  
 Lokomotivkessel 12.  
 Luftfilter für Turbodynamos 245.  
 Luftschwingungen 307.  
 Luftüberschuß 398.  
  
**Magerkohlen** 94.  
 Mängelrügen 416. 418. 419. 421.  
 Maschinenfundamente 242. 244. 283. 284. 307. 331.  
 Maschinenjournal 341.  
 Maschinenkeller 245. 247. 266. 285. 323.  
 Maschinenraum 196. 255. 339.  
 Maschinist 339.  
 Maschinensystemwahl 177.  
 Maschinenversicherung 445.  
 Massenausgleich 261. 309. 331.  
 Mehrstoffdampfmaschine 63.  
 Mehrstufige Expansion 9. 13. 241.  
 Mehrverbrauch bei Teillast 103. 150.  
 Meinungsverschiedenheiten 414.  
 Minderung 420.  
 Mischdruckturbinen 20.  
 Mischkondensation 249.  
 Mittelgefälleanlagen 274.  
 Montage 284.  
 Motorengröße 143.  
 Müllverbrennung 114.  
  
**Nachbrennen bei Verbrennungsmaschinen** 370.  
 Naphthalinmotoren 24. 255. 373.  
 Nebenproduktengewinnung 46. 156.  
 Nebenschlußanordnung des Überhitzers 236.  
 Nichtvertretbare Sachen 416.  
 Niedergefälleanlagen 274.  
 Niederschlagshöhe 269.  
 Nominelle Leistung 427.  
 Normalien für Bewertung und Prüfung elektrischer Maschinen 439.  
 Normalleistung 126. 193.  
 Nutzleistung 427. 431. 435. 437.  
  
**Oberflächenkondensation** 238. 245. 250.  
 Oberwasserkanal 272. 393.  
 Ölmaschinen 25.  
 Ölreinigung 331.  
 Orsatapparat 400.  
  
**Peltonrad** 48. 51. 276.  
 Pendelregulator 22.  
 Permutit-Wasserreinigung 346.  
 Pferdestärke 427. 435.  
  
 Platzbedarf 157.  
 Polizeiliche Bestimmungen für Dampfkessel 201.  
 — — für Mineralöle 215.  
 — — für Sauggasanlagen 222.  
 Präzisionsregulierung 22.  
 Preis von Brennstoffen 94.  
 Preise von Maschinenanlagen siehe unter Anschaffungskosten.  
 Projektierung von Kraftanlagen 196.  
 — von Dampfkesselanlagen 225.  
 — von Kolbendampfmaschinen 237.  
 — von Dampflokomobilen 241.  
 — von Dampfturbinen 244.  
 — von Kondensationsanlagen 249.  
 — von Leuchtgasmaschinen 255.  
 — von Benzinmaschinen 255.  
 — von Naphthalinmaschinen 255.  
 — von Dieselmotoren 259.  
 — von Kraftgasanlagen 261.  
 — von Großgasmaschinen 266.  
 — von Wasserkraftanlagen 269.  
 — von Elektromotoren 281.  
 Prüfung von Maschinen 419. 424.  
 Putzmaterialkosten 109.  
  
**Rauch- und Rußbelästigung** 158. 305. 351.  
 Rauchen des Auspuffs 402.  
 Rauchfuchs 228.  
 Rauchgas-Untersuchung 430.  
 Rauchschwacher Feuerungsbetrieb 350. 399.  
 Rauchstärke, Feststellung der 399.  
 Raumhöhe 255. 262.  
 Rechen 277. 336. 393.  
 Rechtsläufer 256.  
 Regulator 341. 357 ff.  
 Regulierorgane für Überhitzer 236.  
 Regulierung bei Verbrennungsmaschinen 22.  
 Reinigung von Hochofengas 266.  
 — von Kesseln 345. 348. 404.  
 — von Maschinen 340 ff. 404.  
 — der Kühlräume von Verbrennungsmaschinen 368.  
 — von Schmieröl 332. 398. 405.  
 Reparaturkosten 109. 113.  
 Reservekessel 226.  
 Reservemaschinen 128. 158. 290.  
 Reserveteile 340.  
 Revisionspflicht 127.  
 Ringleitung 230.  
 Rohrbruchventil 232.  
 Röhrenkessel, ausziehbarer 12.  
 Rohrleitungen von Dampfanlagen 197. 228. 237.  
 — von Verbrennungsanlagen 257. 259. 262. 267. 330.



- Rohrleitungen von Wasserkraftanlagen 274. 279. 390. 393.  
 Rost-Abmauern 398.  
 Rostleistung, zu geringe 398.  
 Rückkühlanlagen 110. 248. 255. 288. 291.  
 Rückstau 272. 391.  
 Ruhe des Gangs 157. 305.  
 Ruhestörung durch Maschinenbetriebe 305.  
 Rußbelastigung 158. 305. 351.  
 Rußen des Auspuffs 371. 378. 402.
- Sägespänerereiniger 264.  
 Sauggas 382.  
 Sauggasanlagen 32. 127. 156. 176. 261. 379. 404.  
 Saugrohr von Wasserkraftanlagen 276.  
 Saugzug 164.  
 Säulenfundamente 244.  
 Schadenersatz 420.  
 Schädliche Bestandteile im Speisewasser 347.  
 Schalldämpfung 238. 258. 260. 323.  
 Schaltanlage 198. 319. 322.  
 Schaltbühne 199. 319. 322.  
 Schalttafelunterbringung 198. 319.  
 Schiedsgericht 410. 414.  
 Schiffsmotoren 39.  
 Schiffsturbinen 18.  
 Schlackenentfernung 304.  
 Schlagwettersichere Motoren 283.  
 Schlammhaltiges Speisewasser 343.  
 Schlammtopf 263.  
 Schmieren von Maschinen 341. 357. 361. 388.  
 Schmierölbeschaffenheit 357. 361. 367ff.  
 Schmieröl und dessen Reinigung 332. 357. 405.  
 Schmierölverbrauch 109.  
 Schnellläufer 29. 140. 143. 177.  
 Schnellschlußventil 363.  
 Schnüffeln bei Speisepumpen 234.  
 Schornstein 161. 228. 242. 351.  
 Schornsteinzug 161.  
 Schütthöhe der Kohle 299.  
 Schützen 272. 277. 337.  
 Schutzvorrichtungen 414. 450.  
 Schwefelgehalt von Brennstoffen 113. 385.  
 Schwingungen in Gasleitungen 268.  
 Schwingungsdämpfer 308.  
 Selbstentzündung von Kohle 299.  
 Selbstschlußventil 232.  
 Sicherheitsschnellschluß 198.  
 Sicherheitsvorschriften für bewegliche Dampfkessel 209.  
 — für Verbrennungsmaschinen 211.  
 — für Mineralöle 215.  
 — für Sauggasanlagen 223.
- Sicherheitsvorschriften der Berufsgenossenschaften 450.  
 Siphontöpfe für Abwasser 264.  
 Skrubber 380.  
 Skrubberbrause 263. 380.  
 Skrubberwasser 262. 264. 380.  
 Sonnenmotor 67.  
 Speicheranlagen 55.  
 Speiseleitungen bei Dampfkesselanlagen 234.  
 Speiseregler 235.  
 Speisevorrichtungen für Dampfkessel 233.  
 Speisewasser 343.  
 Speisewasserbehälter 235. 243.  
 Speisewasserentlüftung 254.  
 Spiralen für Kohlentransport 302.  
 Spiralturbinen 55. 276.  
 Spitzenmaschine 128.  
 Spülverfahren bei Gasmaschinen 37.  
 Staubabscheider 263.  
 Staubgehalt von Hochofengas 266.  
 Staubiger Betrieb 196.  
 Steilrohrkessel 4. 160.  
 Steinkohlen 94.  
 Steinkohlenteeröl 29. 97. 123. 127. 300.  
 Steuern usw. 114.  
 Steuerungsantrieb bei Dampfmaschinen 10.  
 Steuerungsorgane für Dampfmaschinen 9.  
 Stickstoffmaschinen 60.  
 Stopfbüchsenrohre 231.  
 Stoßdämpfer 308.  
 Stoßender Gang 358ff.  
 Strahl-Kondensation 250.  
 Strahl-Luftpumpe 245. 251.  
 Streitigkeiten 410. 414.  
 Strompreis 139. 149. 154.
- Talsperren 56. 393.  
 Tank 300. 327. 329.  
 Teerölmotoren 29. 123. 127.  
 Teerölvorrat, derzeitiger 30.  
 Teerreiniger 265.  
 Temperaturmessung 427. 434.  
 Temperaturregler 236.  
 Tilgung 111.  
 Toleranz bei Leistungsversuchen 426. 434.  
 Torfvergasung 33.  
 Tourenverstellung 198.  
 Transmissionsantrieb 138. 185.  
 Transmissionsverluste 186.  
 Transporteinrichtungen 227. 242. 300. 313.  
 Transportschnecken 302. 313.  
 Trockenreiniger 264.

- Triebwerkskanäle bei Wasserkraftanlagen 272. 393.  
 Turbinen für Wasserkraftbetrieb 50. 274. 333. 390.  
 Turbinenrechen 277. 336. 393.  
 Turbospeisepumpe 233.  
 Überdruck 427. 434.  
 Übereich 279.  
 Überhitzerregler 236.  
 Überkochen von Kesseln 362.  
 Überlandwerke 72. 184. 318.  
 Überlastbarkeit 126. 193. 442.  
 Überlauf von Luftpumpen 238. 243. 254.  
 Übernahme von Maschinen 416.  
 Umbau von Satteldampfmaschinen 238.  
 Umfassungsmauern 294.  
 Undichtheiten von Ventilen 359 ff.  
 Ungleichförmigkeitsgrad 197. 437.  
 Unfallverhütungsvorschriften 450.  
 Unterbrochener Betrieb 143.  
 Unterdruckmesser 399. 403.  
 Untergießen des Rahmens 287.  
 Unterkellerung 245. 247. 266. 285. 323.  
 Untersuchung von Maschinenanlagen 417. 419. 421. 425.  
 Unterteilung 154. 277. 290. 403.  
 Unterwasserkanal 272. 393.  
 Unterwindfeuerung 163.  
 Vakuum 427.  
 Vakuum, erreichbares 253.  
 Ventil oder Schieber 229.  
 Verbindung der Kondensationen 247.  
 Verbrennung, flammenlose 6.  
 Verbrennungsmaschinen für Spezialzwecke 41.  
 Verbundzugmesser 400.  
 Verdampfung 427.  
 Verdampfungskühlung 23. 258.  
 Verdrängermotor 31.  
 Verkleiden der Wände von Maschinenhäusern 297.  
 Versagen der Zündung bei Verbrennungsmaschinen 366. 371.  
 Verschlacken des Rostes 400.  
 Verschweigen, arglistiges, von Mängeln 419.  
 Versicherungen 114. 445.  
 Verspätete Lieferung 423.  
 Versuche 410. 413.  
 Versuchsdauer 426. 433.  
 Vertragliche Vereinbarungen 413.  
 Vertretbare Sachen 416.  
 Verwaltungskosten 108.  
 Verzinsung 111.  
 Vornahme von Änderungen 340.  
 Vorschriften für Dampfanlagen 200.  
 — für Verbrennungsmaschinen 211.  
 — über den Verkehr mit Mineralölen 215.  
 — für Sauggasanlagen 222. 264.  
 — für Wasserkraftanlagen 224.  
 Vorwärmung des Speisewassers 254. 347.  
 Vorzündungen bei Verbrennungsmaschinen 369.  
 Wahl der Betriebskraft 120.  
 — des Fabrikats 407.  
 — des Grundstücks 291.  
 Wandelung 420.  
 Wanderplanrost 225.  
 Wanderrostfeuerung 3. 225.  
 Wärmeäquivalent, mechanisches 434.  
 Wärmeausnützung 99. 132.  
 Wärmekraft als Ergänzung von Wasserkraften 280. 333.  
 Wärme- oder Wasserkraft 178.  
 Wärmepreis 95.  
 Wärmespeicher 20.  
 Wärmestauung in Kesselwandungen 344.  
 Wärmeverbrauch pro PS<sub>e</sub>-st 99. 103.  
 Wärmeverlust in Dampfleitungen 229.  
 Warmlaufen von Maschinenteilen 341. 357. 387.  
 Wasserbauten 274. 277. 392.  
 Wasserbeschaffung 254.  
 Wasserfang 238.  
 Wasserfassung 271. 277.  
 Wassergehalt von Brennstoffen 95.  
 Wasserkraftanlagen 48. 269. 333. 390.  
 Wasserkraftmaschinen 50. 333. 390.  
 Wassermenge von Flüssen 269.  
 Wassermesser bei Dampfanlagen 397.  
 Wassermessung 269.  
 Wasserräder 50.  
 Wasserreinigung 235. 322. 345.  
 Wasserrohrkessel 3. 225.  
 Wassersäcke in Dampfleitungen 231.  
 Wasserschlag 355. 356.  
 Wasserschloß 274. 279. 393.  
 Wasserschluß bei Kühlwasserpumpen 247.  
 Wasserstandsregler 53. 235. 337.  
 Wassertransport 291.  
 Wasserumlauf 3. 344.  
 Wasserverbrauch, Wasserkosten 110. 142.  
 Wechselventil 238.  
 Wehranlage 271. 392.  
 Wellenmotor 66.  
 Werklieferungsvertrag 416.  
 Werkvertrag 416.  
 Werkzeuge 340.  
 Windkessel bei Speisepumpen 234.

- Windkraftmaschinen 58.  
Windstärke 60.  
Wirkungsgrad 99.  
—, elektrischer Maschinen 444.  
—, mechanischer 427. 435. 437.  
— einer Kraftgasanlage 435.  
Wirtschaftliche Gesichtspunkte 121.
- Zahl der Einheiten** 289.  
**Zahlungsbedingungen** 407 ff.  
**Zeitwert von Maschinenanlagen** 445.  
**Zentralkondensation** 245.  
**Zentrifugalpumpen** 233.  
**Zerstäubung bei Dieselmotoren** 26. 402.  
**Zinsfuß** 111.  
**Zirkulationskühlung** 23. 258.  
**Zubehör** 449.  
**Zugzeugung** 160.
- Zugmesser** 399.  
**Zugregelung** 168.  
**Zugstärke** 427.  
**Zugsystemwahl** 175.  
**Zugunterschied** 400.  
**Zündölverfahren** 29.  
**Zündung bei Gasmaschinen** 23. 269.  
364. 366. 371. 388.  
— bei Dieselmotoren 25.  
**Zu- und Ablaufkanal zur Kondensation**  
248.  
**Zwangsversteigerungsverfahren** 449.  
**Zweidruckturbinen** 20.  
**Zweifluergenerator** 33. 384.  
**Zweitaktmaschinen** 21. 28. 37.  
**Zwillingsturbine** 53.  
**Zwischendampfentnahme** 20. 44. 178.  
316.  
**Zylinderschmierung** 357. 388.
-

Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

Soeben erschienen:

# **Einführung in die Organisation von Maschinenfabriken**

**unter besonderer Berücksichtigung der Selbstkostenberechnung.**

Von

**Dipl.-Ing. Friedrich Meyenberg,**

Oberingenieur der Eisenbahnsignal-Bauanstalt Max Jüdel & Co., A.-G.,  
Dozent an der Herzoglichen Technischen Hochschule Braunschweig.

In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

---

Soeben erschienen:

**Karl Urbahn**

# **Ermittlung der billigsten Betriebskraft für Fabriken**

**unter besonderer Berücksichtigung der Abwärmeverwertung.**

Zweite, vollständig erneuerte und erweiterte Auflage

von

**Dr.-Ing. Ernst Reutlinger,**

Direktor der Ingenieurgesellschaft für Wärmewirtschaft m. b. H. in Cöln.

Mit 66 Figuren und 45 Zahlentafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Die Betriebskosten für Kraft und Heizvorgänge bilden meistens einen schwerwiegenden Teil der Generalunkosten von Fabrikbetrieben. Durch sachgemäße Wahl der Einrichtungen kann jedoch der Betriebsleiter an diesen Kosten oft erheblich sparen.

Ihm hier ein Ratgeber und Wegweiser durch die vielfachen Lösungsmöglichkeiten für die rentabelste Kraft- und Wasserversorgung von Fabriken zu sein, ist dieses Buch bestimmt.

Der Verfasser der neuen Auflage steht mitten in der Praxis, seine Ausführungen bieten dem Betriebsleiter wie den industriellen Unternehmungen überhaupt eine Handhabe, um Mißgriffen, die bei Erstellung der Anlagen unnötig hohe Anlage- und Betriebskosten und erschwerte Konkurrenzfähigkeit zur Folge haben, vorzubeugen.

In sechs Abschnitten wird ein Überblick über die Art und die wirtschaftlich technischen Eigenschaften der modernen Kraftanlagen gegeben. Vor allem wird auch ihre geeignete Anpassung an die Heizvorgänge behandelt und das notwendige Rüstzeug für die Beurteilung der jeweils zweckmäßigsten Lösung zusammengestellt. Die klaren Ausführungen werden unterstützt durch ein reiches Zahlen- und Kurvenmaterial, dessen Anwendung wiederum durch gut gewählte Beispiele erläutert ist.

Das Buch dürfte somit ein wertvoller Ratgeber werden für alle, die für die Herbeiführung eines sparsamen Fabrikbetriebes zu sorgen haben.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

**Die Zwischendampfverwertung in Entwicklung, Theorie und Wirtschaftlichkeit.** Von Dr.-Ing. **Ernst Reutlinger**, Chefingenieur des beratenden Ingenieurbureaus Bidag der Hans-Reisert-Gesellschaft m. b. H. in Köln. Mit 69 Textfiguren. Preis M. 4,—; in Leinwand gebunden M. 4,80.

---

**Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb.** Mit besonderer Berücksichtigung der Zwischen- und Abdampfverwertung zu Heizzwecken. Eine kraft- und wärmewirtschaftliche Studie. Von Dr.-Ing. **Ludwig Schneider**, München. Zweite, bedeutend erweiterte Auflage. Mit 118 Textfiguren und 1 Tafel. Preis M. 5,—; in Leinwand gebunden M. 5,80.

---

**Hilfsbuch für Wärme- und Kälteschutz.** Von Ingenieur **Andersen**, beim Amts- und Landgericht Dresden vereidigter Sachverständiger. Mit 3 Textfiguren. Preis M. 3,60; in Leinwand gebunden M. 4,60.

---

**Formeln und Tabellen der Wärmetechnik.** Zum Gebrauch bei Versuchen in Dampf-, Gas- und Hüttenbetrieben. Von **Paul Fuchs**, Ingenieur. In Leinwand gebunden Preis M. 2,—.

---

**Wärmetechnik des Gasgenerator- und Dampfkessel-Betriebes.** Die Vorgänge, Untersuchungs- und Kontrollmethoden hinsichtlich Wärmeerzeugung und Wärmeverwendung im Gasgenerator- und Dampfkessel-Betrieb. Von **Paul Fuchs**, Ingenieur. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 43 Abbildungen. In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

---

**Anleitung zur Durchführung von Versuchen an Dampfmaschinen, Dampfturbinen und Dieselmotoren.** Zugleich Hilfsbuch für den Unterricht in Maschinenlaboratorien technischer Lehranstalten. Von **Franz Seufert**, Ingenieur, Oberlehrer an der Kgl. höheren Maschinenbauschule zu Stettin. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 43 Abbildungen. In Leinwand gebunden Preis M. 2,20.

---

**Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle**, insbesondere zur Kontrolle des Dampfbetriebes. Zugleich ein Leitfaden für die Übungen in den Maschinenbaulaboratorien technischer Lehranstalten. Von **Julius Brand**, Professor, Oberlehrer der Kgl. vereinigten Maschinenbauschulen zu Elberfeld. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 285 Textfiguren, 1 lithographischen Tafel und zahlreichen Tabellen. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

**Die Dampfkessel und ihr Betrieb.** Allgemeinverständlich dargestellt von **K. E. Th. Schlippe**, Geheimer Regierungsrat. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 114 Abbildungen. In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

---

**Berechnung, Entwurf und Betrieb rationeller Kesselanlagen.** Von **Max Gensch**, Ingenieur. Mit 95 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

---

---

**Kondensation.** Ein Lehr- und Handbuch über Kondensation und alle damit zusammenhängenden Fragen, auch einschließlich der Wasserrückkühlung. Für Studierende des Maschinenbaues, Ingenieure, Leiter größerer Dampfbetriebe, Chemiker und Zuckertechniker. Von **F. J. Weiß**, Zivilingenieur in Basel. Zweite, ergänzte Auflage. Bearbeitet von **E. Wiki**, Ingenieur in Luzern. Mit 141 Textfiguren und 10 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

---

**Die Kondensation der Dampfmaschinen und Dampfturbinen.** Lehrbuch für höhere technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Von Dipl.-Ing. **Karl Schmidt**. Mit 116 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

---

**Ökonomik der Wärmeenergien.** Eine Studie über Kraftgewinnung und -verwendung in der Volkswirtschaft. Von Dipl.-Ing. Dr. **K. B. Schmidt**. Mit 12 Textfiguren. Preis M. 6,—.

---

**Technische Thermodynamik.** Von Prof. Dipl.-Ing. **W. Schüle**. Zweite, erweiterte Auflage der „Technischen Wärmemechanik.“ Erster Band: Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst technischen Anwendungen. Mit 223 Textfiguren und 7 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 12,80.

---

**Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf.** Von Dr. **R. Mollier**, Professor an der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit 2 Diagrammtafeln. Preis M. 2,—.

---

**Der Entropiesatz oder der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie.** Von Dr. phil. **H. Hort**, Dipl.-Ing. in Dortmund. Mit 6 Textfiguren. Preis M. 1,—.

---

**Die Entropietafel für Luft** und ihre Verwendung zur Berechnung der Kolben- und Turbo-Kompressoren. Von Professor **P. Ostertag** in Winterthur. Mit 11 Textfiguren und 2 Tafeln. Preis M. 2,80.

---

**Die Entropie-Diagramme der Verbrennungsmotoren** einschließlich der Gasturbine. Von Dipl.-Ing. **P. Ostertag**, Professor am Kantonalen Technikum Winterthur. Mit 17 Textfiguren. Preis M. 1,60.

---

**Dampfkessel-Feuerungen zur Erzielung einer möglichst rauchfreien Verbrennung.** Von **F. Haier**. Zweite Auflage. Im Auftrage des Vereins deutscher Ingenieure bearbeitet vom Verein für Feuerungsbetrieb und Rauchbekämpfung in Hamburg. Mit 375 Textfiguren, 29 Zahlentafeln und 10 lithographischen Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

---

**Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes** nebst 87 Tabellen, Diagrammen, Rechnungsbeispielen sowie einem Anhang über allgemeine Wärmetechnik. Von Dr.-Ing. **Georg Herberg**, Stuttgart. Mit 54 Textabbildungen. In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

---

**Die Heizerschule.** Vorträge über die Bedienung und den Betrieb von Dampfkesseln. Von **F. O. Morgner**, Königlicher Gewerbeinspektor, Leiter des Heizerunterrichtes in Chemnitz. Mit 147 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 2,80.

---

---

**Die Wasserkräfte, ihr Ausbau und ihre wirtschaftliche Ausnutzung.**

Ein technisch-wirtschaftliches Lehr- und Handbuch. Von Dr.-Ing. **Adolf Ludin**, Großherzogl. Bauinspektor. In zwei Bänden. Mit 1087 Abbildungen im Text und auf 11 Tafeln. Preisgekrönt von der Kgl. Akademie des Bauwesens in Berlin. In Leinwand gebunden Preis M. 60,—.

---

**Bau großer Elektrizitätswerke.** Von Prof. Dr. **G. Klingenberg**. Mit 180 Textabbildungen und 7 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

---

**Stromtarife für Großabnehmer elektrischer Energie.** Von Dr.-Ing. **E. Fleig**. Mit 55 Textfiguren. Preis M. 6,—; in Leinwand gebunden M. 7,—.

---

**Die Stromversorgung der Großindustrie.** Von Dr.-Ing. **H. Birrenbach**. Mit 27 Textfiguren. Preis M. 5,—; in Leinwand gebunden M. 6,—.

---

**Die elektrische Kraftübertragung.** Von Dipl.-Ing. **Herbert Kyser**, Oberingenieur. I. Band: Die Motoren, Umformer und Transformatoren. Ihre Arbeitsweise, Schaltung, Anwendung, und Ausführung. Mit 277 Textfiguren und 5 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 11,—.

---

**Elektrische Starkstromanlagen.** Maschinen, Apparate, Schaltungen, Betrieb. Kurzgefaßtes Hilfsbuch für Ingenieure und Techniker sowie zum Gebrauch an technischen Lehranstalten. Von Dipl.-Ing. **Emil Kosack**, Oberlehrer an den Kgl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Magdeburg. Mit 259 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

---

**Elektrische Energieversorgung ländlicher Bezirke.** Bedingungen und gegenwärtiger Stand der Elektrizitätsversorgung von Landwirtschaft, Landindustrie und ländlichem Kleingewerbe. Von **Walter Reißer**, Dipl.-Ing. in Stuttgart. Preis M. 2,80.

---

**Torfkraft.** Untersuchungen über den Wert des Torfes als Energiequelle und Vorschläge für seine Nutzung für Großkraftwerke. Von **F. Bartel**, Regierungsbaumeister a. D. Mit 109 Textabbildungen. Preis M. 6,—; in Leinwand gebunden M. 6,80.

---

**Die Turbinen für Wasserkraftbetrieb.** Ihre Theorie und Konstruktion. Von **A. Pfarr**, Geh. Baurat, Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der Großherzogl. Techn. Hochschule zu Darmstadt. Zweite, teilweise umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 548 Textfiguren und einem Atlas von 62 lithographierten Tafeln. In zwei Leinwandbände gebunden Preis M. 40,—.

---

**Die Zentrifugalpumpen mit besonderer Berücksichtigung der Schaufel-schnitte.** Von Dipl.-Ing. **Fritz Neumann**. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 221 Textfiguren und 7 lithographierten Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

---

**Wasserkraftmaschinen.** Ein Leitfaden zur Einführung in Bau und Berechnung moderner Wasserkraftmaschinen und -Anlagen. Von Dipl.-Ing. **L. Quantz**, Oberlehrer an der Kgl. Höheren Maschinenbauschule zu Stettin. Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 159 Textfiguren. In Leinwand gebunden Preis M. 4,—.

---

---

**Großgasmaschinen.** Ihre Theorie, Wirkungsweise und Bauart. Von **Heinrich Dubbel**, Ingenieur. Mit 400 Textfiguren und 6 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

**Entwerfen und Berechnen der Dampfmaschinen.** Ein Lehr- und Handbuch für Studierende und angehende Konstrukteure. Von **Heinrich Dubbel**, Ingenieur. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 470 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

**Die Gasmaschine.** Ihre Entwicklung, ihre heutige Bauart und ihr Kreisprozeß. Von **R. Schöttler**, Geh. Hofrat, o. Prof. an der Herzogl. Techn. Hochschule zu Braunschweig. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Mit 622 Figuren im Text und auf 12 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

**Die Dampfturbinen.** Mit einem Anhang über die Aussichten der Wärmekraftmaschinen und über die Gasturbine. Von Dr. phil. Dr.-Ing. **A. Stodola**, Professor am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich. Vierte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 856 Textfiguren und 9 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 30,—.

**Hilfsbuch für den Maschinenbau.** Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Von **Fr. Freytag**, Professor, Lehrer an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Vierte, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 1108 in den Text gedruckten Figuren, 10 Tafeln und einer Beilage für Österreich.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—; in Ganzleder gebunden M. 12,—.

**Die ortsfesten Kolbendampfmaschinen.** Ein Lehr- und Handbuch für angehende und ausübende Konstrukteure. Von Professor **Fr. Freytag**, Kgl. Baurat, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Mit 319 in den Text gedruckten Figuren und 18 Tafeln.

Preis M. 14,—; in Leinwand gebunden M. 16,—.

**Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren.** Handbuch für Konstrukteure und Erbauer von Gas- und Ölkraftmaschinen. Von **Hugo Güldner**, Oberingenieur, Direktor der Güldner-Motoren-Gesellschaft in München. Dritte, bedeutend erweiterte Auflage.

Unter der Presse.

**Die flüssigen Brennstoffe, ihre Gewinnung, Eigenschaften und Untersuchung.** Von Dr. **L. Schmitz**, Chemiker. Mit 56 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 5,60.

**Theorie und Konstruktion der Kolben und Turbokompressoren.**

Von Dipl.-Ing. **P. Ostertag**, Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Mit 266 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 11,—.

**Die Gebläse.** Bau und Berechnung der Maschinen zur Bewegung, Verdichtung und Verdünnung der Luft. Von **A. von Ihering**, Kaiserl. Geh. Regierungsrat. Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 643 Textfiguren und 8 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

---

**Fabrikorganisation, Fabrikbuchführung und Selbstkostenberechnung der Firma Ludw. Loewe & Co., Aktiengesellschaft, Berlin.** Mit Genehmigung der Direktion zusammengestellt und erläutert von **J. Lillenthal**. Mit einem Vorwort von Dr.-Ing. G. Schlesinger, Berlin. Zweite, neubearbeitete und verbesserte Auflage unter der Presse.

---

**Die Gesamtorganisation der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G.** Von Ingenieur **Richard Blum**, Direktor der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G., Berlin. (Sonderdruck aus „Technik und Wirtschaft“ 1911, Heft 3 und 4.) Preis M. 1,50.

---

**Selbstkostenberechnung im Maschinenbau.** Zusammenstellung und kritische Beleuchtung bewährter Methoden mit praktischen Beispielen. Von Dr.-Ing. **Georg Schlesinger**, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 110 Formularen. In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

---

**Der Fabrikbetrieb.** Praktische Anleitungen zur Anlage und Verwaltung von Maschinenfabriken und ähnlichen Betrieben sowie zur Kalkulation und Lohnverrechnung. Von **Albert Ballewski**. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage bearbeitet von **C. M. Lewin**, beratender Ingenieur für Fabrik-Organisation in Berlin. In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

---

**Die Betriebsleitung, insbesondere der Werkstätten.** Autorisierte deutsche Ausgabe der Schrift: „Shop management“ von **Fred. W. Taylor**, Philadelphia. Von **A. Wallichs**, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen. Dritte, vermehrte Auflage unter der Presse.

---

**Werkstättenbuchführung für moderne Fabrikbetriebe.** Von **C. M. Lewin**, Diplom-Ingenieur. In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

---

**Die Technik des Bankbetriebes.** Ein Hand- und Lehrbuch des praktischen Bank- und Börsenwesens. Von **Bruno Buchwald**. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage. In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

---

**Die Inventur. Aufnahmetechnik, Bewertung und Kontrolle.** Für Fabrik- und Warenhandelsbetriebe dargestellt von **Werner Grull**, beratender Ingenieur für geschäftliche Organisation und technisch-wirtschaftliche Fragen, beidigter und öffentlich angestellter Bücherrevisor, Erlangen. Preis M. 6,—; in Leinwand gebunden M. 7,—.

---

**Die Verwaltungspraxis bei Elektrizitätswerken und elektrischen Straßen- und Kleinbahnen.** Von **Max Berthold**, Bevollmächtigter der Continentalen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen und der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert & Co. in Nürnberg. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.