

HANDBIBLIOTHEK
FÜR BAUINGENIEURE
HERAUSGEGEBEN VON ROBERT OTZEN

LINIENFÜHRUNG

VON

ERICH GIESE · OTTO BLUM
KURT RISCH

Handbibliothek für Bauingenieure

Ein Hand- und Nachschlagebuch
für Studium und Praxis

Herausgegeben

von

Robert Otzen

Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule
zu Hannover

II. Teil. Eisenbahnwesen und Städtebau. 2. Band:

Linienführung

von

**Erich Giese, Otto Blum
und Kurt Risch**



Berlin

Verlag von Julius Springer

1925

Linienführung

Von

Erich Giese **Otto Blum**

Dr.-Ing., ord. Professor a. D.

Dr.-Ing., ord. Professor an der
Techn. Hochschule zu Hannover

und

Kurt Risch

Dr.-Ing., ord. Professor an der
Techn. Hochschule zu Hannover

Mit 184 Textabbildungen



Berlin

Verlag von Julius Springer

1925

ISBN-13:978-3-642-89102-1 e-ISBN-13:978-3-642-90958-0
DOI: 10.1007/978-3-642-90958-0

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1925 by Julius Springer in Berlin.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1925

Vorwort.

Unter „Trassieren“ versteht man zunächst das Aufsuchen und Festlegen eines Verkehrswegs — einer „Trasse“. Handelt es sich dabei um einen natürlichen Weg, der also nicht gebaut zu werden braucht (wie bei den Naturpfaden für Fußgänger, Reiter, Tragtiere, bei dem größten Teil der Schifffahrt und in der Luftfahrt), so ist das Trassieren damit beendet, daß der Weg erkundet wird, daß seine geographischen, klimatischen und politischen Verhältnisse und die dem Verkehr günstigen und ungünstigen Umstände erforscht werden, daß er in Karten und Beschreibungen (z. B. Segelanweisungen) festgelegt und u. U. noch markiert wird. Handelt es sich aber um einen künstlichen Weg, der also noch gebaut werden muß, so geht die Aufgabe des Trassierens weiter. Man versteht dann nämlich darunter alle Arbeiten, die erledigt sein müssen, bevor mit der Bauausführung begonnen werden kann, so daß hierfür die Bezeichnung „Vorarbeiten“ geprägt worden ist.

In diesem Sinn umfassen das „Trassieren“ oder die „Vorarbeiten“ folgende wichtigste Arbeitsgebiete:

Die klare Bestimmung des Zwecks des Weges, also seiner wirtschaftlichen, u. U. auch der politischen oder strategischen Bedeutung; dieser Teil ist vorwiegend volkswirtschaftlicher Natur.

Die Bestimmung der Art des Weges, z. B. ob Kanal oder Eisenbahn oder Landstraße und innerhalb der ermittelten Hauptart der Unterart, z. B. ob Haupt-, Neben- oder Kleinbahn.

Die Klärung der wichtigsten verkehrstechnischen Grundlagen (Zuggewicht, Geschwindigkeit, Spurweite, Zahl der Streckengeleise, Steigungen, Krümmungen); diese Arbeiten sind bau- und maschinentechnischer Natur.

Die Festlegung der Linie in Karten und im Gelände; hier spielen die feldmesserischen Arbeiten eine große Rolle; sie gliedern sich in die Geländeaufnahmen, auf Grund deren die Linie festgelegt wird, und die Absteckungen, mittels deren die in den Plänen festgelegte Linie in das Gelände übertragen wird. In diese Arbeiten greifen aber schon die Vorbereitungen für die Erdarbeiten (Massen-Ermittlung und -Verteilung) stark ein.

Die Ertragsberechnung; hierzu ist die Ermittlung der (gesamten!) Jahreskosten (Selbstkosten) und der Einnahmen, insbesondere also auch der voraussichtlichen Verkehrsgrößen erforderlich.

Die Erwirkung der Genehmigung durch die das Geld gebenden Körperschaften und die Aufsichtsbehörden.

Die Planfeststellung (landespolizeiliche Prüfung) zur Sicherstellung der Belange der „Anlieger“.

Die Durchführung des Grunderwerbs.

Die Arbeiten sind also recht umfangreich und vielseitig. Zu ihrem wesentlichsten Teil fallen sie aber in das Gebiet des Bauingenieurs, dem daher die Leitung und Verantwortung zu übertragen ist. Bei gewissen Teilgebieten ist er aber auf das Zusammenarbeiten mit den entsprechenden anderen Berufen angewiesen: der Maschineningenieur muß die günstigsten Lokomotivarten bestimmen (besonders bei Gebirgs- und Schmalspurbahnen), der Geodät muß schwierige Aufnahmen und Absteckungen (z. B. für längere Tunnel) durchführen, der Geologe muß Bodenarten und Wasserverhältnisse prüfen, der Jurist muß die aus dem Grunderwerb sich ergebenden Streitigkeiten durchführen. Falsch aber ist es, wenn man auch hier in den ebenso beliebten, aber verhängnisvollen Fehler verfällt, „Technik“ und „Wirtschaft“

als zwei verschiedene Dinge anzusehen und dem „Techniker“ nur die „Technik“ oder die „technischen Einzelheiten“ zu überlassen, die „wirtschaftlichen“ Fragen aber einem anderen zu übertragen. Technik und Wirtschaft sind eine Einheit, und das Trassieren ist in seinen wesentlichsten Teilen „technisch-wirtschaftlicher“ Natur, und alles, was mit der Selbstkostenermittlung zu tun hat, also das „Privatwirtschaftliche“, kann überhaupt nur der trassierende Ingenieur bearbeiten, und von dem „Volkswirtschaftlichen“ versteht er in diesem Fall mindestens ebensoviel wie jeder andere.

Man muß aber die Ansicht bekämpfen, als ob das Trassieren im Aufsuchen und Festlegen der von Fall zu Fall erforderlichen einen Linie bestehe. Von höherer Warte betrachtet, heißt Trassieren die Ermittlung der für ein bestimmtes Gebiet (Land, Staat) insgesamt erforderlichen Verkehrswege, also die Festlegung von Verkehrsnetzen. Im kleinsten Rahmen entsteht diese Aufgabe z. B. für das Kleinbahnnetz eines Landkreises (sofern dieser eine verkehrsgeographische Einheit ist), oder für das Straßenbahnnetz einer Stadt; sie war auch ständig im Stellungskrieg zu lösen, indem man nicht einzelne Feldbahnlinien bauen durfte (wie es leider oft geschehen ist), sondern ganze Frontbahnnetze entwerfen mußte. Im großen Rahmen kann die Aufgabe für die Eisenbahn jetzt allerdings nur noch in Kolonialgebieten notwendig werden; dagegen brauchen wir z. B. in Deutschland dringend den Entwurf für das Binnenwasserstraßennetz, damit wir klar sehen können, was von den vielen hoffnungsfreudigen Vorschlägen brauchbar bleibt, und ein klares Programm erhalten über das Bauwürdige, den Kostenaufwand und die Reihenfolge der Dringlichkeit.

Aber auch für Länder mit schon hochentwickeltem Eisenbahnnetz ist das Trassieren in Form eines ganzen Netzes erforderlich, um nämlich darüber Klarheit zu gewinnen, welche Fehler in dem vorhandenen Netz enthalten sind, und wie noch durch Bau neuer Linien, Verbesserung der bestehenden Linien (und Bahnhöfe) und bessere Fahrpläne Fehler beseitigt oder wenigstens gemildert werden können. Das ist besonders dort notwendig, wo man früher den Fehler begangen hat, hier eine Linie und dort eine Linie zu bauen, die dann zu teilweise höchst unglücklichen „durchgehenden Linien“ und Netzen zusammengewachsen sind, anstatt das ganze Netz aus einem Guß heraus zu entwerfen. Für Deutschland hatte List ein solches Netz entworfen, aber man hat sich leider nicht daran gekehrt, sondern jeder Staat hat nur für sich — und oft genug zum Tort der Nachbarn — gebaut, und an dieser Zersplitterung krankt das deutsche Eisenbahnwesen noch heute, und zwar mehr als sogar die meisten Fachleute wissen oder wenigstens zugeben wollen. Weil alle Karten, mit Ausnahme der physischen und geologischen, die Hauptlinien mit enthalten und weil wir ständig Eisenbahnkarten vor Augen haben, glauben wir, daß dies Netz zweckmäßig sei, und wir nehmen es als etwas Gegebenes, Unabänderliches hin, anstatt einmal zu fragen, ob es denn auch den natürlichen, wirtschaftlichen, politischen usw. Grundlagen entspricht und völkisch und sozial gesund ist. Gerade hier ist aber eine Kritik dringend geboten, denn es gibt noch vieles zu bessern. Es ist keine theoretische Spielerei, wenn wir jetzt — nachträglich! — ein richtiges deutsches Eisenbahnnetz entwerfen; denn es muß und es kann nachgebessert werden, und es darf nicht wieder vorkommen, wie es noch in jüngster Zeit geschehen ist, daß eine Linie, die das Schlußstück in einer wichtigen Hauptdurchgangslinie darstellt, als Nebenbahnchen trassiert und gebaut wird, weil man beim Trassieren nur im Rahmen der einzelnen Linie statt im Rahmen des ganzen Netzes gedacht hat.

Das Trassieren ist nicht nur Wissenschaft; es ist eher eine Kunst, denn das Schöpferische ist das Wesentliche. Zum Trassieren gehören gründliche Kenntnisse in Bau, Betrieb und Verkehr und Verständnis für maschinen-

technische und geologische Fragen; aber sie sind nur das Rüstzeug, auf das sich der schöpferische Geist stützt. Zum Trassieren gehört ferner ein hohes Maß von geographischen Kenntnissen, aber nicht etwa nur über die betreffende Gegend, sondern über die Allgemeinerscheinungen aller Zweige der Geographie einschließlich der Klimakunde. Zum Trassieren gehört ein geschultes, scharf blickendes Auge, das ein Gelände in seinen natürlichen Gegebenheiten, in seinen günstigen und ungünstigen Einwirkungen auf den künftigen Weg sicher einzuschätzen weiß, aber leider haben wir uns als „Bücher- und Kartenmenschen“ so weit von der Natur entfernt, daß die meisten in der Natur, im Gelände, überhaupt nicht mehr sehen können. Zum Trassieren gehört ferner ein hohes Verständnis für wirtschaftliche Fragen, besonders für Entwicklungsmöglichkeiten, man möchte sagen eine Witterung, ein kaufmännischer Instinkt für schlummernde, durch den Verkehr aber zu weckende wirtschaftliche Kräfte. Zum Trassieren gehört schließlich sehr viel Lust und Liebe, Schaffensdrang, Mut zum Entschluß, Verantwortungsfreude und außerdem — eine robuste Gesundheit und körperliche Gewandtheit.

Indem wir das „Trassieren“ in diesem umfassenden Sinne auffassen, weichen wir von der bisherigen Behandlung des Stoffes in den Lehrbüchern und Vorträgen erheblich ab. Insonderheit schalten wir gewisse Teilgebiete, die mit dem eigentlichen Trassieren nur wenig zu tun haben, aus oder behandeln sie nur andeutungsweise, so die feldmesserischen Arbeiten, denn sie gehören einer besonderen Wissenschaft an, ebenso die Erdmassen-Ermittlung und -Verteilung. Sie erschöpfend zu behandeln, wäre in dem Rahmen des gewiesenen Umfanges auch nicht möglich gewesen.

Andererseits haben wir den verkehrsgeographischen Fragen einen breiten Raum eingeräumt, denn das Trassieren ist „praktische Geographie“; die Geographie wird aber leider in der Schule so vernachlässigt, daß viele Berufe genötigt sind, die Lücken der Schulbildung nachträglich auszufüllen. Ferner haben wir die grundlegenden Untersuchungen des Altmeisters Launhardt soweit aufgenommen, als der beschränkte Raum dies gestattete. Sodann haben wir das Entwerfen ganzer Verkehrsnetze mit behandelt und das Verkehrsnetz Deutschlands, wie es ist und wie es sein müßte, ausführlich erörtert.

Schließlich sind auch einige Gebiete behandelt worden, die vielleicht über den Begriff der Linienführung hinausgreifen, wie z. B. die Abhandlung über die bautechnischen Vorschriften und Gestaltung der Bahnanlage, über Schutzanlagen und über die Lage der Bahn zu anderen Verkehrswegen. Um eine Unstimmigkeit in jedem Falle zu vermeiden, ist daher auch mit der Bezeichnung des Teiles B „Linienführung und allgemeine Bahnanlage“ der Gesamtrahmen dieses Teiles gegenüber anderen ähnlichen Werken ein wenig weiter gezogen.

Soweit behördliche Bestimmungen und ähnliches mitgeteilt sind, ist vielfach auf die Vorschriften der ehemaligen preußisch-hessischen Staatsbahnen zurückgegriffen worden. Die Bearbeitung des Bandes war im wesentlichen bereits 1914 abgeschlossen, die Überarbeitung fiel in die politische Umgestaltung Deutschlands. Allgemeine Reichsvorschriften liegen auch zurzeit auf vielen Gebieten noch nicht vor.

Berlin, Hannover, Braunschweig, Dezember 1924.

Giese. Blum. Risch.

Inhaltsverzeichnis.

A. Eisenbahngeographie.

Von Professor Dr.-Ing. O. Blum.

	Seite
Einleitung	1
1. Die Stellung der Verkehrsgeographie zu den anderen Zweigen der Geographie	3
2. Gründe, Arten und Forderungen des Verkehrs	5
3. Die Stellung der Verkehrsmittel zur Natur und zu den Forderungen des Verkehrs	7
4. Die Gesamtanordnung der Verkehrsnetze	7
5. Die Änderungen in den Verkehrswegen	10
6. Verkehrsfreunde und Verkehrsfeinde	13
A. Die für den Verkehr wichtigsten geographischen Gebilde	15
1. Die flächenhaften Gebilde	15
a) Der Raum	15
b) Die Lage	17
c) Inseln und Halbinseln	19
d) Die Höhenlage	22
2. Die linienhaften Gebilde, — „Bänder“	24
a) Die Küsten	24
b) Die Flüsse	30
c) Die Gebirge	34
d) Die Täler	38
e) Die Grenzen	44
f) Die durch Bodenschätze ausgezeichneten Linien	47
3. Die punkthaften Gebilde. — Die Siedlungen. — Vorbemerkung	48
a) Der natürliche Entwicklungsgang der landwirtschaftlichen Siedlungen	49
b) Die Schutzlage	52
c) Die wirtschaftlichen Werte	54
d) Vom Werden und Vergehen der Siedlungen	56
B. Die Eisenbahngeographie Deutschlands (Mitteleuropas)	65
1. Die wichtigsten geographischen Erscheinungen des Weltverkehrs	65
2. Die Stellung Europas	67
a) Mitteleuropa	71
b) Deutschland	80
Literatur zu Eisenbahngeographie	93

B. Linienführung und allgemeine Bahnanlage.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese.

I. Einleitung ¹⁾	97
1. Begriff	97
2. Einteilung	98
3. Vorschriften und Vereinbarungen	100

¹⁾ Die Abschnitte I, II und IX sind von Professor Dr.-Ing. K. Risch bearbeitet.

	Seite
II. Wirtschaftliche Erwägungen ¹⁾	102
1. Abgrenzung des Verkehrsgebietes	102
a) Feststellung der von der Bahn zu berührenden Ortschaften und der Lage der Bahnhöfe	102
b) Feststellung der wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse des zu erschließenden Landstrichs	103
2. Feststellung des zu erwartenden Verkehrs	104
a) Personenverkehr	104
b) Güterverkehr	106
3. Die Einnahmen aus dem Verkehr und die Ausgaben	110
a) Einnahmen	110
b) Ausgaben	111
4. Die Bauwürdigkeit, die Wahl der Bahngattung und der Spurweite	112
a) Ertrag und Bauwürdigkeit	112
b) Die Wahl der Bahngattung und der Spurweite	113
III. Eisenbahnfahrzeuge	114
1. Eisenbahnwagen	114
a) Allgemeines	114
b) Personenwagen	119
c) Güterwagen	121
2. Lokomotiven und Tender	124
a) Allgemeines	124
b) Lokomotivkessel	125
c) Dampfmaschine	126
d) Lokomotivrahmen	128
e) Gebräuchliche Lokomotivgattungen	129
f) Schlepptender	133
3. Eisenbahntriebwagen	134
4. Elektrische Zugförderung	134
a) Stromzuführung (oberirdische, unterirdische, Bahnen mit dritter Schiene)	134
b) Stromsysteme (Gleich-, Dreh- und Wechselstrom)	136
c) Antriebfahrzeuge (Triebwagen, elektrische Lokomotiven, Akkumulatortriebwagen)	139
d) Vorteile der elektrischen Zugförderung gegenüber dem Dampftrieb	140
IV. Betriebstechnische Grundlagen der Linienführung	142
1. Bewegungswiderstände der Eisenbahnfahrzeuge	142
a) Laufwiderstand	143
b) Krümmungswiderstand	150
c) Steigungswiderstand	153
d) Gesamtbewegungswiderstand	153
2. Lokomotivleistung	154
a) Zugkraft aus der Kessel- und Maschinenleistung	155
b) Zugkraft mit Rücksicht auf die Reibung	158
c) Zugkraft beim Anfahren	160
d) Beispiele für die allgemeine Berechnung. Belastungstabellen	162
3. Einfluß der Neigungen und Krümmungen auf den Betrieb	165
a) Zweckmäßigste Steigung	165
b) Grenzneigung	167
c) Maßgebende Steigung	167
d) Durchschnittsneigung	170
e) Bremsgefälle, schädliche und unschädliche Neigung	172
f) Verlorene Steigung	174
g) Anlaufsteigung	176
h) Bremsen der Züge, der Bremsweg	177
4. Anlage der Stationen mit Rücksicht auf den Betrieb	180
a) Kreuzungsstationen	180
b) Überholungsstationen	181
c) Bekohlungsanlagen, Wasserwerke und Lokomotivstationen	181

¹⁾ vgl. Anmerk. S. VIII.

	Seite
V. Bautechnische Vorschriften und Gestaltung der Bahnanlage . . .	184
1. Spurweite	184
2. Zahl und Benutzung der Streckengleise	191
a) ein- und zweigleisige Strecken	191
b) drei- und viergleisige Strecken	192
c) Strecken mit mehr als vier Gleisen	200
3. Wahl der Neigungsverhältnisse	200
4. Wahl der Krümmungshalbmesser	205
5. Gleislage in Krümmungen	208
a) Spurerweiterung	208
b) Überhöhung der äußeren Schiene	210
c) Herstellung der Überhöhung und Übergangsbögen	213
d) Korbbögen; Gegenkrümmungen	219
6. Umgrenzung des lichten Raumes	221
7. Gleisabstände auf der freien Strecke	225
8. Ruhender Raddruck; Tragfähigkeit des Oberbaues und der Brücken	227
a) Ruhender Raddruck	227
b) Tragfähigkeit des Oberbaues	227
c) Tragfähigkeit der Brücken	228
9. Breite des Bahnkörpers	229
10. Bauliche Anlage der Stationen	230
VI. Grundsätze für die Linienführung	235
1. Künstliche Längenentwicklungen	236
a) Spitzkehren	236
b) Bogenkehren und Doppelschleifen	239
c) Seitentalkehren	241
d) Schlingen	243
e) Schnecken	245
2. Überwindung größerer Höhen und Überschreitung von Wasserscheiden	245
a) Überwindung größerer Höhen	248
b) Überschreitung von Wasserscheiden	256
3. Grundsätze für die Anlage und Sicherung der Bahn	259
a) Rücksichten auf den Grunderwerb und auf fremde Interessen	259
b) Lage und Anordnung der Bahn mit Bezug auf die Bodenverhältnisse und die Geländegestaltung	261
c) Sicherung der Bahn gegen Wasser	265
d) Lage der Bahn und der Bahnhöfe zu den Ortschaften	269
4. Neuzeitliche Aufgaben der Linienführung	271
a) Verbesserung der Linienführung und der Bahnanlage bereits vorhandener Bahnen	271
b) Vermehrung der Streckengleise	274
c) Umgestaltung und Erweiterung vorhandener Bahnhofsanlagen	275
d) Beseitigung der Wegübergänge in Schienenhöhe	278
e) Einrichtung der elektrischen Zugförderung	278
f) Bau von Neben- und Kleinbahnen, Bergbahnen, Straßen-, Stadt- und Vorortbahnen, Städtebahnen und Massengüterbahnen	279
g) Kolonialbahnen	280
VII. Schutzanlagen	281
1. Schutzanlagen gegen angrenzende Grundstücke	281
2. Sicherung gegen Feuer und Windbruch	281
a) Abwendung von Feuergefahr bei der Errichtung von Gebäuden und der Lagerung von Stoffen	281
b) Sicherheitsstreifen gegen Feuer und Wind	282
3. Schneeschutzanlagen	285
a) Vermeidung flacher Einschnitte und niedriger Aufträge	288
b) Abflachen der Einschnittsböschungen	288
c) Abfangen des Schnees durch Aufforstungen	288
d) Hohe Schutzwälle, um den Schnee über das Gleis hinweg zu führen	289
e) Verbreiterung des Einschnittes	289

	Seite
f) Aufstellen von festen und versetzbaren Schneewehren	289
g) Schneeschutzdächer	293
h) Schneeräumungsarbeiten	294
4. Schutzanlagen gegen Flugsandverwehungen	295
5. Schutzanlagen gegen Lawinen	296
a) Aufforstungen	297
b) Lawinerverbauungen durch Verpfählungen und Schneefänge	297
c) Leitwerke	298
d) Lawinenschutzdächer	298
6. Schutzanlagen gegen Steinfälle	298
VIII. Lage der Bahn zu anderen Verkehrswegen	299
1. Kreuzung zweier Eisenbahnen	299
2. Wegeanlagen	203
a) Mitbenutzung öffentlicher Wege durch die Bahn	303
b) Kreuzung von Bahnen mit Wegen	304
c) Wegübergänge in Schienenhöhe	308
d) Wegunterführungen	311
e) Wegüberführungen	317
f) Eigentumsverhältnisse und Unterhaltung der Wege	319
g) Ablösung von Wegebauverpflichtungen	323
3. Kreuzung von Bahnen mit Wasserstraßen	326
IX. Bau- und Betriebskosten ¹⁾	327
1. Baukosten	327
Beispiel für die Aufstellung eines Kostenanschlages	339
2. Betriebskosten	347
a) Aufstellung der Betriebsausgaben für Ertragsberechnungen	347
b) Aufstellung der Betriebsausgaben für Vergleichsrechnungen	352
3. Einnahmen	365
a) Personen- und Frachtgutverkehr	365
b) Sonstige Einnahmen	366
c) Rückwirkung auf vorhandene Bahnen	367
d) Gesamteinnahmen	367
4. Ertrag	368
X. Ausführung der technischen Vorarbeiten	369
1. Allgemeine Vorarbeiten	369
a) Feststellung der Grundlagen für die Vorarbeiten	369
b) Ermittlung von Versuchslinien unter Benutzung von vorhandenen Plänen	370
c) Geländeaufnahmen und ihre Auftragung	372
d) Aufstellen des Entwurfs auf dem Papier	374
e) Vorgeschriebene Vorlagen	383
2. Ausführliche Vorarbeiten	385
a) Eingehende Aufnahme und Darstellung des Geländes	385
b) Bodenuntersuchungen	388
c) Aufstellung des Bauentwurfs für die Ausführung	389
d) Vorgeschriebene Vorlagen	394
e) Sonstige Arbeiten	394
XI. Geschäftsgang bei der Herstellung von Eisenbahnanlagen	395
1. Geschäftsgang bei der Herstellung von Haupt- und Nebeneisenbahnen	395
a) Genehmigung von Eisenbahnunternehmungen	395
b) Vorläufige Planfeststellung	396
c) Grunderwerb und Enteignungsverfahren	399
d) Betriebseröffnung	402
2. Geschäftsgang bei der Herstellung von Kleinbahnen	404
3. Geschäftsverfahren bei Errichtung von Hochbauten, Fabrikanlagen und ähnl.	406

¹⁾ vgl. Anmerk. S. VIII.

	Seite
XII. Bauausführung einer Eisenbahn	407
1. Die verschiedenen Bauverfahren	407
a) Bauausführung im Eigenbetrieb und durch Unternehmer	407
b) Bauausführung nach Einheitspreisen und gegen Pauschsummen	408
c) Bauausführung durch General- und Einzelunternehmer	409
2. Bauausschreibung und Vergebung	410
a) Arten der Ausschreibung	410
b) Ausschreibungsunterlagen	411
c) Verfahren bei Ausschreibungen und Bauvergaben	417
d) Form der Verträge	418
3. Vorbereitung und Durchführung des Baues	419
Literaturverzeichnis	423
Sachverzeichnis	425

A. Eisenbahngeographie

von

Otto Blum

Eisenbahngeographie.

Von Professor Dr.-Ing. O. Blum, Hannover.

Einleitung.

Wie fast alles im menschlichen Leben, so ist auch der Verkehr in höchstem Maße von der Natur abhängig. Dieser Satz klingt so selbstverständlich, daß man sich scheuen müßte, ihn niederzuschreiben; aber wir haben uns durch das, was wir mit „Kultur“ bezeichnen, das aber kaum mehr als äußerliche Zivilisation ist, so weit von der Natur entfernt, daß wir in allem nur Menschenwitz und Menschenwerk sehen, die natürlichen Grundlagen und Zusammenhänge aber oft nicht mehr erkennen. Für den Verkehr ist die Natur besonders wichtig, denn sie hat die Güter, aus dem Mineral-, Pflanzen- und Tierreich, über die Erde verteilt, die Bedingungen für die Gütererzeugung geschaffen, den Menschen nach Rassen gegliedert, diesen ihre Wohnplätze angewiesen und sie für Wirtschaft und Verkehr verschieden tauglich gemacht.

1. Die Stellung der Verkehrsgeographie zu den anderen Zweigen der Geographie.

Die Beziehungen zwischen Natur und Verkehr werden neben anderen Wissensgebieten von der Verkehrsgeographie untersucht, die einen Teil der geographischen Wissenschaften bildet, aber eines starken Einschlags von technischen und wirtschaftlichen Kenntnissen bedarf.

Allgemein ist die Geographie die Wissenschaft von der Erdoberfläche; sie hat die Aufgabe, „das Zusammensein und die Wechselwirkung der sechs Naturreiche auf der Erdoberfläche: des Festlandes, des Wassers, der Luft, der Pflanzen, der Tiere und der Menschen zu beobachten und ursächlich zu erklären“. Teilgebiete der Geographie sind die physikalische, politische, die Pflanzen-, Tier- und Menschen-Geographie, die Meeres- und die Klimakunde, die Wirtschafts-, Handels-, Siedlungs- und Verkehrsgeographie.

Die Verkehrsgeographie untersucht die Beziehungen zwischen Verkehr und Erdoberfläche. Sie muß dabei von der Verteilung der Güter (einschließlich der Kräfte) und der Menschen ausgehen, die Bestrebungen nach Ortsveränderungen von Menschen und Gütern untersuchen und feststellen, inwieweit die Natur dieser Ortsveränderung günstig oder abhold ist, d. h. welche Wege und welche Verkehrsmittel für jedes Verkehrsbedürfnis möglich und zweckmäßig sind. Die Verkehrsgeographie muß einerseits alle Gebiete der Verkehrstechnik, andererseits alle andern Zweige der Geographie heranziehen, um ihre Aufgabe lösen zu können.

Auszuweichen ist von der physikalischen Geographie. Sie behandelt die festen unveränderlichen rein-natürlichen Größen, die der Mensch nicht (oder nur ganz wenig) beeinflussen kann: die Erdstelle mit ihrem Boden und Klima, ihrer Fruchtbarkeit und mit ihren Bodenschätzen, also mit den natürlichen Erzeugungsgrundlagen (Produktionsfaktoren), ferner mit ihrer Gestaltung (Höhen und Tiefen, Land und Wasser), also mit den natürlichen Grundlagen für die Gestaltung der Verkehrswege. Hierbei reicht die geographische Betrachtung oft nicht aus, weil sie an der Oberfläche haftet, vielmehr muß sie durch die geologische ergänzt werden, weil die Verhältnisse der Tiefe berücksichtigt werden müssen: die „Verkehrsgeologie“ lehrt uns einerseits die Beziehungen zwischen dem Verkehr und den Bodenschätzen (die der Masse nach die überhaupt wichtigsten Güter sind und die stärksten Verdichtungen der Bevölkerung und damit die dichtesten Verkehrsnetze hervorgerufen haben), andererseits gibt sie uns wichtige Weisungen für das Trassieren und den Bau der Verkehrsanlagen, außerdem lehrt sie uns das Werden und Vergehen der geographischen Erscheinungen und deckt damit die Zusammenhänge auf (z. B. von Inselreihen) und sie lehrt uns die Zustände der verschiedenen geologischen Zeiträume erkennen, was dann besonders wichtig ist, wenn der Verkehr die Bildungen mehrerer solcher Zeiträume ausnutzt, wie z. B. in der norddeutschen Tiefebene die gegenwärtigen Flüsse zu Schiffahrtswegen, die diluvialen Täler aber zu Eisenbahnen und Kanälen.

Neben den unveränderlichen, rein-natürlichen Größen stehen die Naturbedingungen, die vom Menschen beeinflussbar sind. Es sind dies: in geringem Maß das Klima, in höherem die Wasserverteilung und Fruchtbarkeit, in besonders hohem die Pflanzen- und Tierwelt. Sie finden ihre Behandlung in der Wirtschafts- und der Handelsgeographie, die u. a. den Erzeugungsstätten, der Verarbeitung und Verteilung der Güter gewidmet sind. Diese beiden Zweige der Geographie stehen der Verkehrsgeographie besonders nahe; sie ist aber nicht etwa ein Teil von ihnen, denn der Verkehr ist nicht nur mit Handel und Wirtschaft, sondern in hohem Maße auch mit dem politischen, religiösen und kulturellen Leben verknüpft.

Den unveränderlichen und den beeinflussbaren Größen tritt der Mensch als eine bewegliche, veränderliche, höchst entwicklungsfähige Größe gegenüber, denn er ist das „anpassungsfähigste Geschöpf“, das einerseits an jeglichem Standort (abgesehen von den äußersten Grenzfällen der Kälte und der trockenen Hitze) leben kann, andererseits für die eigene Ortsveränderung auch die schwierigsten Verkehrshindernisse überwinden kann. Der Mensch findet seine Erörterung in der Anthropogeographie, und in der für den Verkehr besonders wichtigen politischen Geographie. Die Zusammenhänge zwischen Verkehr und Politik sind darin begründet, daß beide zum Teil von denselben geographischen Verhältnissen beherrscht werden: Die Handels- und Verkehrsvölker sind an den verkehrsgeographisch bevorzugten Stellen entstanden, sie sind den natürlichen Verkehrswegen gefolgt, haben die natürlichen Verkehrs-Stützpunkte besetzt und befestigt, haben die Wege entsprechend ausgebaut und gesichert. Ferner sind viele einheitliche Verkehrsflächen (d. h. fest umgrenzte Landteile, wie Inseln, Halbinseln, von Gebirgen umrahmte Ebenen) auch zu Einheitsstaaten geworden. Außerdem ist der Verkehr ein wichtiges politisches und militärisches Machtmittel. Starke Staaten lassen sich also die Pflege des Verkehrs angelegen sein, schwache müssen sich oft gerade im Verkehr die Herrschaft von Fremden gefallen lassen; der starke Staat zieht durch gute Leistungen den Verkehr auf sich, der schwache wird wegen schlechter Wege und unsicherer Zustände vom Verkehr geflohen. Die Politik ist daher eine wichtige Triebfeder für das Werden und Vergehen und die Veränderung der Handelswege.

In Deutschland hat die Politik das Verkehrswesen stark befruchtet in jenen Zeiten, in denen die deutschen Stämme Kultur und Christentum nach Osten vortrugen und in denen die Hanseaten die Randländer der Ost- und Nordsee dem deutschen Handel erschlossen. Später hat die Kleinstaateri den Verkehr schwer gehemmt, insbesondere hat sie das Entstehen eines einheitlichen deutschen Eisenbahnnetzes verhindert. An den bösen Folgen leiden wir noch heute. — Die in der Schmach von Versailles zum Ausdruck kommende Politik ist bewußt auf die Schädigung des deutschen Verkehrs eingestellt.

Im Verkehr scheint die Linie zu herrschen: Der Verkehr folgt Bahnen, die Verkehrswege sind Linien. Wo immer man aber den Bahnen folgt, stößt man auf Punkte, und tatsächlich sind nicht die Linien das Maßgebende, sondern die Punkte, nämlich die Siedlungen. Denn sobald sich der Mensch über den Stand des Nomaden erhob, war das Leben an die Siedlungen gebunden, und der Verkehr hat die Aufgabe, die Siedlungen zu verbinden. Hiermit ist die engste Verbindung zwischen der Verkehrs- und der Siedlungsgeographie gegeben; sie ist so eng, daß beide zu einer Einheit zusammenwachsen. Jede tiefere Erörterung über Verkehrslinien verdichtet sich zu einer Untersuchung, die von Punkten ausgeht; denn der Verkehr ist des Menschen wegen da, und der Mensch ist mit Wohnung und Arbeit an feste Stätten gebunden. Jede Verkehrslinie ist in Wirklichkeit eine Punktreihe, und die Punkte sind wichtiger als die Zwischenlinien: das Seeschiff läuft bestimmte Punkte an, aber den Weg zwischen ihnen ändert es nach Wind, Strömung und Eis; unsere Reisen sind durch die Knotenpunkte bestimmt, welche Linien sie aber benutzen (z. B. zwischen Frankfurt und Basel), kümmert die meisten Reisenden nicht; das Trassieren besteht nicht im Aufsuchen einer Linie, sondern im Festlegen der maßgebenden Punkte, und erst wenn diese (bei Eisenbahnen die Bahnhöfe) festgelegt sind, werden die Zwischenlinien ausgearbeitet. — Es ist auch bezeichnend, daß wir fast alle Wege nach Siedlungen (Städten) oder sonstigen wichtigen Punkten (Gotthard), aber nur ausnahmsweise nach Linien benennen.

Hier sei über die Begriffe „Punkt“ und „Linie“ eingeschaltet: Diese Begriffe sind allerdings meist eindeutig und einwandfrei; jedoch ist jeder Punkt ein (kleiner) Raum und jede Linie ein (schmales) Band. Der Verkehr fließt nicht in Linien, sondern in Bändern und er strömt nicht in Punkten, sondern in kleinen Räumen zusammen. Das Bänderartige tritt uns bei den wichtigsten natürlichen Wegen, den Flüssen und Tälern, klar entgegen: selbst der im engen Felsental zusammengepreßte Fluß hat noch eine gewisse Breite, er hat rechts und links Landstellen, unter Umständen mehrere Fahrrinnen, und er hat immer zwei Ufer, so daß die Eisenbahn die Wahl hat, ob sie die rechte oder linke Seite des „Bandes“ wählen will. Und der Punkt ist immer ein „Raum“: eine Stadt, eine Bucht, ein Gebirgsvorsprung, ein Berg, und die Verkehrswege und Bahnhöfe haben in dem „Punkt“ daher immer noch Möglichkeiten, wo und wie sie angeordnet werden sollen. — Recht fruchtbar ist die militärisch übliche Bezeichnung des nach einer Stadt bezeichneten Raumes, z. B. der „Raum Konstantinopel“.

2. Gründe, Arten und Forderungen des Verkehrs¹⁾.

Zweck des Verkehrs ist die Ortsveränderung von Menschen, Gütern und Nachrichten. Der Verkehr kann die geographischen Entfernungen nicht ausschalten, aber er muß sie überwinden. Hierbei muß er

¹⁾ Die kurzen Andeutungen dieses Abschnittes 2 der Einleitung sind ausführlicher dargestellt in dem Band „Verkehr, Betrieb und Wirtschaft der Eisenbahnen“.

die entgegenstehenden Widerstände, besonders Kosten und Zeit, außerdem die Werteinbußen, Gefahren und Beschwerden möglichst herabmindern.

Die Gründe für Ortsveränderungen — die „Motive des Verkehrs“ — entspringen den anziehenden Kräften des Gleichartigen und Ungleichartigen. Das Gleichartige (in Abstammung, Freundschaft, Staat, Wissenschaft, Religion usw.) erzeugt vor allem den Personen- und Nachrichtenverkehr; das Ungleichartige, besonders in den geographischen (klimatischen) Gegebenheiten und damit in den wirtschaftlichen Grundlagen, erzeugt vor allem den Güterverkehr; denn dieser ist notwendig, weil die Stätten der Gewinnung, der Verarbeitung und des Verbrauchs der Güter sich nicht decken, vergleiche die Gegensätze: Land — Stadt, Ebene — Gebirge, Binnenland — Küste, Agrar- und Industriestaat, Landvolk — Seevolk.

Vielfach entsteht der Verkehr zunächst aus den Belangen des politischen und religiösen Lebens, so daß der Personen- und Nachrichtenverkehr am wichtigsten ist. Aber die hierfür geschaffenen Verkehrseinrichtungen werden schnell von den wirtschaftlichen Kräften und damit für den Güterverkehr in Anspruch genommen, und je mehr das wirtschaftliche Leben sich entfaltet, desto mehr gewinnt der Güterverkehr an Bedeutung. In der Gegenwart wird, von Ausnahmen abgesehen, das Verkehrswesen in erster Linie von den wirtschaftlichen Belangen beherrscht, und der Güterverkehr ist daher die wichtigste Verkehrsart; der Personen- und Nachrichtenverkehr entspringt jetzt zum überwiegenden Teil aus dem Güterverkehr, vgl. die „Geschäftsreisenden“ und den geschäftlichen Nachrichtenverkehr.

Beim Schaffen neuer Linien und bei der Verbesserung vorhandener ist also im allgemeinen von den Forderungen des Güterverkehrs auszugehen; — die überragende Bedeutung des Güterverkehrs kommt im Eisenbahnwesen darin zum Ausdruck, daß die ihm dienenden Bahnhöfe wesentlich größer sind als die des Personenverkehrs.

Die drei Verkehrsarten stellen gewisse Forderungen an den Verkehr und wenden sich daher den Verkehrsmitteln zu, die diese Forderungen am besten befriedigen können:

Der Güterverkehr fordert in erster Linie Billigkeit, er ist aber bescheiden bezüglich Regelmäßigkeit und Pünktlichkeit und noch bescheidener bezüglich der Geschwindigkeit. Nur hochwertige und leicht verderbliche Güter und Tiere beanspruchen hohe Geschwindigkeit, Regelmäßigkeit und Pünktlichkeit, sie können hierfür aber auch mehr bezahlen.

Der Personenverkehr fordert Schnelligkeit, Pünktlichkeit und Regelmäßigkeit, Schutz gegen die Gefahren und Milderung der Unannehmlichkeiten. Zur Befriedigung dieser Ansprüche muß er sich natürlich mit höheren Kosten abfinden.

Der Nachrichtenverkehr fordert Schnelligkeit, Pünktlichkeit und Regelmäßigkeit, braucht aber auf Billigkeit keinen besonderen Wert zu legen. Er steht also dem Personenverkehr sehr nahe.

Dem Nachrichtenverkehr dienen nur insoweit selbständige Verkehrsanstalten, als die Übermittlung durch „Wellen“ (Schall, Licht, Elektrizität) erfolgt. Da Schall und Licht in der Gegenwart nur noch eine geringe Rolle spielen, ist nur die elektrische Nachrichten-Übermittlung etwas Selbständiges; alles andere wird von den übrigen Verkehrsmitteln mit wahrgenommen. Demgemäß ist also auch die „Post“ — ein sehr vieldeutiger Begriff! — kein selbständiges Verkehrsmittel, sondern nur eine Einrichtung, die sich anderer Verkehrsmittel bedient.

Dies vorausgeschickt, gibt es also zwei Hauptarten des Verkehrs: Güter- und Personenverkehr. Im Eisenbahnwesen bringt es die Verkehrsabwicklung und der Betrieb, namentlich in den Bahnhöfen mit sich, daß

zum „Güterverkehr“ gewisse Massenverkehre von Menschen mitgerechnet werden, die mit viel „Gepäck“ reisen, besonders Auswanderer, Sachengänger und Truppen. Andererseits gehören zum Personenverkehr: Reisegepäck, Nachrichten, Expreßgüter und Leichen.

3. Die Stellung der Verkehrsmittel zur Natur und zu den Forderungen des Verkehrs.

Die Natur stellt dem Verkehr vier „Träger“ (Medien) zur Verfügung:

Äther, Luft, Wasser und Land,

und die Verkehrsmittel bedienen sich dieser Träger mittels vier „Einrichtungen“:

Weg, Fahrzeug, Kraft und Stationsanlagen.

Es ist nun zu prüfen, wie sich die Verkehrsmittel mit Rücksicht auf diese vier Einrichtungen zu den Forderungen der Verkehrsarten und zur Natur, also zu den vier Trägern verhalten. In diesem Zusammenhang genügt es aber, nur Land und Wasser und Personen- und Güterverkehr zu betrachten:

Wasser. Das Wasser stellt einen guten, glatten Weg mit geringem Widerstand zur Verfügung, der aber vom Klima stark beeinträchtigt werden kann. Das Fahrzeug (Schiff) kann nach Größe und Ausstattung dem Verkehrsbedürfnis gut angepaßt werden, jedoch setzen die Binnengewässer dem Größtmaß, das Meer dem Kleinstmaß gewisse Grenzen. Das Verhältnis zwischen Nutzlast und toter Last ist günstig. Die Kraft wird vielfach von der Natur gestellt (Gefälle, Wind, Strömung), und der Kraftaufwand ist, abgesehen von der Bergfahrt auf reißenden Flüssen, überhaupt gering. Die Stationsanlagen (Häfen) werden teils von der Natur gestellt, wo nämlich von Schiff zu Schiff umgeschlagen wird, teils sind sie billig zu beschaffen, wo man mit einfachen Ladeanlagen auskommt; sie können aber auch sehr kostspielig werden, wo Kaimauern tief und schwierig zu gründen sind.

Das Wasser ist jeglicher Verkehrsart gewachsen; jedoch wird man es nicht wählen, wenn es auf große Schnelligkeit und Pünktlichkeit ankommt.

Land. Das Land ist insofern der naturgemäße Verkehrs-„Träger“, als der Mensch mit dem größten Teil seiner Wirtschaft auf das Land angewiesen ist. Es ist dabei nach Landweg und Eisenbahn zu unterscheiden.

Beim „Landweg“, vom Feldweg bis zur Großstadtstraße, ist der Weg zu bahnen und zu befestigen; das Fahrzeug kann den Verkehrsforderungen gut angepaßt werden, aber das Verhältnis von Nutzlast zu toter Last ist nicht so günstig wie beim Schiff; die Kraft (Zugtiere, Motor) wird von der Natur nicht unmittelbar gestellt; Stationsanlagen sind nicht erforderlich.

In der Eisenbahn ist alles Kunst. Aber der Kraftaufwand ist gering, die Anpassungsfähigkeit, sowohl an die Forderungen des Verkehrs als auch an das Gelände, ist vollkommen, die Abhängigkeit vom Klima usw. ist klein, Geschwindigkeit, Regelmäßigkeit und Pünktlichkeit sind groß, die Kosten sind — trotz der vielen „Kunst“ — erträglich, sobald die Verkehrsmengen einigermaßen groß sind.

4. Die Gesamtanordnung der Verkehrsnetze.

Die beiden besten Formen des Wasser- und des Landverkehrs und damit die beiden überhaupt wichtigsten Verkehrsmittel sind die Seeschifffahrt und die Eisenbahn. Werden sie einander gegenübergestellt, so ergibt sich:

Die Seeschifffahrt ist mit der Natur innig verknüpft. Das Meer ist eine (fast) überall fahrbare, bequeme, hochleistungsfähige Straße geringen Widerstands. Bei Benutzung des Windes wird auch die Kraft von der Natur gestellt, doch kann dieser Vorteil dem Dampf gegenüber nur mit einem drei- und mehrfachen Zeitverlust erkaufte werden, so daß der Dampfer im allgemeinen wirtschaftlicher und daher bei Vergleichen zugrunde zu legen ist. Jedoch ist der Mensch den gewaltigen Kräften des Meeres gegenüber so schwach, daß er es hinnehmen muß, wie es ihm die gütige oder ungnädige Natur zur Verfügung stellt. Nur in die Häfen und ihre Zufahrten kann und muß er „Kunst“ hineinstecken; außerdem haben ihm merkwürdige geographische Zufälligkeiten es gestattet, an den beiden so wichtigen Stellen von Suez und Panama die schmalen Landengen zu durchstechen. Infolge ihrer starken „Natürlichkeit“, des geringen Widerstandes, der Großräumigkeit der Schiffe und des günstigen Verhältnisses zwischen toter und Nutzlast ist die Seeschifffahrt durch besondere Billigkeit ausgezeichnet.

Die Eisenbahn ist das „künstlichste“ Verkehrsmittel, infolgedessen nicht so billig wie der Seeweg, dafür aber von der Natur fast unabhängig. Sie kann beim heutigen Stand der Technik bei starkem Verkehrsbedürfnis und entsprechend hohen verfügbaren Geldmitteln in Bau und Betrieb auch die größte Ungunst der Natur überwinden. Außerdem ist der Schienenweg auch bei hoher Leistungsfähigkeit sehr schmal, ferner schmiegsam und gegen Steigungen weniger empfindlich; er kann sich daher fein verästeln, bildet aber seiner Natur nach die größten einheitlichen Netze. Die Eisenbahn kann daher innerhalb jeder geschlossenen Landmasse ein einheitliches Verkehrsnetz schaffen, das jeden (wichtigeren) Punkt mit jedem andern verbindet, ohne daß sich das Wesen des Verkehrsmittels ändert, so sehr sich auch Natur, Wirtschaft und Kultur der durchzogenen Gebiete ändern mögen. Sie kann sich ferner sowohl dem kleinen wie dem größten Verkehrsbedürfnis anpassen, weil sie mit kleinen Fahrzeugen arbeitet, diese aber zu langen Zügen zusammensetzt. — Zu den beiden letzten Sätzen sei bemerkt, daß Kohl schon 1841 gesagt hat: ein Verkehrsmittel ist umso vollkommener, je gleichmäßiger es in großen Räumen bleibt und je größere Extreme des Kleinen und des Großen es erlaubt¹⁾.

Da jede Verkehrsart das ihr günstigste Verkehrsmittel wählt, so folgt aus der Gegenüberstellung des durch Billigkeit ausgezeichneten Seeschiffs und der durch Schnelligkeit ausgezeichneten Eisenbahn:

Der Güterverkehr folgt dem billigsten Weg, also dem Seeweg; insbesondere nutzen die wohlfeilen Massengüter soweit wie möglich den Seeweg aus, suchen dagegen den Landweg möglichst abzukürzen. Demgemäß strebt das Seeschiff soweit wie möglich landeinwärts; die großen Seehäfen liegen also in den tiefsten Winkeln der Buchten und in den Mündungen der großen Ströme, so tief landeinwärts, wie die (großen) Seeschiffe überhaupt hinauffahren können (Hamburg, Bremen, Stettin, Genua, Triest, Buenos Aires, Montevideo, Kalkutta).

Der Personen- und Nachrichtenverkehr folgt dagegen dem schnellsten Weg, also der Eisenbahn. Er bleibt also solange wie möglich dem Land treu, und die ihm dienenden Übergangshäfen liegen daher auf den äußersten Vorsprüngen des Landes (Cuxhaven, Bremerhaven, Brindisi).

Hiermit sind bereits zwei Arten der vier Hauptarten von Häfen gekennzeichnet, nämlich 1. die Haupthäfen und 2. die vorgeschobenen Häfen; dazu kommen noch 3. die Anlaufhäfen (besonders an Meerengen

¹⁾ Näheres über das Verhältnis der Eisenbahn zu den andern Verkehrsmitteln siehe Band: „Verkehr, Betrieb und Wirtschaft der Eisenbahnen“.

[Gibraltar], auf Landvorsprüngen [Colombo, Singapore, Kapstadt] und auf landfernen Inseln [Honolulu], 4. die Aus- und Einfuhrhäfen für ein bestimmtes Massengut (Newcastle, Cardiff, Rotterdam); solche Häfen gibt es auch an Binnenwasserstraßen (Ruhrort, Duluth).

Für das Seeschiff sind Umwege infolge der Landvorsprünge einerseits unvermeidlich (Odessa—Gibraltar—Rotterdam, Buenos Aires—Kap Hoorn—Valparaiso), andererseits aber auch erträglich, weil die Kosten gering sind. Bei der Eisenbahn sind Umwege dagegen teuer; sie müssen daher vermieden werden, und das ist auch meist gut möglich, weil die Eisenbahn die Ungunst des Geländes so gut überwinden kann¹⁾.

Da bei den weitgespannten Verkehrsbeziehungen, d. h. im sog. „Weltverkehr“, das Zusammenarbeiten von Seeschiff und Eisenbahn von besonderer Bedeutung ist, kann man aus vorstehenden Angaben folgende Leitlinien für die Gesamtanordnung des Eisenbahnnetzes einer geschlossenen Landmasse ableiten. Die Hauptlinien sind:

1. Strahlen-(Radial-)Linien von den Haupthäfen in das Landesinnere; sie sind bei Kolonialländern, deren ganze Entwicklung von diesen Häfen, also vom Rande aus — „peripherisch“ — erfolgt, besonders wichtig, vgl. die Eisenbahnnetze von Argentinien, Vorderindien, Siam und das werdende Netz Afrikas;

2. Ausläuferlinien nach den vorgeschobenen und den Anlaufhäfen;

3. (Güter-)Linien zwischen den Aus-(und Ein-)fuhrrhäfen und den Kohlen- und Erzbecken usw.;

4. Überlandbahnen („Transkontinental“- , „Pacific“-Bahnen) zur Verbindung der entgegengesetzt liegenden Häfen eines Kontinents (Hamburg—Genua, Sibirische Bahn, Trans Anden-Bahn, Pacific-Bahnen²⁾).

Zu vorstehenden Arten von Eisenbahnlinien kommen noch die hinzu, welche die wichtigen rein-binnenländischen Punkte verbinden, den Kohlen- und Erzfeldern folgen, und die im Innern gelegenen Hauptstädte mit allen Landesteilen verbinden, also von ihnen nach allen Seiten ausstrahlen. Dies ist das Kennzeichen der aus der Mitte — zentral — gewachsenen alten Kulturstaaten, die also in dieser Beziehung einen Gegensatz zu den Kolonialstaaten bilden, vgl. die von Berlin, Paris, Madrid, auch London, Moskau, Wien und Prag ausstrahlenden, den binnenländischen Verkehr betonenden Eisenbahnnetze (bei Berlin und Paris auch für den Wasserverkehr gültig).

Die Gegenüberstellung Seeschiff und Eisenbahn führt auch zu der im Vorstehenden schon andeutungsweise enthaltenen Zweiteilung: Übersee- und Binnenverkehr. Hierbei wird aus dem Wasserverkehr die Binnenschifffahrt und auch die kleinere Küstenfahrt losgelöst und den Landverkehrsmitteln zugeteilt. Dies ist in folgendem begründet:

Der Überseeverkehr wird ständig mehr von so großen Schiffen bedient, daß es teils nicht möglich, teils nicht zweckmäßig ist, mit ihnen die kleinen Küstenorte anzulaufen oder die früher vielleicht gepflegte Fahrt auf den Strömen hinauf aufrechtzuerhalten. Vielmehr drängen Umfang und

¹⁾ Man darf aber auch bei der Eisenbahn die Bedeutung der Umwege nicht überschätzen; Abweichungen von der Luftlinie sind viel kleiner als unser in dieser Beziehung so empfindliches Auge uns vortäuschen möchte; ein gewisser Umweg zur Vermeidung eines verlorenen Gefälles oder zur Berührung eines wichtigen Punktes ist immer gerechtfertigt.

²⁾ Hierbei darf man aber die „transkontinentale“ Bedeutung solcher Bahnen nicht überschätzen, was von Laien so oft geschieht, die sogar von einer entsprechenden Bedeutung von Binnenwasserstraßen sprechen, z. B. von dem Wasserweg von der Nordsee über Rhein—Main—Donau zum Schwarzen Meer! — Die durchschnittliche Reiselänge der Güter ist in Deutschland nur rd. 120 km!

Kostspieligkeit all der Einrichtungen, die für einen großen Seehafen nötig sind, immer mehr dazu, in ihm einen scharfen Schnitt zwischen „Übersee“ und „Binnen“ zu machen. Die Binnenverkehrsmittel (Küstenschiffe, Binnenschiffe, Eisenbahnen und Landwege) können sich gegenseitig Wettbewerb machen, müssen also zum richtigen Zusammenarbeiten gebracht werden, und sie müssen einheitlich an den Überseeverkehr anstoßen, denn sie sind dessen Verteiler und Aufsauger.

Die Unterscheidung nach Übersee und Binnen ist besonders für Europa wichtig, weil es durch die starke Gliederung des Meeres ungewöhnlich gut aufgeschlossen ist, wobei viele Meeresteile so schmal sind, daß sie kaum mehr von einem breiten Strom zu unterscheiden sind und daher auch im Querverkehr mehr und mehr durch durchgehende Eisenbahnen überwunden werden, vgl. die Eisenbahnfähren nach Skandinavien, die kommenden Tunnel unter dem Kanal und dem Bosphorus und die künftige Eisenbahnfähre bei Gibraltar.

5. Die Änderungen in den Verkehrswegen.

Jede Änderung im Klima, dem politischen Leben, der Wirtschaft und in der Verkehrstechnik muß zu Veränderungen der Verkehrswege führen. Von den vielen Ursachen dieser „Verlagerungen“ seien folgende kurz angedeutet¹⁾:

a) Um den besten Verkehrsweg ausfindig zu machen, um also richtig zu trassieren, sind zunächst geographische Kenntnisse erforderlich. Das klingt so selbstverständlich, ist aber gar nicht selbstverständlich. Wir haben allerdings jetzt über die Kulturländer und die Ozeane ein so lückenloses Wissen und so gute Karten, daß schwerwiegende Fehler beim „Trassieren“ nicht mehr vorkommen sollten; aber es sind z. B. im Weltkrieg in Rußland auch von tüchtigen Ingenieuren schwere Fehler im Trassieren gemacht worden, weil die Karten zu schlecht waren²⁾. Wo aber entsprechende Kenntnisse nicht vorliegen, muß oft ein zuerst gewählter Weg später durch einen besseren ersetzt werden. Ungewißheit über die Ferne erfordert außerdem einen recht hohen Mut beim Vordringen; — „illi robur et aes triplex....“

b) Die politischen Verschiebungen setzen sich oft in das Bekämpfen, Vernachlässigen oder völlige Sperren der einen und das Begünstigen der andern Wege um, sie rufen auch neue Wege hervor und verlegen die Grenze und Zollstationen. Hierfür gibt der „Krieg nach dem Krieg“ eine Fülle von Beispielen.

c) Die Verschiebungen im wirtschaftlichen Leben lassen die einen Wege veröden, andere zur Blüte emporsteigen; besonders wichtig sind der Rückgang und das Erliegen bestimmter Erwerbszweige und Nachfragen durch das Aufkommen neuer Stoffe (Ersatz von Salpeter durch Luftstickstoff), das Erliegen von Bergbaubetrieben (z. B. durch die Einfuhr höherwertiger Erze), die Vernichtung von schwachen Wasserkraftbetrieben durch Dampfbetriebe, aber auch das Entstehen neuer starker Wasserkraftbetriebe, das Auffinden von Bodenschätzen oder das Erkennen ihres Wertes (Kali, Braunkohle) und vor allem — worin alle Kräfte ihren Ausdruck finden — die Verschiebungen

¹⁾ Dr.-Ing. Dempwolf: „Die Verlagerung der Verkehrswege am Rand der deutschen Mittelgebirge“. Verkehrstechnische Woche 1912.

²⁾ Übrigens war hier auch eine merkwürdige Unkenntnis in Klima-, Wasser- und Pflanzenkunde zu beobachten: es wurden zur trocknen Jahreszeit Bahnen erkundet und auch gebaut durch Gebiete, denen man schon allein am Pflanzenwuchs ansehen mußte, daß sie nur zeitweilig ausgetrocknete Sümpfe waren; auch Stellen, die klar als durch schwere Schneesverwehungen bedroht zu erkennen waren, wurden als solche nicht erkannt.

der Bevölkerung, die absolute Zunahme der Gesamtbevölkerung, aber die relative Abnahme der ländlichen Bevölkerung. Hierbei ist zu beachten, daß jede Verstärkung der wirtschaftlichen Kraft und der Volksdichte die Anforderungen an den Verkehr in die Höhe schraubt, aber auch die Geldmittel für den Bau neuer, besserer Wege und die Verbesserung des Betriebes zur Verfügung stellt.

d) Die Änderungen der Verkehrstechnik kann man in ihren Auswirkungen auf die Verlagerung der Verkehrswege etwa dahin skizzieren:

Innerhalb desselben Verkehrsmittels wirken die Fortschritte im Sinn der fortschreitenden Ausschaltung der Rastpunkte. Je schwächer das Verkehrsmittel noch ist, desto häufiger muß es nämlich zur Erholung oder Übernachtung eine Rast einlegen. Es sei z. B. zwischen den Punkten A und B der Abb. 1 Seeverkehr (Küstenfahrt) und Landverkehr möglich.

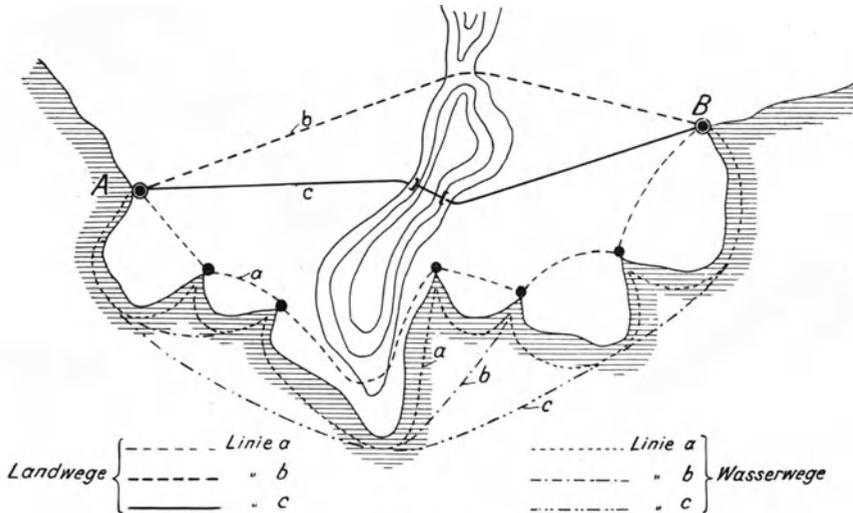


Abb. 1.

Die Küstenfahrt wird:

a) zuerst der Linie a folgen, denn sie wird sich dicht an der Küste halten, weil sie die Küstenferne fürchtet (geringer Wagemut infolge niedriger Stufe der Technik und der geographischen Kenntnisse); sie wird jeden kleinen Hafen anlaufen, weil sie den Verkehr aus jeder kleinen Quelle aufsaugen muß und weil ihr die Überwindung langer Strecken Schwierigkeiten macht;

b) wenn die Güte der Technik (und die Verkehrsmenge) zunimmt, wird sie die kleinsten Häfen überschlagen, also der Linie b folgen;

c) sobald der Durchgangsverkehr zwischen A und B und der Stand der Technik ausreichend ist, werden die großen Schiffe der Linie c, die mittleren der Linie b, die kleinen der Linie a folgen.

Der Landweg (die Eisenbahn) wird:

a) zuerst sich etwa als Kleinbahn als Küstenlinie a von Ort zu Ort weitertasten;

b) dann wird eine Nebenbahn lebensfähig werden, die aber noch einen Umweg machen muß, um den niedrigsten Paß zu benutzen;

c) schließlich wird eine Hauptbahn geschaffen werden, die, den Fortschritt im Tunnelbau ausnutzend, den höher gelegenen Paß untertunnelt, um so gestreckt wie möglich zu verlaufen.

Eine weitere Verschiebung tritt ein, wenn ein neues Verkehrsmittel das alte ablöst. Hierbei ist das neue meist stärker als das alte, braucht es aber nicht zu sein. Es kann sich hierbei um ein und denselben „Träger“ oder um ein einen anderen „Träger“ benutzendes Verkehrsmittel handeln. Zur ersten Gruppe gehört z. B. die Verdrängung des Seglers durch den Dampfer oder des Frachtwagens durch die Eisenbahn oder der Kleinbahn durch die Kraftwagen, zur zweiten der Ersatz des Wasserverkehrs durch den Landverkehr, z. B. der Wettbewerb der Eisenbahn gegen die Binnenschifffahrt.

Die Umwälzungen sind in allen diesen Fällen besonders stark, weil das andersartige Verkehrsmittel auch andern geographischen Gesetzen unterworfen ist und daher von der Natur auf andere Wege und andere Knotenpunkte hingewiesen wird.

Dies sei an den drei wohl wichtigsten Beispielen erläutert:

a) Im Verkehr zwischen Indien und Europa, einem der wichtigsten Verkehre aller Zeiten, sind nacheinander vorzugsweise benutzt worden: Karawanen (im westasiatischen Kulturkreis), Karawanen und Schiffe (von den Römern), Karawanen (von den Arabern), Schiffe um das Kap (von Vasco da Gama an), Schiffe über Suez, und jetzt soll wieder der Landweg zur Blüte kommen. An diesen Verlegungen sind nicht nur einzelne Städte, sondern ganze Völker emporgeblüht und in die Vergessenheit versunken.

b) Die aufkommenden Eisenbahnen haben nicht nur den Frachtwagenverkehr lahmgelegt, sondern auch die „Fuhrleute“ und die „Fuhrmanns-orte“ brotlos gemacht, und damals ist so manches blühende und für das ganze Volk wertvolle Städtchen zur Bedeutungslosigkeit herabgesunken.

c) Die für die Gegenwart bedeutungsvollste Verschiebung ist die in dem Charakter der Seehäfen. Solange die Seeschiffe klein und die Verkehrsmittel des Binnenlandes schwach und teuer waren, war es für ein Land erstrebenswert, möglichst viele Seehäfen zu besitzen, und man konnte auch eine große Zahl bauen und unterhalten, weil sich die kleinen Schiffe mit den kleinen natürlichen Buchten und einfachen Einrichtungen begnügten. Je größer die Schiffe aber wurden, desto mehr Häfen fielen wegen unzureichender Tiefen und schlechter Einrichtungen aus und desto größer wurden in den übrigbleibenden Häfen die Anforderungen an die Hafenausstattung und an die Leistungsfähigkeit der ins Binnenland führenden Wege. Die Vergrößerung der Schiffe führte gleichzeitig zum Zusammenschluß der Reederei zu Großunternehmungen und zur Konzentration des Handels. Schließlich ist der Geldaufwand für Bau und Betrieb eines den Riesendampfern gerecht werdenden Hafens so groß geworden, daß sich die meisten Länder nur einen solchen Hafen leisten können bzw. daß in jedem einheitlichen „Raum“ nur ein Großhafen lebensfähig ist. Ausnahmen sind nur bei ungewöhnlich starkem Verkehr möglich (London und Liverpool, Rotterdam und Antwerpen) oder durch politische Gegensätze zu erklären (Marseille und Genua). Diese Konzentration ist aber nur möglich gewesen, weil gleichzeitig die (von der Natur so unabhängige) Eisenbahn es ermöglicht hat, von dem einen Punkt aus das ganze Land aufzuschließen. Infolgedessen ist jetzt ein hochleistungsfähiger, bestausgestatteter „Riesenhafen“ für ein Land wertvoller als eine Reihe mittelmäßiger Häfen. Der Riesenhafen weist dem ganzen Verkehrsnetz des Landes Richtlinien, denn er ist ein am Rand gelegener Hauptknotenpunkt; Hamburg ist auf dem Weg, der Hafen für Mitteleuropa zu werden, doch entspricht dem noch nicht der Ausbau der Binnenwege, es fehlt der Ausbau der Elbe, der Kanal in die Leipziger Bucht, der Hansakanal, die direkte Hauptbahn nach Hannover — Frankfurt und die Fehmarnlinie.

Diese Konzentration, technisch und wirtschaftlich folgerichtig und unaufhaltsam wirkend, hat ihre guten Folgen für die Verbesserung des Verkehrs und die Seegeltung. Man muß aber auch hier dafür sorgen, daß dadurch keine zu starke Zusammenballung der Bevölkerung entsteht. Diese ist auch gut vermeidbar; denn erstens lassen sich für Sonderzwecke andere Häfen erhalten oder sogar neuschaffen, z. B. für die Marine, die Hochseefischerei, für bestimmte Massengüter und gewisse Kaufmannsgüter (Baumwolle, Tabak, Reis); ferner ist für den Riesenhafen nicht ein bestimmter Punkt gegeben, sondern stets ein Raum (z. B. die Untereibe, die Themse, der La Plata), der zwar dem Weltverkehr gegenüber als Punkt erscheint, siedlungstechnisch aber groß genug ist, um manche Stadt zu tragen, so daß die Verkehrs-Einheit städtebaulich zu einer Vielheit werden kann (vgl. Bremen—Veegesack—Bremerhaven); selbstverständlich muß die Hafenstadt die Entwicklungsmöglichkeiten (durch Eingemeindungen) erhalten, die sie zur gesunden Unterbringung ihrer Bevölkerung und ordentlichen Entwicklung ihrer Nahverkehrsmittel braucht. Dagegen sollte man alle Industrie, die sich nicht unmittelbar auf das Seeschiff bezieht, von den Riesenhäfen fernhalten.

6. Verkehrsfreunde und Verkehrsfeinde.

In der nachstehenden Skizze wird viel von Begünstigung und Benachteiligung des Verkehrs durch die entsprechenden geographischen Erscheinungen die Rede sein. Es ist daher zweckmäßig, eine kurze Betrachtung über die natürlichen Verkehrsfreunde und Verkehrsfeinde voranzustellen.

Freundlich ist dem Verkehr alles Einheitliche, Gleichbleibende oder sich (räumlich und zeitlich) nur langsam Ändernde; freundlich ist ferner das Gemäßigte, besonders im Klima, Höhenaufbau und Wasser.

Feindlich sind dagegen das Ungleichartige, der räumliche und zeitliche Wechsel, die schroffen Übergänge und die u. U. nur schmalen oder kurzen Unterbrechungen des Einheitlichen, also die Gegensätze: Wasser—Land, Ebene—Gebirge, Fruchtländ—Wüste, Kälte—Hitze, Feuchtigkeit—Trockenheit, die Gebirgsketten.

Der größte Feind des Verkehrs ist gleichzeitig der größte Feind des gesamten Lebens: die Kälte. Sie schließt dauernd die beiden Polkappen vom Verkehr aus und macht dadurch die Erdoberfläche aus einer Kugel zu einer Ringfläche, sie unterbricht damit allen Nord-Süd-Verkehr, der die Erde umkreisen möchte und zwingt ihn in die West-Ost-Richtung (vgl. die Verbindung New York—Yokohama, die nicht über den Nordpol geführt werden kann, sondern den „Umweg“ über Vancouver machen muß. Die Kälte schaltet außerdem die Hochgebirge ganz oder teilweise aus, die übrigens zum überwiegenden Teil wieder der West-Ost-Richtung folgen. Sie erschwert und verteuert See- und Binnenschiffahrt durch Nebel, Eisberge, Eisgang und Frost, desgl. den Bau, die Unterhaltung und den Betrieb der Eisenbahnen usw.

Die Hitze tritt in doppelter Eigenschaft als Verkehrs- und Wirtschaftsfeind auf: die trockene Hitze schafft die Steppen und Wüsten, die sich in zwei Gürteln um den „Erdring“ legen: Salzseewüste—Sahara—Arabien—Persien—Innerasien und Patagonien—Kalahari—Inneraustralien; die feuchte Hitze schafft den tropischen Urwaldgürtel (am Amazonas und Kongo), — alles west-östlich gelagert.

Nächst dem sind besonders ungünstig die unklaren, verschwommenen Übergänge von Wasser und Land, die Sümpfe und Moore. Unter ihnen hat der Verkehr Deutschlands früher so gelitten, daß viele Wege überhaupt nur dadurch zu erklären sind, daß sie nicht durch die versumpften Niederungen

geführt werden konnten, sondern auf die trockenen Höhen gelegt werden mußten, viele „Verlagerungen von Wegen sind darauf zurückzuführen, daß die Niederungen entsumpft worden sind oder daß die erstarkende Wirtschaft und Technik den Bau von Linien durch die Moore ermöglichte¹⁾, auch heute noch spielt der Unterschied zwischen Geest und Marsch eine große Rolle. Die Versumpfungen sind in der Gegenwart noch sehr wichtig in Rußland, wo weite Landstrecken zwar bei Frost und Hitze, also im Winter und Sommer, nicht aber in den „Übergangsjahreszeiten“ wegbar sind. Der Russe hat dafür sogar eine besondere Bezeichnung (*ras putniza*); wir aber sind nach Rußland hineinmarschiert, ohne davon Kenntnis gehabt zu haben, was im Spätherbst 1914 zu Teilkatastrophen geführt hat²⁾.

Feindlich sind ferner die Wälder, besonders die mit dichtem Unterholz und die mit sumpfigem Boden. Im Urwald kommt der Mensch nur mit dem Buschmesser vorwärts; die Römer hatten vor den deutschen Wäldern Furcht und sie nannten bezeichnenderweise die Gebirge nicht „montes“ sondern „silvae“. Daß viele Römerstraßen über die Höhen führen, hat seinen Grund in der Furcht vor den dichten Sumpfwäldern der Niederungen, wobei Taktik und Technik zusammenklingen: der Höhenweg bietet bessere Verhältnisse sowohl für den Bau als auch für die Entwicklung zu Angriff und Verteidigung; Varus ist in einem Sumpfwald vernichtet worden; der Westteil des Damenwegs ist 1917 verloren worden, weil hinter ihm die waldige sumpfige Ailette-Niederung liegt, durch die der Nachschub nach Vergasung nicht mehr durchgebracht werden konnte, (was übrigens von den Verkehrs-Fachleuten vorausgesagt worden war.)

Berüchtigt ist der „scrub“ in Australien, der in Verbindung mit anderen Schwierigkeiten die Verkehrserschließung des ganzen Erdteils verzögert; der Urwaldgürtel des Amazonas ist — trotz der großen Ströme und des ausgesprochenen Tiefland-Charakters — noch heute eine vollständige Verkehrsschranke.

Zum Schluß sei noch auf die verkehrsfeindliche Tierwelt hingewiesen, besonders auf die kleinen Wühler, die den Erdbauten gefährlich werden, dann auf die Insekten, die viele Baustoffe (hölzerne Schwellen) vernichten und besonders auf die Bazillen und ihre Träger (Mücken), die nicht etwa nur in den Tropen viele Orte für Mensch und Tier gefährlich und dadurch u. U. dauernd oder zeitweise für den Verkehr unbrauchbar machen oder ihn (durch Quarantäne) verlangsamen und verteuern, jedenfalls aber besonderer, zuverlässiger und schnell arbeitender Verbindungen nach hochgelegenen Gesundheitsstationen bedürfen (Bombay—Poona, Kalkutta—Darjeeling, Delhi—Simla, Madras—Nilgiri, Batavia—Buitenzorg, Surabaja—Tosari, Colombo—Kandy) und damit vielfach die ersten, oft recht kühnen Eisenbahnen in den Tropen hervorgerufen haben. — Im südlichen Afrika steht und fällt der Ochsenwagen-Verkehr mit dem Vorkommen und der Bekämpfung der Tsetsefliege. — Die großen „gefährlichen Tiere“ (Löwen, Tiger, Elefanten) sind dem Verkehr ebenso ungefährlich wie dem Menschen.

Zu den natürlichen Erscheinungen, die dem Verkehr günstig oder ungünstig sind, kommen gewisse Erscheinungen der Wirtschafts- und der politischen Geographie hinzu, die also mehr oder weniger künstlich sind.

Feindlich sind alle Gebiete mit niedriger Wirtschaftsstufe, insonderheit

¹⁾ Vgl. Verkehrst. Woche 1912 (Dempwolff) und 1922 (Blum: „Die Verkehrslage Magdeburgs“).

²⁾ Sümpfe erschweren nicht nur den Bau und die Unterhaltung, sondern sogar schon das Trassieren außerordentlich; Verfasser hat daher z. B. die Linie (Kowel—) Kamien—Pinsk vorsorglich im Hochsommer trassieren lassen, um nicht etwa im Herbst vor einer unmöglichen Aufgabe zu stehen.

die dünn besiedelten Flächen, die von Halbkultur- oder Naturvölkern bewohnt werden. Sie decken sich im wesentlichen mit den eben genannten Gebieten (Polargegenden, Hochgebirge, Steppen, Wüsten, Urwälder).

Feindlich sind ferner alle politischen Gebilde (Staaten), die mit ihren Grenzen der Natur widersprechen oder im Vergleich zu der Leistungsfähigkeit der Verkehrsmittel zu klein sind; die Kleinstaaterei hat insbesondere die Verkehrsentwicklung Deutschlands geschädigt. Feindlich sind die politischen Gegensätze (die u. U. wirtschaftlich und verkehrlich unbegründet sind) und Grenzen aufrichten, wo es keine geben dürfte.

Feindlich sind die politisch rückständigen Staaten, die dem gesunden Fortschritt in Technik und Verkehr abhold sind, um die Vorrechte bestimmter Stände zu erhalten. Freundlich sind dagegen die großen, einheitlichen Staaten, die von starken Staatsmännern geleitet werden, und alle Hilfsmittel der technisch-wirtschaftlichen Entwicklung auszunutzen verstehen. Auch die Religionen sind teils dem Verkehr freundlich (Christentum, Islam), teils feindlich (Brahma-Glaube).

Kein natürliches Hindernis ist so stark, daß es heute von der Technik nicht überwunden werden könnte, aber die vom Menschen ausgehenden politischen oder militärischen Hindernisse sind oft unüberwindlich.

A. Die für den Verkehr wichtigsten geographischen Gebilde.

In der folgenden Skizze schließen wir uns nicht an Einteilungen an, wie sie in der geographischen Wissenschaft üblich sind, sondern teilen die geographischen Gebilde in drei Hauptgruppen, nämlich in flächenhafte, linienhafte und punkthafte. Diese Gliederung mag nicht ganz folgerichtig sein, sie scheint uns aber für verkehrsgeographische Betrachtungen besonders fruchtbar, denn das menschliche Leben spielt sich auf Flächen ab, diese aber werden durch die Verkehrslinien erschlossen und untereinander verbunden, und diese wieder fließen in (Knoten-)Punkten zusammen. Im allgemeinen ist, wie schon in der Einleitung angedeutet wurde, die Linie wichtiger als die Fläche, der Punkt wichtiger als die Linie; wir können daher die Flächen kurz behandeln, müssen dagegen die Linien mehr Raum gewähren und den Punkten die eingehendste Betrachtung widmen.

1. Die flächenhaften Gebilde.

a) Der „Raum“.

Man unterscheidet die Staaten (Länder) — für unsere Betrachtung die zur einheitlichen Verkehrserschließung bestimmten Gebiete — nach ihrer Größe in Groß-, Mittel- und Kleinstaaten.

„Echte Großstaaten“ würden in diesem Sinn nur sein: Rußland, China, die Vereinigten Staaten und Brasilien, denen man aber noch Kanada, die La Plata-Länder, Vorderindien und das Reich des Islam zurechnen könnte, außerdem das britische Weltreich, sofern man für dies von dem Seeverkehr ausgeht. Diese einheitlichen Gebiete können eine selbständige Verkehrs-, insbesondere auch Eisenbahnpolitik treiben¹⁾.

Dagen sind die Mittelstaaten, wie z. B. Deutschland, hierzu nicht in der Lage, sondern sie sind stets darauf angewiesen, mit den guten oder auch

¹⁾ Hierin ist es zum Teil begründet, daß Rußland sich eine eigene Spurweite leisten konnte.

bösen Nachbarn zusammen zu arbeiten; das deutsche Eisenbahnwesen kann in Bau, Verkehr und Betrieb nicht erklärt werden, ohne daß man diesen nur „mittleren“ Raum dadurch zum „großen“ erweitert, daß man die Einheit „Mitteleuropa“ zugrunde legt (s. u.). Mittelstaaten, die als Inseln oder Halbinseln abgesondert liegen (England, Spanien) sind ihren Sondereigenschaften nach zu würdigen.

Die Kleinstaaten sind zu selbständiger Verkehrs-(Eisenbahn-)Politik nicht nur nicht befähigt, sondern sie strahlen oft sogar verderbliche Einflüsse in die Nachbarschaft aus.

Dem großen Raum wohnt politisch, militärisch und verkehrlich eine große Kraft inne, die je nachdem lähmend oder anreizend wirkt. Der große Raum — am besten das Weltmeer als der größte Raum — kann ein gewaltiger Erzieher zur Völker- und Verkehrsgröße sein; wo bedeutende und wagemutige Verkehrsmänner den großen Raum mit kühnem Entschluß zu meistern wußten, haben sie der Wirtschaft und Politik die Richtlinien vorgeschrieben, so die großen Entdecker (Columbus usw.) und die Erbauer der Pacific-, der Sibirischen, der Kap-Kairo- und der indischen Bahnen (aber auch der Bagdad- und der Mekka-Bahn), — vgl. dagegen unsere Kleinmütigkeit, die in den Kolonien zunächst nur „Stichbahnen“ bauen wollte, bis der Aufstand in Südwest schließlich dem ganzen Volke offenbarte, was der Verkehrsfachmann längst erkannt hatte. Der große Raum ist ein kraftvoller Förderer zum Denken und Entwerfen in weit gespannten Verkehrslinien, er hat daher den Verkehr stark befruchtet und die Phönizier, Römer, Araber, Spanier, Portugiesen, Engländer, Amerikaner, Japaner zu großen Verkehrsvölkern erzogen. Aber der große Raum, zumal der große Binnenraum, scheint auch zum Denken in langen Zeiträumen anzuregen, und wir halten uns dann für berechtigt, über die langsame Verkehrsentwicklung Rußlands und Chinas zu spötteln. Die für Deutschland wichtigsten „Großen Räume“ sind das Weltmeer, für das wir uns auf unsere Hanseaten verlassen können, die bewiesen haben, daß sie im richtigen Raum- und Zeitmaß zu denken und zu handeln verstehen, ferner Rußland und der „nahe Südosten“, die beiden Gebiete, für die der deutschen Eisenbahntechnik noch große Aufgaben zum besten von ganz Europa bevorstehen.

Der großen Raumauffassung steht die kleine gegenüber, die schließlich zu der gerade für das Verkehrswesen unheilvollen „Kirchturmpolitik“ führen kann. Jedoch kann auch der kleine Raum für weitgespannte Verkehrsbeziehungen und die Verkehrstechnik Bedeutendes leisten. Die Geographen sprechen davon, daß es eine Aufgabe kleiner (schwacher) Staaten sei, die wichtigsten Punkte internationaler Linien zu beherrschen, wodurch diese „neutralisiert“ werden (Schweiz: Alpenbahnen, Türkei: Bosphorus, Holland: Rheinmündungen, ferner — aber von Großstaaten überwacht! — Ägypten: Suez-Kanal, der Staat Panama: Panama-Kanal). Es ist vielleicht eine Eigenschaft gewisser Kleinstaaten, daß sie die Verkehrstechnik mehr fördern als die Großstaaten und damit für das gesamte Verkehrswesen hohe Leistungen vollbringen: die Schweizer sind die Ersten im Tunnel- und Gebirgsbahnbau, die Holländer im Seebau, die Hanseaten im Hafenaufbau. Begründet ist das wohl darin, daß der kleine Raum durch seine geographische Einseitigkeit die Technik in bestimmte Bahnen lenkt, und daß er relativ wertvoller ist als der große und daher zur besseren Ausnützung, also zu höheren technischen Leistungen zwingt; Holland gewinnt in einem Riesenwerk die Zuidersee dem Meere ab, Rußland hat keine Veranlassung, an solche Aufgaben zu denken.

Die Größe des Raumes wirkt auf Netzgestaltung und Charakter der Verkehrswege derart ein, daß der große Raum ein weitmaschiges Netz

starker Linien, der kleine aber ein engmaschiges Netz von zum Teil schwachen Linien aufweist. In Rußland ist für Schmalspurbahnen relativ weniger Gelegenheit als in Deutschland oder gar in Sachsen oder Belgien; je kleiner das Land, desto mehr werden Klein- und Schmalspurbahnen berechtigt und desto tiefer kann man in der Spurweite heruntergehen (aber nie unter 75 cm!); es ist durchaus erklärlich, daß das frühere Königreich Sachsen — an sich ein kleiner Raum und durch die gebirgige Natur in viele kleinste Räume aufgeteilt — seine Schmalspurbahnen mit 75 cm Spur so gepflegt hat¹⁾.

b) Die Lage.

Unter „Lage“ verstehen wir in diesem Zusammenhang nur die relative Lage, also die Lage zur Umgebung.

Die Meere und Kontinente und ihre Teile haben ein Außen und ein Innen. Das Außen erhält seine verkehrlichen Kennzeichen durch die Art der Grenzen (s. u.); es ist am klarsten und im allgemeinen für den Verkehr am günstigsten bei den Inseln (also auch bei jedem Kontinent als Ganzem). Das Innen ist bei den Erdteilen jenes Innengebiet, das von allen umgebenden Meeren gleich weit entfernt (richtig gesagt: gleich schwierig zu erreichen ist). Am klarsten ist der Innenkern bei Asien, nämlich das, auch bezüglich des Wasserabflusses „innere“ Hochland Innerasiens. Für Westeuropa kann man ein „Innen“ konstruieren, das aus Bayern, Böhmen und Ungarn besteht; in Deutschland bilden die Gebiete zwischen Main und Donau das „Innen“. Sie liegen nicht nur dem Meer, sondern auch den Kohlenfeldern am fernsten und bedürfen daher einer besonders pfleglichen Verkehrsbehandlung, wobei aber neben den vielen Wasserstraßen-Plänen die Eisenbahnen nicht vergessen werden dürfen.

Nach der Lage zum Meer kann man ferner nach Binnen- und Randlage unterscheiden. Die Binnenlage, also ohne Meeresgrenze und Seehafen, verurteilt den Staat zur verkehrlichen Unselbständigkeit; da infolgedessen alle Staaten zum Meer streben, ist die Binnenlage sehr selten (Schweiz, Böhmen, Deutsch-Österreich, Paraguay, Bolivia). Die Mängel der Binnenlage können durch gute Verkehrswege, deren dauernde Benutzbarkeit frei von politischen Eingriffen sicher gestellt sein muß, gemildert werden; hierzu gehören Staatsverträge, vgl. die über den Rhein (für den Deutschland, die Schweiz und Österreich die Binnenlage zeigen) oder der gegenseitige Wettbewerb mehrerer für die Durchfuhr in Betracht kommenden Staaten (vgl. die Zugänge der Schweiz zum Meer, die durch drei Staaten führen). Hier sind auch die „Korridore“ zu erwähnen, die u. U. unglückliche politische Gebilde, nur zur Beherrschung eines Weges, darstellen, schmal und langgestreckt sind, natürliche Zusammenhänge zerreißen und meist einen kurzen Bestand haben. Eine großartige, also unglückliche Binnenlage zeigt Rußland, denn es liegt nur an Binnenmeeren; seine Eisenbahnpolitik ist zum Teil hieraus zu erklären. Zu den weniger großen Staaten, die aus der Binnenlage heraus gewachsen sind, gehören Spanien, Frankreich (aus dem so einheitlichen Seinebecken) und Brandenburg-Preußen, das aus der Mark heraus zuerst an den

¹⁾ Im Grunde genommen hätte diese Betrachtung über die Raumgröße davon ausgehen müssen, daß der große Raum die Einheitlichkeit großer Ebenen, großer Stromsysteme usw. zeigt, und daß er oft tiefe Wirtschaftsstufen und dünne Bevölkerung aufweist, während Kultur und Bevölkerung sich im Schutz und der Einseitigkeit der von der Natur gegebenen kleinen Räume konzentriert, besonders auf Inseln und Halbinseln, auf Küstenstrichen und in den von Wüsten umgebenen Fruchtländern (Mesopotamien, Ägypten). Es könnte hier auch noch auf die Bedeutung der Raumgröße für die Beziehungen zwischen Strategie und Verkehr eingegangen werden. Beides würde hier aber zu weit führen.

Wasserstraßen, später an den von Berlin ausstrahlenden Eisenbahnlinien sich hochgearbeitet hat.

Die Randlage begünstigt das Volk, seinen Verkehr und seine politische Bedeutung. Viele Staaten sind aus der Randlage heraus gewachsen, sie sind von der Küste nach dem Innern ausgedehnt worden (vgl. oben).

Ein besonders schönes Beispiel für die Aufteilung eines geschlossenen Gebietes in Binnen- und Randlandschaften zeigt Spanien-Portugal (vgl. Abb. 2).

Die doppelte Randlage wird zur Zwischenlage, im engeren Sinn zur Zwischenlage zwischen zwei Meeren; die großartigsten Beispiele sind die drei nordamerikanischen Reiche. Sie ist eine wichtige Vorbedingung für das Entstehen transkontinentaler Eisenbahnen. Es können sich auch zwei oder



Abb. 2.

mehr Staaten zu einer Zwischenlage vereinigen, vgl. Deutschland-Italien im Verkehr Nordsee-Suez, Argentinien-Chile für die Transanden-Bahn. Ist das Zwischenland schmal, so wird die Zwischenlage zur Landengelage, durch die Ägypten und Panama (in abgeschwächtem Sinn Südfrankreich, Schleswig, Nicaragua) ausgezeichnet sind; an solchen Stellen sind glänzende Werke der Verkehrstechnik geschaffen worden. Die Zwischenlage kann auch eine solche zwischen dem Meer und einem anderen Land Phönizien, (Chile) oder

zwischen Ländern (Tirol) sein. Es gibt auch mehrfache Zwischenlagen; die Stellung Deutschlands im Weltverkehr beruht zum Teil darauf, daß es in doppelter Zwischenlage für die N—S-Richtung zwischen Nordsee und Mittelmeer, für die W—O-Richtung zwischen dem gewerbereichen Westen und dem landwirtschaftlichen Osten liegt, (wobei auf die oben erwähnte Belebung des Verkehrs durch die anziehenden Kräfte des Ungleichartigen hingewiesen sei).

Die Zwischenlage zwischen dem Meer und einem andern Land ist so charakteristisch, daß man sie als „Schwellen- oder „Flurlage“ als eine besondere Art bezeichnen kann. Die Flurlage hat mit die wichtigsten Handels- und Verkehrsvölker geschaffen, für die stets bezeichnend ist, daß sie in zwei verschiedenen Verkehrsarten, See- und Landverkehr (bei letzterem Karawanen-Landweg-, Binnenschiffahrt- oder Eisenbahn-Verkehr) Großes leisten müssen, vgl. die Phönizier, die Venetianer, die Hansa, Holland. In Flurlage liegen viele Inseln vor den Küsten (Venedig, Hongkong, Bombay, England).

Die Ecklage ist günstig für kleine Räume (Städte), die hierdurch an zwei Verkehrsrichtungen liegen (Mainz, Basel). Die Lage in der Ecke ist ungünstig (Leipzig, die durch politische Zufälligkeiten in einer Ecke Sachsens

liegende natürliche, aber nicht tatsächliche Hauptstadt der mitteldeutschen „Braunkohlenprovinz“). Für Länder ist die Ecklage für den eigenen Verkehr ungünstig, für den Nachbar verkehrerserschwerend und bedrohlich, vgl. die Weißenburger Ecke.

Getrennte oder zerstreute Lagen sind teils durch die Natur, teils durch die Geschichte begründet, durch die Natur vor allem durch die (zufälligen) Unterbrechungen des Landes durch Meeresteile, die u. U. sehr schmal sind (England-Irland, Dänemark Japan, Griechenland), ferner durch Inselketten und Inselgruppen (Holländisch-Ostindien) und durch die Oasenketten. Die Verkehrsaufgaben sind groß und schwierig, weil die Wege lang sind und die Unterbrechungen Sonderanlagen (Fähren, Brücken, Tunnel) erfordern. In der Geschichte ist die Entstehung der zerstreuten Lage, meist in der Form der einfachen oder mehrfachen „Reihenlage“ dadurch begründet, daß Handelsvölker von Stützpunkt zu Stützpunkt (Insel, Halbinsel, Kap) vorgedrungen sind und hier Befestigungen, Faktoreien, Kohlenstationen angelegt haben. Venedig zeigte zur Zeit seiner größten Blüte die Reihenlage von den Burgen in Tirol über die Inseln des Mittelmeers nach Kreta und dem Schwarzen Meer. Das großartigste Beispiel bildet das britische Weltreich. Die zerstreute Lage kann man als die Aushilfe des im kleinen Raume mächtig Gewordenen bezeichnen (Phönizier, Venetianer, Engländer, Japaner); die im großen Raum Sitzenden bedürfen ihrer nicht. Bisher ist die Blüte der auf die zerstreute Lage Angewiesenen stets schnell zusammengebrochen, wenn sie mit einem starken Vertreter eines größeren Raumes zusammenstießen.

c) Inseln und Halbinseln.

Vom allgemein-verkehrsgeographischen Standpunkt sind Inseln und Halbinseln besonders wichtige Gebilde, wobei die Inseln den Vorrang vor den Halbinseln beanspruchen; vom eisenbahngeographischen Standpunkt aus ist dagegen die Bedeutung verringert und zwar bei den Inseln stärker als bei den Halbinseln. Denn für die Eisenbahn ist die Insel eine kleine Einheit, die in sich kaum Besonderheiten entwickeln kann, während die Halbinseln dann eine besondere Bedeutung erhalten, wenn sie verkehrlich nicht selbständig sind, sondern als vorspringende Teile des Landes aus dessen einheitlichem Eisenbahnnetz die „Ausläuferstrecken“ entwickeln.

Wir möchten aber trotzdem folgende Eigenschaften der Inseln und Inselvölker skizzieren, wobei als „Inseln“ auch Oasen und die durch Gebirge abgeschlossenen Gebiete anzusehen sind. Durch die vollständige Umschließung mit Wasser hat die Insel die klarste und sicherste Grenze; diese schließt aber nicht ab, sondern auf. Sie ist sicherster Schutz gegen Feinde, gleichzeitig aber beste Verbindung für den Verkehr. Das Inselvolk läßt seine Kräfte in der sicheren Abgeschlossenheit mit einer gewissen Einseitigkeit heranreifen, es betont die Unverletzlichkeit des eigenen Gebiets, ist auf seinen Schutz durch eine starke Flotte angewiesen, hat Furcht vor Invasion, verhält sich ablehnend gegen Fremde und deren Technik und Verkehrswünsche (vgl. Kanaltunnel), ist aber nur zu gern bereit, in die Rechte der Nachbarn überzugreifen. Selbständige Inselstaaten sind starke Verdichter des Verkehrs, viele große Verkehrsvölker sind Inselvölker gewesen, viele Abschnitte der Weltgeschichte zeigen einen Inselstaat auf beherrschender Höhe; die den Kolonialreichen vorgelagerten Inseln sind die Träger der Landeserschließung gewesen (Bombay, Hongkong, New York) und sind heute noch die wichtigsten Knotenpunkte; im Besitz einer fremden Macht sind sie eine Bedrohung des Festlands.

Für die Eisenbahnen haben die Inseln (und die „inselhaften“ Halbinseln) folgende Eigentümlichkeiten:

Die Schienenwege können sich in ihnen, frei von internationalen Bindungen, in Bau, Betrieb und Verkehr den Eigenarten der Insel entsprechend entwickeln, vgl. die Eigentümlichkeiten der englischen Eisenbahnen in Oberbau, Bahnhöfen, Wagenbau. Sie können also auch eine besondere Spurweite haben (Spanien).

Die wichtigsten Knotenpunkte liegen stets am Rand, denn es sind die Häfen.

Es werden keine oder nur geringe Ansprüche an den internationalen Verkehr gestellt; der Fahrplan ist also einfacher.

Die in der Nähe des Festlands liegenden Inseln haben die besondere Bedeutung, daß sie die unmittelbare Eisenbahnverbindung, zunächst mittels Fähren, später mit Brücken und Tunneln fordern, hierdurch wichtige Verbindungen ermöglichen und dabei der Technik besonders schwierige Aufgaben stellen — vgl. die Verbindungen zwischen Deutschland und den nordischen Ländern mit den noch fehlenden Brücken (oder Tunneln) bei Stralsund, Masnedo, Helsingborg und nach Fehmarn; hervorragende Leistungen sind die Bahn von Florida nach Key West, die bei 180 km Gesamtlänge eine Kette von 41 Inseln benutzt, ferner die Eisenbahn zwischen Südindien und Ceylon, die mit Hilfe der Adamsbrücke die Palkstraße übersetzt.

Was für den Verkehr (und die Politik) der Gegenwart, nämlich der Zeit der Flugzeuge, des Tunnel-, Brücken- und Kanonenbaus wichtig ist, ist die Erscheinung, daß die Inseln immer mehr an Bedeutung und Charakter verlieren; es hören nämlich die festland-nahen Inseln — und das sind die bestimmenden — immer mehr auf, „Inseln“ zu sein: Die vor den Kolonialgebieten gelegenen kleinen Inseln verlieren ihre Bedeutung als die gegen die Eingeborenen geschützten Stützpunkte, denn die Eingeborenen sind entweder vernichtet oder waffenlos. Damit verkehrt sich aber der bisherige Vorzug in einen Nachteil, denn der Handel empfindet es nun lästig, daß er von dem Inselhafen aus nicht unmittelbar mittels Landwegen mit dem Landesinnern in Verkehr treten kann. Wo daher feste Verbindungen nicht (oder noch nicht) möglich sind, springt der Hafen auf die Festlandsseite über; so sind der Insel New York gegenüber die großen Hafenanlagen in New Jersey entstanden, desgleichen Hongkong gegenüber die von Kaulun. Will die Insel aber ihre Vormachtstellung behalten, so muß sie eben aufhören, Insel zu sein, indem sie die Eisenbahnen bis zu sich hereinführt (New York bezüglich der Tunnel unter dem Hudson, Bombay, Venedig, Lindau). Diese Zeit ist nun wohl auch für England gekommen.

Für den Verkehr hat es in vielen Beziehungen seine Inselnatur stark verloren: Der Personenverkehr Englands ist nicht in Dover, sondern in London durchgeschnitten, die von London nach dem Festland ausgehenden Schnellzüge haben den kontinentalen Fahrplan und die kontinentale Gepäckabfertigung; die Themse war früher, als die Nordsee noch nicht abgesunken war und der Rhein noch durch die Silberrinne floß, ein Nebenfluß dieses Stromes, und es ist daher ganz naturgemäß, daß Rheinschiffe (also Binnenschiffe, die allerdings seetüchtig gemacht sind), dem abgesunkenen Rheinbett folgend den „Nebenfluß“ hinauffahren und damit nach London gelangen; im Weltkrieg ist der Querverkehr über den Kanal durchaus folgerichtig als ein Zwischenglied der durchgehenden Eisenbahnen England-Flandern behandelt worden; und der Luftverkehr (z. B. Manchester-Köln) weiß natürlich kaum etwas davon, daß er bei seinem 700 km langen Flug auch einmal 40 km weit Wasser unter sich hat. Und für den englischen Handel wird die unmittelbare Landverbindung genau so brennend werden wie für Bombay und New York, denn bisher sind die Schiffe doch recht stark aus dem Grunde nach England gefahren, weil sie englischen Reedern gehörten und von eng-

lischen Händlern ihre Fracht erhielten; das muß aber aufhören, je mehr die anderen Nationen erstarken und selbstverständlich die Häfen aufsuchen, die für den Kontinent Europa am günstigsten liegen.

Sobald Inseln in feste Landverbindung gebracht sind, nehmen sie den Charakter von Halbinseln an, deren Bedeutung für die Eisenbahnen nachstehend kurz skizziert sei. Die großen Halbinseln (Indien, Arabien, Mittelamerika) scheiden hierbei aus, weil sie ihre eignen Verkehrssysteme entwickeln.

Die Halbinsel steht der Insel um so näher, je schmaler oder beschwerlicher der Anschluß an das Festland ist. Halbinseln mit breitem Anschluß ohne Verkehrshindernisse, wie Vorpommern, Wagrien, Wales, empfindet der Eisenbahner überhaupt nicht als Halbinsel. Halbinseln mit schmalen Anschluß (bestes Beispiel der Peloponnes) zwingen die Eisenbahnen durch diese eine schmale Stelle, die damit den Charakter eines „Passes“ erhält (s. u.). Halbinseln mit (vielleicht breitem, aber) dem Verkehr ungünstigen Anschluß erfordern für die Anschlußlinien hohe Kosten und setzen daher ihre Zahl herab. Am ungünstigsten und häufigsten sind hierbei die großen durchgehenden Gebirge. Die Pyrenäen sind noch nicht durchbrochen, sondern nur an ihren beiden Enden umgangen, Italien hat gleich zwei solcher Barrikaden, Alpen und Appenin, die Randgebirge Vorderindiens machen dieses zur „inselhaftesten aller Halbinseln“. Starke Abschlüsse bilden auch die Wüsten (Arabien) und Steppen (Mexiko).

Die Insel- und Festland-Eigenschaften — die „meerischen“ und die „ländischen“ Eigenschaften — sind innerhalb derselben Halbinsel verschieden stark, der Festlandcharakter ist dem Anschlußteil, der Inselcharakter dem vorspringenden Teil eigen, und zwar je um so stärker, je breiter und ungehinderter der Anschluß ist und je stärkere Gliederung der vorspringende Teil zeigt. Dies findet in der Netzgestaltung der Eisenbahnen seinen bezeichnenden Ausdruck, der an Schleswig-Holstein und Italien erläutert sei: Von der Anschlußstelle gehen einerseits die Ausläuferstrecken aus (Hamburg—Tondern, Lübeck—Flensburg und die italienischen N-S-Bahnen), denn sie ist der Beginn des Vorsprungs; andererseits geht durch die Anschlußstelle aber auch der Parallelverkehr der Gesamtküste hindurch (Hamburg—Lübeck, Ventimiglia und Mont Cenis—Mailand—Verona—Padua). Durch diese beiden, senkrecht aufeinanderstehenden Verkehre entstehen also Knotenpunkte, von denen die einen im Binnenland liegen und keiner weiteren Erörterung bedürfen, während die andern an der Küste liegen, aber nicht an bedeutungslosen, sondern an besonders betonten Stellen. Denn es ist das Kennzeichen der Halbinsel, daß sie mit dem Festland zwei Buchten bilden muß, also jene Stellen bildet, die für das Entstehen großer Häfen vorausbestimmt sind, so war Lübeck früher und ist heute Hamburg der wichtigste Hafen Deutschlands wie Genua der Italiens. Die Anschlußstelle hat also eine besonders hohe Bedeutung, und es ist daher erklärlich, daß die Eisenbahn-Querverbindung durch Kanäle unterstützt wird (Nord-Ostsee und Elbe-Trave-Kanal, Canal du Midi, Kanal von Korinth).

Es sei noch kurz angedeutet, wenn auch für das Eisenbahnwesen nicht von unmittelbarer Bedeutung:

1. Manche großen Halbinseln der Erde zeigen am Anschluß ausgedehnte Tiefebene mit hoher Fruchtbarkeit, großen Strömen und demgemäß reichem Wirtschaftsleben, dichter Bevölkerung und regem Verkehr (Lombardei, Rumänien, Mesopotamien, Bengalen).

2. Die Kontinente spitzen sich nach Süden zu und laufen hier in eine oder mehrere Halbinseln aus; demgemäß weisen die großen Halbinseln der Erde allgemein nach Süden, viele sind hier noch in kleinere Halbinseln

aufgelöst oder durch vorgelagerte Inseln betont. Hier liegen die wichtigsten Anlauf- und Meerengen-Häfen und die Endpunkte ausgesprochener Ausläuferstrecken der Eisenbahnnetze, während diese im Norden, den breitgelagerten Landmassen entsprechend, nicht ausgezackt, sondern geschlossen sind und nicht so viele und so klar hervortretende Ausläuferlinien haben.

d) Die Höhenlage¹⁾.

Für die Wirtschaft ist das Tiefe und Ebene günstig; in den Tiefebenebenen, besonders in denen, in die das Meer vorstößt, verdichtet sich das Wirtschaftsleben und die Bevölkerung am stärksten; je höher wir dagegen emporsteigen, desto ungünstiger werden die wirtschaftlichen Grundlagen, desto dünner die Besiedlung, weil die Wärme schnell abnimmt. Je tiefer und eintöniger die Ebene ist, desto kräftiger und formenreicher ist ihr Wirtschaftsleben, je formenreicher und höher das Gebirge ist, desto ärmer und eintöniger sind seine Wirtschaftsformen. Hierbei darf man aber nicht die Verhältnisse Europas und überhaupt der gemäßigten Zone auf die Tropen übertragen; in ihnen bringen allerdings manche „Tiefenebenen“, Küstenstriche und Inseln eine Fülle bestimmter wertvoller Pflanzen hervor, andere aber sind urwald-bedeckt und damit gesundheits-, wirtschafts- und verkehrsfeindlich; dagegen haben sich auf den Hochebenen die Kulturvölker der Tropen entwickelt (Peru, Mexiko), und sie sind auch die für die Besiedlung mit Europäern (als Bauern und Viehzüchter) wertvollsten Gebiete.

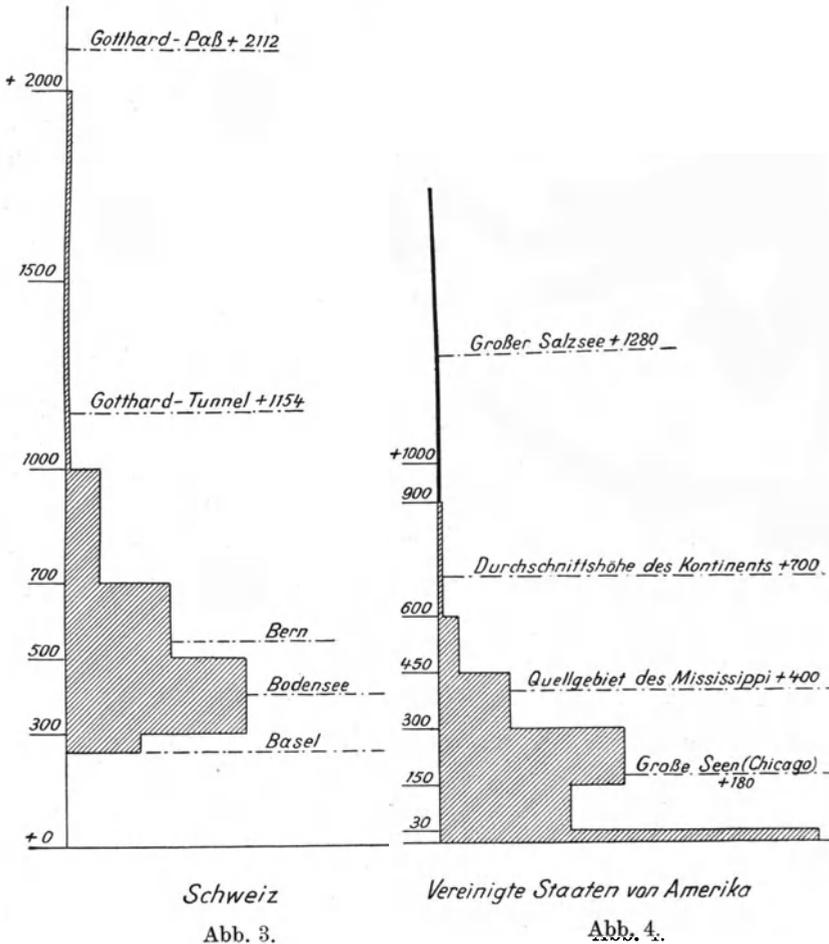
Für den Verkehr ist selbstverständlich das Ebene das Günstigste, und die Tiefebene am Meer hat den Vorzug meist guter Binnenwasserstraßen und bequemsten Baus und billigen Betriebs der Eisenbahnen. Die Hochebenen sind in sich, weil eben, dem Verkehr auch nicht stark feindlich, meist sind aber ihre Flüsse weniger gut, auch sind die Hochebenen (der geologischen Entstehung entsprechend) meist wellig, und oft haben sich die Flüsse tief eingesägt, so daß die Übergänge schwierig sind. Aber die Hochebenen erfordern stets den Aufstieg der Wege vom Meer her, und dieser ist selbstverständlich mit beträchtlichen Bau- und Betriebskosten verbunden. Die entsprechenden Flußstrecken sind hierfür oft nicht brauchbar, weil sie in Schnellen und Fällen über den Rand abstürzen, vgl. besonders die Ströme Afrikas, aber z. B. auch die Abschnürung des Bodensees (+ 395) von der oberrheinischen Tiefebene (Basel + 270) und die großen noch zu leistenden Aufgaben der Kanalisierung dieser Rheinstrecke. Die Steilrampen der Eisenbahnen erfordern starke Steigungen und unter Umständen besondere technische Ausgestaltungen, und sind immer schwierige Strecken; großartige Beispiele bieten der Aufstieg der Bahn von Bombay nach dem Dekhan (Poona schon + 550 m hoch) und der Bahnen auf das Hochplateau von Brasilien (Sao Paulo + 760 m hoch); aber auch in der engeren Heimat finden wir, obwohl sie (glücklicherweise) nur mäßige Erhebungen zeigt, entsprechende Stellen im Eisenbahnnetz, beim Aufstieg in die deutschen Mittelgebirge z. B. zwischen Düsseldorf und Elberfeld und bei Elm (früher Spitzkehre), ferner beim Erklettern der Schwäbisch-Bayrischen Hochebene.

Zur Beurteilung des Höhengaufbaus sind nicht die höchsten Spitzen und in diesem Zusammenhang nicht einmal die Höhe der Pässe maßgebend, sondern die Schneegrenze und vor allem die Getreidegrenze. Über die Schneegrenze geht der Mensch nur zur Erholung (Hochgebirgswanderungen), ferner auf einigen wenigen Paßwegen und zur Gewinnung von wertvollen Bodenschätzen hinauf; die höchsten Eisenbahnstationen sind solche von

¹⁾ Wir erörtern hier nur die Höhenlage größerer Gebiete, nicht aber die Gebirge, da diese als „linienhafte“ Gebilde in den nächsten Abschnitt gehören.

Touristen- oder Erzbahnen, die höchsten dauernden Siedlungen der Menschen sind Bergwerksorte (in Peru und Bolivien). Die Schneegrenze liegt sehr verschieden hoch: in den Alpen 2—3000, im Kaukasus 3—4000, in Südamerika 4—5000, in Asien 5—6000 m. Wichtiger als die Schneegrenzen sind die Höhengrenzen der verschiedenen Getreidearten, deren Festsetzung für den Verkehrsmann daher stets von Bedeutung ist, da sich über sie hinaus Wege nur ausnahmsweise lohnen können.

Wie die Produktionskraft von der Tiefe zur Höhe (ebenso wie von den Polen zum Äquator) abnimmt, nimmt auch die Volksdichte, der wichtigste



Gradmesser der wirtschaftlichen Kräfte, mit der Höhe ab. Die großen Massen der Menschheit wohnen in den Tiefebene, vgl. die vier „Dichtegebiete“; die Großstädte liegen fast sämtlich mäßig hoch über dem Meer; — in Deutschland liegt nur eine Großstadt, München, 500 m hoch. Wie stark die Bevölkerung mit der Höhe abnimmt, zeigen die Abb. 3 und 4; in der Schweiz, bei der wir immer an Schneeberge denken, wohnen etwa die Hälfte der Bewohner unter + 500, die Bevölkerung auf den Quadratmeter beträgt in den Gebirgskantonen Uri und Graubünden 18 und 15, in Basel-Land 162.

Wir denken allgemein im Verkehr von Gebirgsländern in zu großen Höhenzahlen; Wirtschaft und Verkehr halten sich auch im Gebirge in den

tiefere Zonen; — die „Großstädte des Gebirges liegen in der Ebene“ (s. u.), die Gotthardbahn ist auf der Strecke Basel—Luzern—Erstfeld eine Flachlandbahn.

Die oben gemachte Bemerkung, daß der Verkehr in der Ebene besonders leicht sei, darf nicht dahin mißverstanden werden, als ob es in der Ebene keine den Verkehr zwingenden Hindernisse gäbe. Vielmehr sind zwei wichtige Hindernisse des Ebenen-Verkehrs ausdrücklich hervorzuheben, zumal im Hinblick auf das engere Vaterland, nämlich die kleinen Höhenrücken und die versumpften Niederungen: Sie wirken, je nach dem Stand der Wasserwirtschaft und Verkehrstechnik, in verschiedener Weise, wobei sich die Begriffe Gunst und Ungunst u. U. ins Gegenteil verkehren, so daß entsprechende Verlegungen der Wege und Siedlungen die Folge sind, — was insbesondere in der norddeutschen Tiefebene vielfach der Fall gewesen ist: Solange die Niederungen nicht entsumpft sind, sind sie ungangbar, wie heute noch manche Moore, und die Wege müssen daher die trockenen Höhenzüge aufsuchen und sich dabei mit den unvermeidlichen Steigungen abfinden, vgl. die der alten Kolonisationsstraße folgende Eisenbahn Braunschweig—Helmstedt—Magdeburg, deren Trassierung den Eindruck macht, als ob man sich mehr von geschichtlichen als verkehrstechnischen Erwägungen hätte leiten lassen, denn die Hauptstrecke (Hannover—)Braunschweig—Magdeburg hätte über (südlich) Öbisfelde gelegt werden müssen. Sobald dann aber die Sümpfe trockengelegt werden, folgt der Verkehr der Niederung, und die Höhen veröden; einst ging der Weg von Magdeburg nach der Lausitz über den Fläming, und Belzig und Wittenberg waren Burgen, die seine Flanke schützten, indem sie die dort vorhandenen trockenen Übergänge über die Überschwemmungsgebiete sperrten; heute ist der Fläming für den Verkehr tot, und Belzig und Wittenberg sind Eisenbahnstationen. Folgerichtig sind also die trockenen Stellen zwischen den Mooren usw. und die niedrigsten Stellen in den an sich niedrigen Bodenwellen die Zwangspunkte für das Verkehrsnetz, hierbei haben die „Moorpässe“ eine starke Anziehungskraft, weil der Bau von Eisenbahnen durch Moor auch heute noch teuer und unsicher ist, und die „Bodenwellen-Pässe“ sind so wirksam, weil die Verkehrsmittel der Tiefebene gegen Steigungen sehr empfindlich sind, am empfindlichsten sind natürlich die Kanäle, aber auch die Flachland-Eisenbahnen werden schon von einer mäßigen verlorenen Steigung abgeschreckt, weil sie die „unschädliche“ Steigung keinesfalls überschreiten wollen¹⁾.

2. Die linienhaften Gebilde, — „Bänder“.

a) Die Küsten.

Von den linienhaften Gebilden, die also nach früheren Ausführungen fast ausnahmslos Bänder von einer gewissen Breite sind, so daß der Verkehr in ihnen noch die Möglichkeiten für mehrere Verkehrslinien hat, besprechen wir zuerst die Küsten. Die Küste ist nämlich einerseits ein einfacheres Gebilde als die wichtigste verkehrsgeographische Linie, nämlich der Fluß, denn dieser hat zwei „Küsten“, und über die Bedeutung der Flüsse und ihrer Täler ist schon vieles gesagt, wenn man die Küsten erläutert; zum andern wird die Küste in der Wissenschaft vom Trassieren leider unverdient vernachlässigt; zum dritten ist die Küste gerade für Deutschland von besonderer

¹⁾ Wir würden eine ganz andere Vorstellung von dem Zwang haben, der im Eisenbahnnetz der norddeutschen Tiefebene herrscht, wenn es von ihr gut-farbige Karten mit dichten Schichtenlinien gäbe; in den üblichen Karten gehen aber alle Unterschiede in den beiden Höhenstufen 0—100 und 100—200 m charakterlos unter.

Bedeutung, weil unsere Meeresküste ungewöhnlich vielgestaltig und sehr breit ist und weil sie sich im Binnenland noch zweimal wiederholt: am Rand der Mittelgebirge als „Tieflandküste“ und am Rand der Alpen.

Die Küste verbindet Land und Wasser; sie zeigt drei verschiedene Erscheinungen, aus denen heraus sie beurteilt werden muß: sie schaut nach außen auf die See, nach innen in das Land, und ist außerdem ein selbstständiger Streifen Land. Man muß sich daher hüten, die Küste einseitig aufzufassen; meist wird der Fehler begangen, ihre ländischen Eigenschaften zu über- und ihre meerischen Eigenschaften zu unterschätzen.

Für die Küste gibt es gewisse zahlenmäßige Beziehungen, die allerdings nur mit Vorsicht angewandt werden dürfen: Küstenentwicklung, Verhältnis der Glieder zum Rumpf und mittlerer Küstenabstand oder mittlere Meeresnähe¹⁾. Für die Kontinente ergeben sich folgende Zahlen:

	Küstenentwicklung	Verhältnis der Glieder zum Rumpf	Mittlerer Küstenabstand
Europa	3,55	1 : 2	336 km
Afrika	1,64	1 : 47	672 km
Asien	3,19	1 : 5	776 km
Australien	2,01	1 : 36	345 km
Nordamerika	4,86	1 : 6,5	471 km
Südamerika	1,96	1 : 79	553 km

Da man bei Nordamerika die starke Gliederung in das wirtschafts- und verkehrslose Eismeer hinein abziehen muß, ist Europa nach jeder Richtung begünstigt. Die Zahlen sind für das westliche Europa noch günstiger.

Für verkehrs- und besonders für eisenbahngeographische Untersuchungen würden diese Zahlen besonders nach folgenden Gesichtspunkten zu prüfen und zu ergänzen sein:

Sie müßten nicht nur für die Kontinente, sondern auch für die Kontinentteile berechnet werden, weil das die richtigen Vergleichsmaßstäbe für die wirtschaftlich und verkehrlich einheitlichen Gebiete (Westeuropa, Spanien, östliches Nordamerika, Vorderindien, China usw.) ergeben würde. Beim „Küstenabstand“ wäre zu beachten, daß die Seehäfen nicht an der „Küste“, sondern weit binnenwärts liegen, und daß die Wege zur Küste nicht nur verschieden lang, sondern auch verschieden schwierig und teuer sind; es wären also die verschiedenen Hindernisse (Gebirge, Stromschnellen, Wüsten, Urwaldgürtel) und Begünstigungen (Tiefebenen, Stromsysteme) zu berücksichtigen. Ferner sind auch die Meeresteile und damit ihre Küsten verschieden wertvoll; — der Machtbereich der Nord- und Ostsee geht wegen der Alpen weiter nach Europa hinein, als der des Mittelmeeres, die Nordsee ist wertvoller als die Ostsee, die Ostsee wertvoller als die Adria, Rußland hat eine sehr lange Küste, — aber gegen das Eismeer! — und hat daher stets nach je einem einzigen Plätzchen an besseren Meeren gestrebt. Der Verkehrstechniker wird also gut tun, nur von Fall zu Fall zu berechnen und zu vergleichen.

¹⁾ Die „Küstenentwicklung“ erhält man, wenn man die wirkliche Küstenlänge eines Erdteils (oder auch einer Insel) mit der vergleicht, die er haben würde, wenn er ohne jegliche Gliederung, also ein Kreis (eine Kugelkalotte) wäre.

Das „Verhältnis der Glieder zum Rumpf“ erhält man, wenn man den Flächeninhalt der Inseln und Halbinseln der Gesamtfläche des Kontinents gegenüberstellt.

Der „mittlere Küstenabstand“ ist der Mittelwert der Abstände aller Punkte des Kontinents von dem Meer.

Zu den Beziehungen der Küste zum Meer ist alles günstig, was für das Meer überhaupt günstig ist; ferner ist auf die schon berührte Bedeutung vorgelagerter Inseln hinzuweisen, hier aber nur die Bedeutung der Gegenküste zu würdigen: Theoretisch hat jede Küste eine Gegenküste, denn irgendwo ist einmal das Wasser zu Ende, nur die durch die Eismeere und die durch die Wasserwüste des Großen Ozeans getrennten Gegenküsten können sich gegenseitig nicht oder nur wenig befruchten. Der Wert der Gegenküste steigt mit der Verringerung des Abstands, der höheren Wirtschaftsstufen, der stärkeren Gliederung und der Schiffbarkeit der trennenden oder vielmehr verbindenden Wasserfläche. Unter besonders günstigen Verhältnissen wachsen Küste und Gegenküste zu einer Einheit zusammen (Europa und Kleinasien, Südeuropa und der Nordrand von Afrika, Nordamerika und Kuba, die verschiedenen Teile Dänemarks, Schweden und Finnland, England und Nordfrankreich, Japan und Korea). Hierdurch entstehen für den Verkehr besondere Aufgaben, die zu den schwierigsten und kühnsten Lösungen führen können (Fähren, Tunnel, Brücken), ihre Wirkungen weit in das Binnenland ausstrahlen (vgl. den Luxuszug Stockholm—Basel) und je nach Ort und Dauer der Einheit, ob wirtschaftlich oder politisch, verschieden zu behandeln sind. Das großartigste Beispiel gegenseitiger Befruchtung durch Gegenküsten bietet Europa, und zwar im großen bezüglich Nordamerikas, Afrikas und Vorderasiens, im kleinen bezüglich der vom Rumpf abgetrennten Glieder Europas.

Die Beziehungen der Küste zum Land sind zunächst durch die Randlage (Schwellenlage, Flurlage) und das Entstehen der Küstenvölker und Küstenstaaten gegeben. Maßgebend ist ferner die Länge der Küste im Verhältnis zum Hinterland; Griechenland, England, Spanien, Italien, Frankreich, auch Deutschland haben lange Küsten, Ungarn hatte eine sehr kurze Küste; aber es genügt schließlich, wie oben erwähnt, der eine gute Hafen, sofern auch der dorthin führende „Korridor“ gut und gesichert ist; — Napoleon hatte den Rheinbund bis an die Ostsee, aber nur bis an den einen Hafen Lübeck reichen lassen. Das ist auch bei der sog. Güte der Küste zu beachten, die Küste ist gut, wenn sie gute Wege oder wenigstens einen guten Weg zum Meer bietet; das wird bei Tiefländern stets der Fall sein, bei den durch Gebirge, Wüste oder Urwald abgeriegelten Küsten aber nur ausnahmsweise.

Der Küstenstreifen reicht binnenwärts mindestens bis zu der Linie, welche die Seehäfen miteinander verbindet, also z. B. bis zur Linie Bremen—Hamburg—Lübeck. In dem Streifen überdecken sich streckenweise verschiedene Verkehrsmittel, z. B. zwischen Helgoland und Hamburg: Übersee-, Küsten-, Binnen-Schiffahrt, Eisenbahn und Landweg. Vielfach muß aber der Küstensaum noch weiter gerechnet werden, besonders dann, wenn weiter landeinwärts eine bedeutende geographische Grenze, besonders im Höhengaufbau, verläuft, woraus sich starke wirtschaftliche Verschiedenheiten zwischen dem Küsten- und Binnenland ergeben, die sich dann auch zu völkischen und staatlichen Unterschieden auswirken: viele Küsten sind regenreich und üppig, während das Innere gebirgig und steppenartig ist (Indien, Arabien, auch Süditalien), andere Küsten tragen ungesunde und wirtschaftsarme Urwaldgürtel, während das Innere gesund und wohlhabend ist; daher auch die Ausprägung der Küstenbewohner zu besonderen Rassenarten (Phönizier, Dalmatiner, Holländer) und der Wechsel in der Verkehrstechnik, der besonders stark ist, wenn das Gegensätzliche in einem beträchtlichen Höhenunterschied besteht.

Meerwärts umfaßt der Küstenstreifen mindestens die vorgelagerten Inseln (Nordseeküste) und Halbinseln (in Deutschland z. B. die Nehrungen) und den im Gegensatz zum „freien Meer“ unter der Staatshoheit des Landes stehenden Wasserstreifen. Verkehrlich zeigt er die Eigenarten des Fischerei-

verkehrs, der kleinen Küstenfahrt, des Bäder- und Erholungsverkehrs, des Sicherungsdienstes (Leuchttürme, Betonung, Lotsendienst), des Hinausgreifens von „Binnenschiffen“ auf das Meer, der Eisenbahnfähren u. dgl. Wo die Gegenküste nahe liegt, kommt man hierbei zu einem u. U. weit ausgedehnten Begriff der „Küstengewässer“. — Geographisch könnte man zur Küste das ganze Gebiet des „Schelfs“ hinzurechnen; hiernach würde z. B. die Nordwestküste Europas westlich und nördlich von Irland-Schottland verlaufen, und das ist auch vom Verkehrsstandpunkt nicht unrichtig, denn hier liegen z. B. die Ausgangsstellen wichtiger Seekabel und mancher Flottenstützpunkte, und der nördliche Teil dieser Linie deckt sich z. B. mit der Absperrlinie Englands gegen die nordwestlichen Festlandsstaaten.

Die geographische Wissenschaft hat für die Küsten nach verschiedenen Gesichtspunkten Einteilungen aufgestellt, die für den Verkehrsmann alle von Bedeutung sind:

Früher war die Einteilung nach Flach- und Steilküsten üblich; sie geht allerdings von einem äußerlichen, aber für den Verkehr trotzdem brauchbaren Kennzeichen aus. Man darf aber diese Begriffe nicht mit Tiefland- und Gebirgsküste verwechseln, denn es gibt steile Tiefland- und flache Gebirgsküsten. Die Ausartungen der beiden Formen sind die Watten- und die Kliffküste. Steilküsten sind für die Schiffe meist besser zugänglich als Flachküsten, für die Eisenbahn ist es oft umgekehrt, jedoch ist die Wattenküste auch für die Schienenwege schwierig, was die deutsche Küste an vielen Stellen lehrt. Steilküsten sind u. U. durch tiefe Furchen (Fjorde mit anschließenden Tälern) mit dem Landesinnern verbunden; ist dies nicht der Fall, so mündet die Eisenbahn u. U. mit einem langen Tunnel fast unmittelbar ins Meer aus (Genua).

Eine zweite Einteilung geht von den Kennzeichen ländisch (kontinental) und meerisch (marin) aus. Die meerischen Küsten werden im wesentlichen durch das Meer geschaffen, sie sind die selteneren (Friesland, Ostküste Oberitaliens), die ländischen erhalten ihren Charakter durch die Eigenart des Landes, besonders seiner geologischen Entstehung und des Verlaufs der Gebirge. Schollen- und Tafelländer erzeugen die glatten, buchtenarmen „neutralen“ oder „Schollenküsten“. Durch Parallelgebirge entstehen die Längsküsten, die meist wenig gegliedert sind (Ostküste Italiens), manchmal aber viele kleine Buchten haben (Nordküste Spaniens, Riviera), ausnahmsweise reichste Kleingliederung zeigen (Dalmatien). Sie sind dem Land-Längsverkehr günstig, solange sie nicht steil und zerklüftet sind (Ostküste Italiens), ist dies aber der Fall, so erfordern sie viele Tunnel und beengen den für Bahnhöfe erforderlichen Raum (Riviera); sie machen den Längsverkehr unmöglich, wenn sie stark zerklüftet sind (Dalmatien); sie erschweren fast immer den Querverkehr zum Meer. Stoßen die Gebirge senkrecht oder schräg auf das Meer, so entstehen die Querküsten (Westküsten von Irland und Kleinasien), die meist stark gegliedert sind, den Längsverkehr erschweren, aber den Querverkehr begünstigen.

Für den Verkehrstechniker sind die meerischen Eigenschaften der Küste wichtiger, als ihrer geographischen Bedeutung entspricht, denn die Werke des Seebaus und des Seehafenbaus sind umfangreicher und teurer und von der Natur abhängiger als die Werke der Eisenbahn; daher muß in allen Fragen der Seehäfen der Eisenbahner dem Wasserbauer den Vorrang lassen — selbst dann, wenn die Küste ungewöhnlich einfach und günstig ist und wenn sogar gleichzeitig die Entwicklung der Eisenbahnanlagen (Hafenbahnhöfe) durch die Natur (z. B. Gebirge) oder städtebauliche Bindungen reichlich erschwert ist.

Über besondere, für den Verkehr wichtige Einwirkungen der meerischen Kräfte sei noch angedeutet: Die Brandung erzeugt an den Steilküsten eine

Hohlkehle, über der die unterhöhlten Schichten abbrechen und am Strand eine aus Geröll bestehende Strandleiste bilden. Solche sind selbst dann für den Bau von Eisenbahnen usw. bedenklich, wenn die Brandung infolge Landhebung nicht mehr wirkt; insbesondere sind Tunnel und Einschnitte gefährlich, weil die Massen wieder in Bewegung kommen können, sie sind ähnlich zu beurteilen — obwohl durch andere geologische Vorgänge verursacht — wie die Murgänge oder Schuttkegel im Gebirge. Wo Gesteinsschichten verschiedener Härte quer auf die Küste stoßen, wäscht das Meer die weicheren Gesteine schneller aus als die harten, wodurch Buchten entstehen, die u. U. treffliche Häfen, besonders für die Kleinschiffahrt abgeben. An Flachküsten wirkt das Meer je nach Strömung und geologischen Verhältnissen hier zerstörend, dort aufbauend. Der westliche Teil der Nordsee steht anscheinend noch unter dem Zeichen der Zerstörung (Landsenkung?), der östliche unter dem des Aufbaus (?), indem die Rheinsande nach Osten wandern; solche Vorgänge sind dem Verkehr abträglich, denn die Meereseinbrüche sind nicht tief genug für die große Schifffahrt, und die wenigen Rinnen sind durch die Sande bedroht, während die „Neubauten“ zu flach und unbeständig sind, als daß sie Verkehrsanlagen könnten entstehen lassen. Hier hat der Wasserbauer und Verkehrstechniker große Aufgaben zu leisten, vgl. die Trockenlegung der Zuidersee, die Werke der Außenweser, den Dünenschutz, den Damm nach Sylt. — Von den in der Nordsee nach Osten wandernden Sanden wird vermutet, daß sie den deutschen Verkehr schirmen, indem sie gerade die Stelle schützen, an der durch die Ausmündung der Elbe einerseits die deckende Inselkette durchbrochen ist, andererseits aber der größte deutsche Seehafen emporgeblüht ist.

Die wandernden Sande setzen sich dort, wo sich die Strömung ändert, und da dies besonders an Vorsprüngen und Knickpunkten der Fall ist, entstehen hier Inseln, Hörner (Hela) und Nehrungen, hinter denen Strandseen (Haffe oder Lagunen) entstehen. Das so entstehende Neuland ist dem großen Verkehr im allgemeinen entrückt und trägt nur die dem Bäder- und Fischereiverkehr dienenden Linien (oft nur Kleinbahnen), für die der Anschluß an das Festland (durch den „Strandsee“ hindurch) schwierig ist und oft nur durch Fähren vermittelt wird, vgl. den Anschluß von Wollin (Misdroy) über Swinemünde, auch der von Rügen könnte hier genannt werden, obwohl diese Insel geologisch anders zu deuten ist. Jedoch sind die Strandseen und ihre vorgelegerten Inseln an einzelnen Stellen auch für den großen Verkehr wichtig, nämlich für die Schifffahrt, wo das Haff die Mündung eines Stromes aufnimmt, der sich durch ein „Tief“ den Ausgang zum Meer erzwingt (Stettin—Swinemünde) und für die Eisenbahn, wo die Insel die Brücke zur Gegenküste bildet (Rügen für Sassnitz—Trelleborg).

Mit diesen Betrachtungen sind wir schon in die Erörterung einer besonders für die Netzgestaltung der Eisenbahnen wichtigen Küsten-Erscheinung eingetreten, nämlich in die der Doppelküste. Bei ihnen unterscheiden wir die innere oder Hauptküste; sie folgt geologisch dem Festlandrand, der also im allgemeinen durch einen schwachen Höhenzug gekennzeichnet sein wird; was vor diesem liegt, ist als Schwemmland im Aufbau (oder auch im Abbruch) begriffen; charakteristische Punkte sind hier die Anfangspunkte der Flußdeltas, die oft auch Anfangspunkte besonderer Schwierigkeiten für den Wasserbau sind. Vom Verkehrsstandpunkt wird man aber die Hauptküste als die Linie der wichtigsten Küsten-Parallel-Eisenbahn bezeichnen, also als Verbindungslinie der großen Seehäfen, vgl. Antwerpen—Nymwegen—Rheine! — Osnabrück! — Bremen — Hamburg — Lübeck — Stettin — Danzig — Königsberg. Solche Linien liegen u. U. weit im Binnenland, jedoch ist zu beachten, daß es keine direkte Linie Nymwegen—Bremen gibt. Die äußere oder

Nebenküste wird durch den seewärtigen Strand der Inseln und Nehrungen gebildet, der, wie oben erwähnt, nur schwache Verkehrsmittel trägt (Kleinbahn auf Sylt).

Die deutsche Küste ist fast durchweg Doppel-, streckenweise sogar dreifache Küste. Sie stellt der Verkehrstechnik in Wasser- und Eisenbahnbau die verschiedenartigsten und teilweise durch besondere Schwierigkeiten ausgezeichnete Aufgaben, da fast alle Küstenformen vorkommen und im Ländischen und Meerischen starke Hindernisse zu überwinden sind und großen Gefahren zu trotzen ist. Erwähnt seien nur die Dünenküsten und ihr Einfluß auf die Küstenbahnen; wo der Dünengürtel nicht unterbrochen ist, bietet er der Eisenbahn guten Schutz, und die Trasse ist als am binnenseitigen Rand der Dünen verlaufend gegeben (Südbahn auf Sylt), oder sie kann auch in einem Längstal zwischen zwei Dünenketten verlaufen; wo aber die Düne durch Quertäler unterbrochen ist, ist die Linie bedroht, ohne daß man der Gefahr durch Änderung der Linie mit Erfolg ausweichen kann (das war z. B. für einzelne Geschützbahnen auf den deutschen Nordseeinseln recht kritisch).

Über Einzelbeziehungen zwischen Küste und Küstenbahn sei noch erwähnt:

Für den Gesamtverlauf der Linie ist der der Küste maßgebend: die gerade Küste ermöglicht auch die gerade Trasse (Barcelona—Valencia, Pisa—Rom, Bologna—Brindisi), die eingebogene (konkave) Küste zwingt auch die Trasse in eine große Krümmung (Danzig—Königsberg, Nizza—Livorno, Genf—Lausanne—Montreux), die vorgewölbte (konvexe) Küste gestattet das Abschneiden mittels der Geraden, wenn keine Gebirge oder tiefere Buchten hinderlich sind (Stockholm—Trelleborg), oder zwingt zum Ausfahren des Bogens, wenn die Küste steil ist (Barcelona—Narbonne, Arles—Genua), oder ermöglicht eine Mittellage bei mäßig großen Höhen (Köslin—Danzig).

In den Einzelteilen der Trassen kann man ein gewisses Verhältnis zwischen den zulässigen Halbmessern und den Größen der Buchten und Vorsprünge ermitteln: eine schmiegsame Kleinbahn wird die Unregelmäßigkeiten ausfahren, die eine Schnellzugstrecke mittels Einschnitten und Tunneln, Dämmen und Brücken abschneiden muß; je gebirgiger die Küste ist, desto mehr wird die Linie seitwärts gedrängt, weil sonst zu viele Tunnel erforderlich werden; je flacher die Küste ist, desto mehr wird die Linie landwärts gedrängt, weil sonst die Brücken zu lang und zu stark bedroht werden und die Schifffahrt u. U. behindern; an der Flachküste wird die Eisenbahn im allgemeinen sich aus den Verbindungsstrecken zwischen den Winkeln der Buchten zusammensetzen¹⁾.

Letzten Endes spielen aber auch in den Beziehungen zwischen Küste und Verkehr die „Stationsanlagen“ die Hauptrolle, und da von diesen die Häfen schwieriger sind als die zugehörigen Bahnhöfe, so ist der Gesichtspunkt maßgebend, inwieweit die Küste die Anlage von Häfen begünstigt oder erschwert; und da die Buchten die natürlichen Häfen sind, hat man zu prüfen, ob die Küste buchtenreich oder buchtenarm („glatt“) ist, und wie die Buchten im einzelnen beschaffen sind (Fjorde, Förden, Rundbuchten). Es gibt so buchtenreiche Küsten, daß selbst das reichste Hinterland die überreichen Geschenke der Natur nicht ausnutzen kann, so daß treffliche „Naturhäfen“ nicht zu Verkehrshäfen werden (Südenland); es gibt andererseits so buchtenarme Küsten, daß sich der Verkehr mit dem Notdürftigsten abfinden muß (Vorderindien, Südwestafrika). Da aber,

¹⁾ Das gilt fast alles auch für das Trassieren einer Eisenbahn an einem breiten Strom; jedoch bleibt bei diesem noch die Möglichkeit offen, wenn die Schwierigkeiten auf der einen Seite zu groß werden, die gegenüberliegende „Küste“ aufzusuchen, was dann allerdings eine Brücke erfordert.

wie oben erwähnt, der Verkehr sich in jedem einheitlichen „Raum“ immer mehr auf einen möglichst hochwertig ausgestatteten Hafen zusammenzieht, so muß man jede Küste als gut bezeichnen, die die Anlage eines guten Hafens und die Erschließung des Hinterlandes durch von hier aus ausstrahlende (Binnenwasserstraßen und) Eisenbahnen ermöglicht.

Vorstehend sind die Küsten hauptsächlich unter dem Gesichtspunkt betrachtet, wie sie sich den Eisenbahnen gegenüber verhalten; selbstverständlich sind aber hierbei die Verhältnisse für die Schifffahrt nicht zu übersehen. Die Schwierigkeiten für diese bestehen hauptsächlich in Sanden, Watten, Klippen, Stürmen, Nebel, Strömungen, Treibeis und Zufrieren. Diese Hindernisse, mögen sie auch nur teilweise wirken, setzen den Wert einer Küstenstrecke und ihrer Häfen stark herab und weisen den Verkehr den besseren Punkten zu; auf der nördlichen Halbkugel sind daher die Häfen (für Handel und Kriegführung) besonders wichtig, die gerade noch eisfrei sind; auf diesem Vorzug beruht zum Teil die Machtstellung New Yorks.

b) Die Flüsse.

Die Flüsse (und Binnenseen) sind die natürlichsten und dauerhaftesten Wege des Binnenlandes. Sie sind „Wege von Wasser“ und „Rinnen im Boden“ (Täler); sie tragen den Wasserverkehr unmittelbar, bilden aber auch für die Landwege und Eisenbahnen die maßgebenden Richtlinien.

Trotz dieser hohen Bedeutung sollen die Flüsse hier möglichst kurz behandelt werden, denn einerseits sind sie dem Ingenieur vom Flußbau her genau vertraute Gebilde, andererseits erschien es zweckmäßig, neben den Flüssen die andern linienhaften Gebilde möglichst selbständig zu erörtern; sobald man aber beginnen wollte, die Flüsse eingehend zu behandeln, würde darin die Besprechung der Täler ganz und auch die der Gebirge und Grenzen größtenteils untergehen. Das aber wollten wir vermeiden, so sehr auch beim Trassieren von Landwegen der Satz gilt: „Das Wasser ist das Beste.“

Die Flüsse sind starke Träger des Längsverkehrs und schwache Hindernisse für den Querverkehr. Wo die Hindernisse für den Querverkehr am schwächsten sind, liegen die natürlichen Brückenstellen, die stets zu den wichtigsten Verkehrspunkten gehören und die größten Eisenbahnknotenpunkte haben erstehen lassen; — die Geschichte der Kolonisation des deutschen Ostens ist die Geschichte der Brückenorte. Außerdem veranlaßt fast jede Unregelmäßigkeit an Fluß oder Ufern das Entstehen einer Siedlung. Die Bedeutung der Flüsse liegt also nicht nur im Linien-, sondern vielleicht noch mehr im Punkthaften.

Eine Skizzierung der Beziehungen der Flüsse zum Meer wird am besten damit eingeleitet, daß die Flüsse, obwohl sie zum Meer strömen, Fortsetzungen des Meeres in das Landesinnere sind. Die Elbe beginnt nicht im Süden in tausend Quellflüßchen, die sich schließlich zu der einen Ader vereinigen, sondern sie beginnt in Hamburg (und mit einem zweiten, schwachen „Quellfluß“ in Lübeck) und strahlt mit ihren schiffbaren Ästen, zu denen auch die obere Oder gehört, und den Elbe-Eisenbahnen den Verkehr nach Thüringen, Sachsen, Böhmen, Schlesien, Galizien aus.

Für jeden Fluß ist es daher von besonderer Bedeutung, ob das Mündungsmeer dem Verkehr günstig oder ungünstig ist. Am besten sind also die Flüsse gestellt, die im tropischen bis warm-gemäßigten Klima münden, so daß ihre Mündung nicht durch Eis und Nebel dauernd oder zeitweise verschlossen oder gefährdet ist. Ungünstig ist dagegen die Ausmündung in zu kalte Meere, ferner in sehr stürmische Meeresteile und in Binnenmeere; am ungünstigsten aber die Mündung in einen Binnensee (Wolga) oder gar das Versinken im Wüstensand. Die großen sibirischen Ströme können (bisher) den Verkehr nicht entwickeln, denn sie münden in das Eismeer, der St. Lorenzstrom verbindet

zwar das glänzendste Binnenwasserstraßen-System der Welt mit dem wichtigsten Ozean, aber an einer unter Eis und Nebel schon so stark leidenden Stelle, daß sein Verkehr von den Eisenbahnen des Hudson und des „Großen Tales“ abgesaugt und nach New York geleitet wird; Rußlands größter Strom mündet in einen Binnensee, alle seine andern Ströme in Binnenmeere; die Stärke der Elbe liegt zum Teil darin, daß die Oder nur in die Ostsee fließt. In vielen solchen Fällen sind die Eisenbahnen, u. U. auch Kanäle, berufen, den Verkehr in die „richtigen“, dem Flußsystem zwar widersprechenden, aber den Verkehrsansprüchen angepaßten Bahnen zu leiten.

Auch die Gestaltung der Mündung ist von großer Bedeutung. Die glatte Ausmündung in eine ausgeprägte Bucht ist gut (Hudson, La Plata), starke Deltabildung in einer Flachküste kann schon zu großem Aufwand für die Häfen führen, sie kann sogar die Mündung verkehrslos machen und die Hafenstadt abseits des Flusses entstehen lassen (Marseille).

Als wichtigste Eigenart der großen Flüsse der Erde und jeder einzelnen geschlossenen Landfläche kann man eine Art „Unregelmäßigkeit“ ansprechen: Man könnte es nämlich für besonders „natürlich“ ansehen, wenn die Flüsse etwa in der Mitte des Landes (des Kontinents, der Insel) entspringen und, gleichmäßig nach allen Seiten verteilt, ziemlich geradlinig dem Meere zueilen würden. Es wird aber schwer sein, hierfür ein Beispiel zu finden. Und es wäre auch schlimm für den Verkehr, wenn die Natur so „natürlich“ hätte arbeiten wollen, denn dann würde es zwar viele selbständige Flüsse geben, sie würden aber einen kürzeren Lauf, weniger Wasser und stärkeres Gefälle haben, als es glücklicherweise der Fall ist.

Die für das ganze Weltengeschehen wichtigste Unregelmäßigkeit ist die Bevorzugung des Atlantischen Ozeans durch den Verlauf der auch sonst so begünstigten Hauptwasserscheide der Erde: Von der Landfläche entwässern 53⁰/₁₀₀ zum Atlantischen und nur 22⁰/₁₀₀ zum Indischen und Großen Ozean zusammen, — der Rest von 25⁰/₁₀₀ hat keinen Abfluß zum Meer. Die acht größten Ströme fließen in den „Atlantic“ — und da er mehrfach in die Abwässergebiete der anderen Ozeane übergreift, so beherrscht er etwa 70⁰/₁₀₀ der Landfläche.

Dieser für den Atlantischen Ozean, Europa und Amerika so günstige Verlauf der Hauptwasserscheide kommt daher, daß in den einzelnen Erdteilen die Kontinental-Wasserscheiden zum Großen und Indischen Ozean ungünstig verlaufen; am sinnfälligsten ist das bei den beiden Amerika, sehr klar bei Afrika zu erkennen; bei Asien darf man nicht vergessen, daß das Nördliche Eismeer ein — verkehrlich allerdings kaum in Betracht kommender — Teil des Atlantischen Ozeans ist.

Hiermit ist schon angedeutet, daß viele Flüsse in der Nähe eines Meeres oder Meeresteiles entspringen, in das sie nicht münden. Sie haben hierbei entweder einen gestreckten Lauf (schönstes Beispiel der Amazonas, gut auch bei den Flüssen Spaniens zu erkennen, etwas abgeschwächt bei Rhein und Donau), oder sie fließen dem quellen-fernen Meer noch dazu auf einem großen Umweg zu (am klarsten bei den Afrikanischen und den La Plata-Strömen zu erkennen, gutes Beispiel auch der Missouri, Ohio, Mississippi). Hierdurch werden große einheitliche Verkehrsbecken geschaffen, die auch zur Bildung von Einheitsstaaten Veranlassung geben können. Das entstehende einheitliche Flußsystem ist dem Binnen-Verkehr naturgemäß günstig; desgleichen ist es für den Außenverkehr vorteilhaft, daß an der einen Austrittsforte ein entsprechend großer Hafen entstehen kann. Jedoch werden dadurch die anderen Küstenabschnitte u. U. benachteiligt.

Zum Entstehen derartiger großen Stromsysteme ist ein Küsten-Randgebirge (eine Küsten-Kordillere) erforderlich. Hierdurch erhält das Eisenbahn-

netz eigenartige Züge: Von der Hauptpforte aus werden naturgemäß die wichtigsten Eisenbahnlinien ausstrahlen (Buenos Aires); außerdem werden aber auch von anderen guten Küstenstellen aus Linien senkrecht zur Küste in das Landesinnere streben, wobei sie das Randgebirge überklettern müssen. Hierauf beruht die eigenartige Gestalt der Eisenbahnen des südlichen Brasiliens: die Wasserscheide verläuft dicht an der Küste, die Bahn vom Hafen Santos hat auf 11 km Länge einen Höhenunterschied von 800 m zu überwinden, Sao Paulo liegt bei nur 50 km Abstand von der Küste schon jenseits der Wasserscheide im Quellgebiet des Parana, der 1700 km weiter südlich das Meer erreicht. Auch durch Norddeutschland verläuft dicht an der Ostsee entlang ein Höhenzug, der aber durch die Oder und Weichsel durchbrochen ist, die Netze-Warthe fließt der Küste parallel, die Linie Stralsund—Berlin überschreitet eine allerdings sehr flächenhafte Wasserscheide, desgleichen die Wasserverbindung Wismar—Elbe und der Elbe—Trave-Kanal.

Durch die erwähnten und andere Unregelmäßigkeiten nähern sich die Flüsse stellenweise stark dem Meer (oder Meeresteil), in das sie nicht fließen. Dann wird ihr Verkehr von solchen Stellen aus „angezapft“. Die Anzapfung ist schwach, wenn der Nachbar schwach ist, — durch den Elbe—Trave-Kanal und die typisch auf Anzapfung gebaute Eisenbahn Lübeck—Büchen fließt nur ein kleiner Teil des Elbeverkehrs, denn er kommt nur nach der Ostsee und Lübeck. Die Anzapfung ist stark, wenn der Nachbar stark ist, — der Po entspringt nahe dem verkehrstarken Tyrrhenischen Meer und mündet in das verkehrsschwache Adriatische (Binnen-)Meer; sein Verkehr wird daher stark angezapft, und die Eisenbahnen von Genua nach der Po-Ebene gehören mit zu den wichtigsten Linien Italiens, obwohl sie die „Küsten-Kordillere“ unter recht ungünstigen Verhältnissen durchbrechen müssen. Ein ähnliches, aber weit wichtigeres Beispiel ist die Aufsaugung des Verkehrs aus dem oberen Mississippibecken von Chicago her über eine allerdings kaum merkliche Wasserscheide. Stark angezapft wird in Deutschland das ganze Wesergebiet, und zwar von der Elbe und dem Rhein her, von letzterem sogar doppelt, vom Niederrhein und vom Main her, und zwar zugunsten nicht-deutscher Häfen, um so mehr tut für die Weser (und Bremen) eine besondere Fürsorge durch Verbesserung der Schifffahrt, besonders aber der Eisenbahnen not. Angezapft wird von Deutschland her — und zwar mittels der Eisenbahnen, die früher hierfür auch besondere Tarifmaßnahmen anwandten — das mittlere Donaubecken, dessen Verkehr daher zum Teil nicht nach der Adria, sondern nach der Nordsee floß. Die obere Donau wird durch den Rhein-Main und deren Eisenbahnen angezapft, die untere durch die Bahnen nach dem Ägäischen Meer; — die Donau ist überhaupt kein einheitlicher Verkehrsweg, sie ist es auch immer nur während kurzer Zeiträume gewesen; — wer glaubte, die „Donau-Monarchie“ hätte, eben wegen des einheitlichen Stromes, eine Einheit sein können, muß sich sagen lassen, daß es u. U. schon vor dem Eisenbahnzeitalter von geringer Bedeutung war, wenn durch ein nach allen anderen geographischen Beziehungen nicht einheitliches Gebilde „zufällig“ ein großer Fluß strömte.

In ihrer Bedeutung für den Binnenverkehr sind die Flüsse zunächst danach zu unterscheiden, ob sie schiffbar sind oder nicht. Dieser Begriff ist aber leider so unklar, daß man ihn kaum gebrauchen kann. Die ins Meer mündenden Flüsse kann man in drei Teilstrecken gliedern: für Seeschiffe fahrbar, für Binnenschiffe fahrbar, nicht schiffbar.

Rechnet man hierbei als „Seeschiff“ nur die größeren Schiffe, so ist der von ihnen befahrbare unterste Stromteil dem Meer zuzurechnen; der Binnenverkehr beginnt daher erst an dem Haupthafen, und zwar hier oft an einem bestimmten Einzelbauwerk, nämlich der am weitesten seewärts gelegenen

Brücke, die auf die Durchfahrt der Seeschiffe keine Rücksicht nimmt. Diese Flußstrecke als „Meer“ zu bezeichnen, wird auch dadurch nicht falsch, daß auf ihr noch Binnenschiffe verkehren, z. B. auf der Unterelbe; ebensowenig wird aber ein Fluß oberhalb des Haupthafens dadurch zum Meer, daß er gelegentlich oder auch regelmäßig von (kleineren) Seeschiffen befahren wird (vgl. die Rhein—See-Schiffahrt).

Im eigentlichen Binnenverkehr ist in Ländern mit entwickeltem Eisenbahnnetz auf die Strecken wenig Wert zu legen, auf denen man zwar mit kleinen Schiffen noch fahren kann, bei denen dies aber wirtschaftlich falsch wäre, weil die Eisenbahn billiger arbeitet. In Kulturländern endet die Schiffahrt daher praktisch meist an tieferen Stellen, als die Atlanten angeben, während in Ländern, die erst erschlossen werden sollen, auch der nur für kleine Boote fahrbare Wasserlauf ausgenutzt werden muß, um nach dem Bau von Eisenbahnen allerdings wieder zu veröden. Die Einteilung der Flußstrecken wird daher in folgender Weise vorzunehmen sein: Festlegung des praktischen Endpunktes der größeren Schiffahrt, gekennzeichnet durch einen großen Umschlaghafen (Kosel, Straßburg oder Basel) und von wichtigen Einschnitten in der Binnenstrecke. Diese sind teils unbedingte Schnitte, nämlich die Unterbrechungen der Schiffbarkeit durch Wasserfälle und Stromschnellen (vgl. die afrikanischen Flüsse), an denen der Verkehr auf Umgebungsbahnen verwiesen werden muß, bis es der Technik gelingt, das Hindernis durch einen Kanal zu überwinden (Niagara, Sault St. Marie); teils sind sie nur Einschnitte dem Grade nach, wenn nämlich von dem Punkt ab kleinere Schiffsabmessungen erforderlich werden; teils wirken sie nur zeitweise (bei Wassermangel). Der Grenzen gibt es also viele und sie sind flüchtig und wechselnd, denn sie sind von den Ansprüchen des Verkehrs, dem Stand der Technik und der Witterung abhängig.

Vielfach fallen die Einschnitte mit den Mündungen von Nebenflüssen, u. U. auch mit guten Brückenstellen (Furten) und politischen Grenzen zusammen. Im allgemeinen entsteht an jedem Einschnitt ein Verkehrs-Stau, also ein Verkehrspunkt und daraus eine Siedlung. Hiermit werden die Flüsse zu „Punktreihen“ (Städtereihen).

Die den Flüssen folgenden Eisenbahnen sind von solchen Einschnitten fast ganz frei (Ausnahmen werden bei der Besprechung des Gebirgsrandes angedeutet werden). Während also ein einheitliches Flußsystem für seinen natürlichsten, nämlich den Flußverkehr, meist nicht zu einer Einheit wird, bildet es im allgemeinen für das künstliche Verkehrsmittel, nämlich die Eisenbahn, die Grundlage für das Entstehen eines einheitlichen Netzes. Jedoch sind auch im Landverkehr u. U. trennende Kräfte vorhanden; sie sind um so stärker, je schwächer der Fluß an sich ist, je mehr er einzelne große Krümmungen aufweist (Main, Weser, Rhone), je bewegter die Landschaft ist, je tiefer die Technik steht, je stärker die politische Zersplitterung ist. Insbesondere haben früher viele Teilstrecken größerer Flüsse (sowie die kleinen Flößchen und ihre Täler) ein Sonderdasein geführt und völkische, kulturelle und wirtschaftliche Zwerg-Einheiten gebildet (Oberengadin); auch haben starke große Krümmungen das Entstehen der Kleinstaaterei begünstigt, woran wir im Gebiet von Main—Weser noch heute zu leiden haben. In diesen Fällen kommt es u. U. nicht zur Bildung von einheitlichen völkersammelnden und staatenbildenden Verkehrsbecken, und auch die Eisenbahnen nutzen immer nur einzelne Teilstrecken der Flüsse aus, verzichten aber auf die Bildung großer durchgehender Parallelstrecken; es gibt viele Rheinlinien, aber keine Weser- oder Donaubahn.

Die Binnenseen zeigen meist die Verkehrsbedeutung der Flüsse in erhöhtem Maße. Sie begünstigen den Verkehr in allen Richtungen und

gestatten vielfach die billige Segelschiffahrt. Viele Binnenseen sind schiffbar, wo die sie bildenden Flüsse nicht schiffbar sind und haben dann den Verkehr und die Bevölkerung besonders verdichtet und an ihren Ufern, besonders an den „Spitzenpunkten“, die größten Städte und Eisenbahnknotenpunkte des Gebietes hervorgerufen. Gut läßt sich das an der Schweiz beobachten: die Eid-, „Genossenschaft“ des in kleinste Räume zersplitterten Landes hat sich an der vereinigenden Kraft des Sees emporgerankt, der bezeichnenderweise nach den „vier Waldstätten“ benannt ist; von diesem führen See-Brücken nach Zug, Zürich, Thur—Bern—Neuenburg—Genf und auch nach Sursee—Alten; viele wichtige Städte der Schweiz zeigen die charakteristische Lage am Spitzenpunkt eines Sees.

Auch dort, wo die Seen nicht schiffbar sind oder im Eisenbahnzeitalter nur noch für den örtlichen Güter- und den Vergnügungsverkehr benutzt werden, haben sie die hohe Bedeutung, daß ihre Wagerichten die Landverkehrswege an ihre Ufer locken (vgl. die Gotthardbahn, von Luzern bis Flüelen).

Es liegt in der geologischen Entstehung begründet, daß viele Seen gruppenweise auftreten, und daß viele (in Grabenbrüchen und Gletscher-Erosionsrinnen) langgestreckt sind; beides ist dem Verkehr günstig.

c) Die Gebirge.

Die Beziehungen zwischen Höhenlage und Verkehr sind bereits skizziert. Hier sind die Erscheinungen der Gebirge zu erörtern, die linienhaft sind, also die Gebirgszüge, Wasserscheiden, Gebirgsränder, Täler und Pässe.

Die meisten Gebirge verlaufen ausgesprochen in Gebirgszügen, was in Bezeichnungen wie „Kette“ oder „Kamm“ zum Ausdruck kommt. Jeder Gebirgszug weist einerseits den an ihn herantretenden Verkehr in die Parallellrichtung, also auf den Verlauf am Gebirgsrand entlang, andererseits zwingt er den Verkehr, der das Gebirge trotz dessen abschreckender Kraft überqueren will, auf bestimmte senkrecht verlaufende Linien, nämlich die Pässe.

Die Gebirgszüge sind nicht nur wegen ihrer Höhe, sondern vor allem deshalb Verkehrshindernisse, weil sie Wasserscheiden bilden, also die einzelnen Flußsysteme voneinander trennen. Die Wasserscheiden sind zunächst danach zu unterscheiden, wo sie in der Stufenleiter derer von Ozeanen, Nebenmeeren, selbständigen Strömen, Nebenflüssen usw. stehen; Europa hat an wichtigen Wasserscheiden solche zwischen: Atlantischem Ozean und Mittelmeer, Kanal und Nordsee, Nord- und Ostsee, Ostsee und Schwarzem Meer, Schwarzem und Kaspischem Meer. Nach der Stärke der Trennung unterscheidet man Kamm- und Plateau-Wasserscheiden, jene entsprechen den Gebirgszügen, diese mehr den flächenhaften Erhebungen, die oft mit Sümpfen, Seen und Mooren bedeckt sind und nur am Rand die Richtungen der Abflüsse deutlicher zeigen; sie sind dem Bau von Wasserscheiden-Kanälen günstig, vgl. die West-Ost-Wasserstraße durch Deutschland (Dortmund—Ems-, Mittelland- und Oder—Spree-Kanal).

Die Kamm-Wasserscheide, Kammlinie, kann entweder durchweg in ungefähr gleicher Höhe verlaufen (Balkan, Pyrenäen, auch Riesen- und Erzgebirge und Thüringer Wald) oder sie kann einzelne tiefe Einsattlungen aufweisen (Alpen). Die durchgehende Kammlinie ist selbst bei geringerer Durchschnittshöhe verkehrsfreundlicher als die eingesattelte, denn es kommt auch hier nicht auf die Linie, sondern auf die einzelnen begünstigten Punkte, also die Pässe, an.

Obwohl jede Kammlinie eine Wasserscheide bildet, fallen die wichtigen Wasserscheiden häufig nicht mit den Gebirgszügen zusammen und infolge-

dessen liegen auch oft die höchsten Erhebungen nicht auf einer Wasserscheide. Diese Abweichung von dem scheinbar Natürlichen ist vor allem darauf zurückzuführen, daß die Flüsse vielfach durch die Gebirgsgänge durchgebrochen sind und dadurch einen recht „unnatürlichen“ Verlauf genommen haben. Großartige Beispiele solcher Gegensätze im Gebirgsaufbau und der Netzgestaltung der Flüsse (im orographischen und hydrographischen Bau) zeigen Böhmen, das obere Wesergebiet, die mittleren Alpen; eigentlich wird ganz Deutschland von diesem Gegensatz beherrscht, der für den Verkehr sehr günstig ist, denn er öffnet niedrige Paßwege, vgl. die tiefen Einsattlungen der Hauptwasserscheide Europas zwischen Oder und March, Rhein und Donau, Aare und Rhone, Rhein und Doubs.

Die Pässe sind Querlinien zu den Gebirgszügen, sie setzen sich aus zwei Aufstiegen (Tälern) und einem, unter Umständen sehr kurzen Mittelstück zusammen. Der Verkehrswert des Passes hängt davon ab, wie er sich zu den drei wichtigsten Verkehrsarten: Wasserstraßen, Chausseen und Eisenbahnen verhält. Die Wasserstraßen können nur ganz geringe Paßhöhen überwinden, wenn sie wirtschaftlich bleiben sollen; sie müssen die höchste Stelle im allgemeinen offen überschreiten, da Kanaltunnel ungewöhnlich teuer sind; daher muß man so manchem Kanalentwurf für Mitteldeutschland oder „Mitteleuropa“ mit Mißtrauen gegenüberstehen. Chausseen überwinden die Pässe wegen der geringeren Baukosten stets offen; Tunnel kommen in ihnen nur zur gelegentlichen Abschneidung von Felsvorsprüngen vor (Axenstraße); die Schwierigkeit ihres Baues und Verkehrs hängt von der Wegsamkeit der beiden Täler, der Steilheit und Höhe des Passes und der Bedrohung durch Naturgewalten (Schnee, Lawinen, Felsstürze) ab. Die Eisenbahn hat auch hier teilweise grundlegend geändert, denn sie hat die zum Bau langer, tief liegender Scheiteltunnel erforderlichen Gelder und eine wesentlich leistungsfähigere Technik zur Verfügung gestellt: Infolgedessen ist die offene Überschreitung (wie noch bei der Brennerbahn) nicht mehr erforderlich und damit nicht mehr die Paßhöhe maßgebend, sondern es kommt darauf an, eine Stelle zu finden, an der sich die Gebirgsmassen scharf zusammenziehen und dadurch die Möglichkeit geben, einen tief gelegenen Scheiteltunnel zu bohren, dessen Länge die Kräfte der Technik und des Kapitals nicht überschreitet. Das trefflichste Beispiel dieser Art ist die Simplonbahn, deren Scheitelpunkt im Tunnel auf nur + 705 liegt. Der Paß, durch die berühmte Straße Napoleons bezwungen, erreicht die Höhe + 2000; zu dem Paß führt aber bis unmittelbar an die „Gewaltsteigung“ das tief eingeschnittene Rhonetal heran, das am Genfer See nur auf + 380, bei Brieg auf + 686 liegt, und mit ihm steht das Rheintal durch die Eisenbahn Basel (+ 282) — Hauenstein (+ 452) — Olten (+ 399) — Eclépens¹⁾ (+ 450) — Lausanne (+ 483) trotz Jura und trotz „Kontinentaler Wasserscheide“ in derart guter Verbindung, daß die Bahn von der Nordsee bis zum Südausgang des Simplontunnels eine „Flachlandbahn“ bleibt; erst von dort ab nimmt sie im wilden Felstal der Doveria auf ein kurzes Stück den Charakter einer Gebirgsbahn an (Kehrtunnel bei Iselle) und fällt hier auf 19 km Länge von + 634 (Südportal) auf + 278 (Domodossola).

Die Fortschritte im Tunnelbau und im Bau und Betrieb der Gebirgsbahnen haben manchen altberühmten Paß entthront und manchen bisher wegen seiner Wildheit ungangbaren Gebirgstheil zu hoher Bedeutung erhoben [bestes Beispiel die Ablösung des Brenners (+ 1362) durch die Gotthardbahn (höchster Punkt + 1154)].

¹⁾ Bei Eclépens liegt die kaum merkbare Wasserscheide zwischen Rhein und Rhone, also zwischen Nordsee und Mittelmeer; der Simplon ist nur eine Wasserscheide zweiter Ordnung, aber er bildet die Verkehrs-, Wirtschafts- und Völkerscheide.

Für Paßwege ist es ferner von Bedeutung, ob das Gebirge mittels eines Passes bezwungen werden kann oder ob wegen Auflösung des Gebirgs in mehrere Ketten, mehrere Pässe zu überwinden sind, also mit verlorenen Steigungen gerechnet werden muß. Das ist der große Gegensatz zwischen den West- und den Ostalpen: in jenen hat sich das Gebirge am stärksten aufgebäumt, hat damit die höchsten Gipfel und hohe Pässe geschaffen, mußte hierzu aber die ganze Kraft auf ein schmales Band zusammendrängen (am klarsten im Gotthard zum Ausdruck kommend); je weiter aber nach Osten zu, desto mehr sind die gebirgsbildenden Kräfte auf breite Flächen verteilt worden; die Höhen blieben hier daher kleiner, aber es sind mehrere Ketten und dementsprechend Längstäler entstanden, und die Alpenwege bleiben daher in mäßigeren Höhen, zeigen dafür aber den Längenschnitt mit mehrfachen Scheiteln (Wien—Triest, Salzburg—Triest, München—Mittenwald—Brenner) oder mit großem Umweg (München—Rosenheim—Brenner). Ähnliches zeigt der Jura, der hierdurch teilweise verkehrsfreundlicher wirkt als die Alpen; — der höchste Punkt der Bahn Paris—Simplon—Mailand liegt nicht im Simplon (+ 705), sondern im Jura (Mont d'or-Tunnel + 896), er liegt also auch nicht auf der kontinentalen Wasserscheide (westlich Dijon), sondern in einer Wasserscheide dritter Ordnung. — Diese Andeutungen sind einerseits gemacht, weil sie zeigen, daß der Bau der Gebirge, die Bildung der Wasserscheiden und das Entstehen der Verkehrscheiden manchmal sich gegenseitig widersprechen, also der Natur zu widersprechen scheinen; aber es liegt hier im großen Walten der Natur nichts Unnatürliches vor; die Natur hat z. B. bei der Rhone dem Oberlauf, der ein Fluß des Nordrandes der Hauptkette der Alpen ist, nur gestattet, sich westlich von Genf durchzuziehen, so daß der einheitliche Zug vom Genfer See über den Neuenburger See zu Aare und Rhein für den Lauf der Wasser, nicht aber für den Lauf des Verkehrs verloren gegangen ist.

Der Aufstieg zum Paß ist gleichbedeutend mit der Durchquerung des Gebirgsrandes. Der Gebirgsrand ist das Band, das den Übergang vom Gebirge zur Ebene vermittelt. Er hat, wie oben gesagt, viele Ähnlichkeiten mit der Küste und trägt gewisse Kennzeichen der Grenze (siehe unten); er ist daher für Verkehr und Politik und meist auch für die Wirtschaft von besonderer Bedeutung, weil seiner Entstehung entsprechend hier vielfach starke Kräfte (Bodenschätze, hohe Fruchtbarkeit und Wasserfälle) vorhanden sind.

Für Deutschland sind drei Gebirgsränder besonders wichtig:

Der Nordrand der deutschen Mittelgebirge also die Südküste der norddeutschen Tiefebene mit dem Band (Mons—)Aachen—Hamm—Hannover—Leipzig—Kattowitz—(Krakau—Odessa),

der Nordrand der Alpen, also das Alpen-Vorland,

der Südrand der Alpen, besonders der Absturz der Alpen zur Lombardei.

In dieser Aufzählung erscheinen drei wichtige Formen des Gebirgsrands: der mähliche Übergang von der Tiefebene zum Mittelgebirge, der steilere vom Mittel- zum Hochgebirge und der jähe von der Tiefebene zum Hochgebirge. Jede dieser Übergangsformen gibt der Wirtschaft verschiedenartige Grundlagen und stellt dem Verkehr besondere Aufgaben. Allgemein ist zu sagen, daß der Übergang um so günstiger ist, je sanfter er ist; insbesondere begünstigt der langsame Aufstieg die friedliche Durchdringung durch die Nachbarn, während der Steilabfall die in der Ebene Sitzenden bedroht. Der Gebirgsrand weist wie der Gebirgszug den Längsverkehr von sich ab in die Ebene, und zwar um so stärker, je empfindlicher das Verkehrsmittel gegen Steigungen und je weniger die Ebene (etwa durch Versumpfung) dem Ver-

kehr hinderlich ist. Über den Gebirgsrand selbst läuft der Verkehr nur, wenn er die Ebene nicht benutzen kann (sei es wegen des Wassers, sei es wegen politischer Widerstände) oder wenn am Gebirgsrand starke Kräfte (Erze, Wasserfälle) die Verkehrslinien anlocken. Ein treffliches Beispiel bietet der Nordrand des Harzes: der alte Weg mied die sumpfige Niederung, der heute die Eisenbahn Börssum—Oschersleben folgt, er hielt sich auf den trocknen Höhen, auch im Schutz des Waldgebirges und seiner Rand-Burgen und folgte den Wasserfällen (Mühlen) und den Erzgängen (Goslar). Hier sind durch arbeitsfrohe Pioniere so wichtige Siedlungen entstanden, daß sie auch die ersten Eisenbahnen anzogen, und so entstand (nicht aus einem Guß!) die Linie Seesen—Goslar—Vienenburg—Halberstadt, die allerdings ihre „trockne“ Lage mit einem ständigen Auf und Ab und starken Steigungen bezahlen muß. Der Durchgangsverkehr hat sich daher die Linie Neue Krug—Vienenburg—Grauhof und Neue Krug—Börssum—Oschersleben geschaffen, und dieser folgte streckenweise auch die (aus gewissen Gründen aber nicht zweckmäßige und daher nicht gebaute) „Südlinie“ des Mittellandkanals. Andererseits ist später die noch näher am Gebirge verlaufende und daher mit noch ungünstigeren Steigungen arbeitende Linie Goslar—Harzburg—Wernigerode—Halberstadt entstanden, die aber hauptsächlich dem örtlichen Ausflug-, Stein- und Holzverkehr dient.

Den Querverkehr verweist der Gebirgsrand natürlich auf die Quertäler. Da sich nun die vom Gebirge rinnenden Bächlein und ihre Tälchen nach unten zu immer mehr zu Bächen und Tälern vereinigen, zeigt der Gebirgsrand in seinen oberen Streifen viele, aber schwache, in seinem unteren dagegen wenige, aber starke Träger des Querverkehrs, und dieselbe Stufenfolge zeigen die Siedlungen; schließlich läuft der Verkehr in der Ebene in einigen wenigen Großstädten zusammen. Das muß sich dort besonders klar ausprägen, wo der Gebirgsrand einwärts gebogen (konkav) ist, weil dann der Verkehr mit den Flüssen in einem Punkte zusammenfließen muß (schönstes Beispiel Turin); aber auch bei geradem Gebirgsrand wird ein zu seinen Füßen liegender begünstigter Punkt noch die Kraft haben, den Verkehr zu sammeln (Mailand); wo sich aber das Gebirge nach außen wölbt (konvex ist) und die Flüsse daher auseinanderstreben, werden mehrere solche Punkte entstehen (Braunschweig und Magdeburg, beides die Großstädte des nördlichen Harzes, die eine im Weser-, die andere im Elbegebiet).

Die Knotenpunkte des Verkehrs entstehen natürlich an den Schnittpunkten der Längs- mit den Querlinien, sie nehmen daher ebenfalls nach der Ebene zu an Zahl ab, an Stärke zu (vgl. Harzburg—Vienenburg—Börssum—Braunschweig).

Aber der Querverkehr erzeugt noch eine besondere Verkehrsbedeutung bestimmter Stationen: durch die stärker werdenden Steigungen ist nämlich ein Wechsel der Verkehrsmittel oder wenigstens eine Änderung in den Bau- und Betriebseinrichtungen bedingt. Die Ebene verfügt über große Ströme, das Mittelgebirge bietet dem Schiff aber oft an seinem Rand halt und wird nur stellenweise von schiffbaren Flüssen erschlossen, im Hochgebirge gestatten nur die Seen eine örtlich beschränkte Schifffahrt; die Ebene hat den schweren Frachtwagen mit schweren Pferden geschaffen, das Mittelgebirge den leichteren Wagen, das Hochgebirge den Karren und das Saumtier; bei den Eisenbahnen unterscheidet man Flachland-, Hügelland- und Gebirgsbahnen, jede mit ihren bestimmenden Steigungen, Lokomotivarten, Zuglängen, Geschwindigkeiten, Bahnhofsanlagen.

Wo nun der Wechsel vorgenommen, wo umgeladen, umgepackt, gestapelt werden muß, entsteht ein Anstau von Verkehr, von Menschen und Gütern, und dieser lockt wieder die Händler an, so daß sich aus den Betriebs-

notwendigkeiten heraus „Verkehr“ und Handel entwickelt; hierauf beruht die Blüte so mancher „Gebirgsstadt“, z. B. der alten deutschen Handelsitze in Bayern. Allerdings haben die Eisenbahnen diese Notwendigkeiten eingeschränkt, weil sie auf der gleichen Spur und mit den gleichen Wagen in jedem beliebigen Gelände fahren, so daß nicht mehr umgeladen und bei wichtigen Linien auch nicht mehr umgestiegen zu werden braucht. Aber es bleiben doch die Umladungen zwischen Schiff und Bahn, nach Bahnen besonderer Bauart (Schmalspur-, Zahnstangen-Bahnen) und die großen Betriebsaufgaben des Verschiebe- und Lokomotivdienstes bestehen; außerdem bilden solche Stationen oft politische, Zoll- und Bahnverwaltungs-Grenzpunkte; ferner liegt es in der geschichtlichen Entwicklung begründet, daß viele solche Punkte zu Beginn des Eisenbahnzeitalters die beherrschenden Städte trugen und daher die Linien auf sich lenkten, und da dann zunächst nur die bequemerem und lohnenderen Strecken in dem reichen Tiefland gebaut wurden, während das arme und schwierige Gebirge lange auf die Lokomotive warten mußte, wurde die Kraft solcher Punkte durch den Umschlag zwischen Eisenbahn und Landweg weiter gestärkt.

Mit der Benennung Turins als eines besonders guten Beispiels für die verkehrssammelnde Kraft der Stadt am einwärts gebogenen Gebirgsrand war bereits die Bedeutung der Tieflandbuchten angedeutet, über die noch bemerkt sei: Die Tieflandbucht der Tieflandküste ist verkehrlich der Meeresbucht der Meeresküste zu vergleichen, jedoch mit folgendem Unterschied: Der Großhafen entsteht nach früheren Ausführungen an dem Punkt, bis zu dem das große Seeschiff hinauffahren kann, also im Winkel der Bucht, die Großstadt in der Tieflandbucht entsteht aber in deren Mitte, und die eigentliche „Küste“ wird durch einen Kranz von kleineren Städten, je eine am Austritt eines Tales, gesäumt. Abgesehen von der „Westbucht“ der Lombardei wird dies sehr schön durch die Leipziger Bucht verdeutlicht, in der aber infolge geologischer und politischer Besonderheiten nicht eine Stadt, sondern ein Städtepaar entstanden ist, — ein Zeichen dafür, daß auch hier der einheitliche geographische Raum zwar den Verkehr konzentriert, daß aber in ihm genug Platz ist, um die Besiedlung dezentralisieren zu können. Die Leipziger Bucht ist so recht das Herz des deutschen Binnenverkehrs, sie ist das auch bis zum Beginn des Eisenbahnbaus gewesen (vgl. die Leipziger Messen und Schlachtfelder), ihre Bedeutung ist aber durch die leidige Politik stark geschmälert worden, — nicht zum Vorteil des Gesamt-Vaterlands.

d) Die Täler.

Die für den Verkehr wichtigsten Linien oder Bänder sind die Täler, die wir daher schon oft erwähnen mußten, nun aber im Zusammenhang erörtern wollen: Gerade bei den Tälern spielen für den Verkehrstechniker die geologischen Verhältnisse eine große Rolle; denn wenn er sie nicht genügend berücksichtigt, kann er große Gefahren auslösen und erhebliche Kostensteigerungen verursachen; wenn er sie dagegen berücksichtigt, wird er nicht nur die Gefahren bannen, sondern auch die Kosten vermindern. Der trassierende Ingenieur muß jedes Tal als ein geologisches Gebilde ansehen, und zwar nicht als ein totes, sondern als ein lebendes, d. h. in fortwährender Entwicklung befindliches; am Tal (und Fluß) arbeiten ununterbrochen die mächtigen Naturgewalten, denen der Mensch nur winzige Kräfte entgegenstellen kann. Unter diesem Gesichtspunkt kann man die Täler vom Standpunkt der Verkehrswege wie folgt einteilen:

a) Nach äußeren Kennzeichen:

nach Form, Richtung zum Gebirge, Verlauf und Gefälle;

b) nach inneren Merkmalen:

1. Erosionstäler, 2. tektonische Täler, wobei zwischen 1. und 2. noch Übergänge bestehen.

Ohne diese Einteilung folgerichtig durchzuführen, schließen wir uns ihr im folgenden ungefähr an.

Die geographische Wissenschaft rechnet die Täler zu den „Hohlformen des Festlands“ und stellt die Täler als die kleine Abart den Senken, Mulden und Becken als der großen Abart gegenüber, eine auch für den Verkehr wichtige Unterscheidung. Die Täler sind „langgestreckte, schmale, wenigstens nach einer Seite hin offene Furchen mit mehr oder weniger symmetrischen Böschungen und einseitig geneigter Sohle“. Man kann die Täler nach den für den Verkehr wichtigen geographischen Verhältnissen etwa wie folgt einteilen:

a) Nach der Form: Tief- und Flachtäler. Bei den Tieftälern bilden die Hänge, bei den Flachtälern die Sohle den Hauptteil der gesamten Talfläche; die Gebirgstäler sind meist Tieftäler, ihre Ausartung sind die Schluchten, Klammern, Cannons.

b) Nach der Richtung zum Gebirge: Längs- und Quertäler. Die Längstäler laufen parallel zum Gebirge; sie sind meist gleichmäßig, weil sie in gleichbleibenden Schichten verbleiben, sind aber trotzdem für den Verkehr weniger bedeutungsvoll, weil sie nicht in seiner Hauptrichtung verlaufen (vgl. das Rheintal oberhalb Churs), oft aber sogar stark störend, weil sie zu verlorenen Steigungen zwingen (vgl. die Ostalpen und den Schweizer Jura). Die Quertäler verlaufen ungefähr senkrecht zum Gebirge und entsprechen damit der Hauptverkehrsrichtung, sind also die wichtigsten. Sie zeigen oft starke Unterschiede, weil sie verschiedenartige Schichten durchbrechen und häufig stellenweise verschüttet sind. Sie zeigen daher oft ein stufenförmiges Gefälle (s. u.).

Manche Quertäler gehen durch das ganze Gebirge hindurch und werden dadurch zu Durchbruchstälern. Sie entstehen meist durch rückwärts-schreitende Erosion und sind für den Verkehr von besonderer Bedeutung, weil sie ganze Landschaften aufschließen, ohne daß Gebirgslinien mit verllorener Steigung erforderlich werden. Deutschland ist durch vier Durchbruchstäler ausgezeichnet, auf denen ein gut Teil seiner Verkehrsbedeutung beruht: Der Durchbruch des Rheins durch den Jura öffnet die Nordschweiz, bedarf aber noch der Schiffbarmachung; der Durchbruch des Rheins durch das rheinische Schiefergebirge macht den Rhein zum wichtigsten Strom Europas; der Durchbruch der Elbe im Elbsandsteingebirge öffnet den böhmischen Kessel nach Norden, also nach Deutschland und den deutschen Häfen; der Durchbruch der Donau bei Wien schließt das reiche ungarische Senkungsfeld an Deutschland an und zwar doppelt: über die Donau an Bayern und den Rhein, über die March an Schlesien und die Oder.

Wenn sich Längs- und Quertäler zu einheitlichen Tälern vereinigen, entstehen die Zusammengesetzten Täler. Ihrer Entstehung entsprechend zeigen sie in sich viele Mannigfaltigkeiten, die im Bau und Betrieb (besonders durch die wechselnden Steigungen) zum Ausdruck kommen. Die ihnen folgenden Linien müssen meist große Umwege machen; wo andere Möglichkeiten zur Verfügung stehen, wird der Verkehr sie daher verschmähen. Für die Bahnen Basel—Mailand sind z. B. die beiden „Haupttäler“ Basel—Konstanz—Chur—Splügen und Basel—Olten—Lausanne—Brieg, die eigentlich

gegebenen Linienzüge, aber es sind mehrfach „zusammengesetzte“ Täler, infolgedessen folgt die älteste Bahn den kürzeren, wenn auch steileren Quertälern der Reuß und des Tessin. Hierbei zeigen die Oberläufe des Rhone- und Rheintals das für zusammengesetzte Täler bezeichnende Verkehrsbild, daß der Charakter der Bahn sich ändert: die noch nicht ganz fertige Bahn Brieg—Furka—Ilanz ist eine „Touristen“-Kleinbahn mit Schmalspur, starken Steigungen und elektrischem Betrieb. Auch der Wertabfall in der im „durchgehenden“, aber „zusammengesetzten“ Tal verlaufenden „durchgehenden“ Linie Frankfurt—Basel—Konstanz bei Basel ist recht bezeichnend. Ein großartiges Beispiel für zusammengesetzte Täler bietet die Norddeutsche Tiefebene: Die von OSO nach WNW streichenden Urstromtäler sind Längstäler, die kurzen Durchbrüche S—N (Magdeburg—Wittenberge, Oderberg—Stettin—Swinemünde, Bromberg—Danzig) sind Quertäler; hierin ist es zum Teil begründet, daß den norddeutschen Strömen die Eisenbahnen nicht ausgesprochen folgen und daß sogar der Wasserverkehr stellenweise vom Hauptfluß abspringt.

c) Nach dem Verlauf kann man von geraden, gekrümmten, gewundenen und vielgewundenen Tälern sprechen. Wie sich diese verschiedenen Arten zum Verkehr verhalten, bedarf keiner allgemeinen Erörterung. Es sei nur angedeutet: Da jedes Tal eine verdoppelte Küste (nicht zu verwechseln mit „Doppelküste“) ist, gilt hier alles, was über die Beziehungen zwischen Küste und Küstenbahn gesagt ist, und da Tal und Fluß in vielem so übereinstimmen, gilt auch das über den Verlauf und die Krümmungen der Flüsse Gesagte.

d) Nach dem Gefälle kann man die Täler in schwach und stark fallende einteilen und hierbei im einzelnen danach unterscheiden, ob die Schifffahrt noch möglich ist und zwar ohne große Verbesserung, mit Regelung oder mit Kanalisierung, und ob der Schienenweg den Charakter der Flachland-, Hügelland- oder Gebirgsbahn annimmt. Von besonderer Bedeutung ist die Gleichmäßigkeit des Gefälles. In alten Tälern mit „reifen“ Flüssen wird sie im allgemeinen vorhanden sein, bei jüngeren Tälern aber fast nie. Vielmehr ist hier das Gefälle stufenförmig, wofür mancherlei Ursachen maßgebend sein können, von denen folgende im Verkehr zum Ausdruck kommenden genannt sein mögen: Das Durchstreichen festeren Gesteins (fester „Bänke“) quer durch das Tal (Domfelsen in Magdeburg), das Einsinken von „Kesseln“ (vgl. die Einwirkung der abgesunkenen Kölner Bucht und des Neuwieder Beckens auf den Rhein), die Verschüttung des Tales durch Bergstürze (Moränen), also durch natürliche Staudämme, die Hebung eines Teilgebietes. Durch all solche geologischen Störungen wird der Längenschnitt in Teilstrecken zerlegt, und zwar in längere mit schwachem und kürzere mit starkem Gefälle; jene sind durch breite Flußbetten und Flachtäler und oft durch langgestreckte Seen oder ganze Seenketten, diese durch schmale Flußbetten, Tieftäler und Stromschnellen oder Wasserfälle gekennzeichnet, vgl. den Rhein im Rheingau und Binger Loch und die vielen trefflichen Beispiele der Schweiz; das schönste ist wohl das Engadin mit seinen Talstufen und Seen. Die Steilstrecken bereiten dem Verkehr natürlich besondere Schwierigkeiten; selbst in sonst „freien“ Strömen müssen hier u. U. Schleusen eingebaut werden (für das Binger Loch beabsichtigt gewesen), und die Eisenbahnen sind hier zu künstlichen Längenentwicklungen oder Einlegung von Zahnstangen gezwungen.

Ist der „natürliche Staudamm“ entsprechend breit und hoch, so daß er nicht mehr durchgenagt werden konnte, so entsteht das „Zerrissene Tal“, das man als Gegensatz des Durchbruchtals bezeichnen könnte. Hierbei muß der eine Teil des zerrissenen Flusses seine Fließrichtung ändern. Die für Deutschland wichtigsten zerrissenen Täler sind das Rhein—Doubs-Tal, in dem

früher die Wasser vom Taunus zum Mittelländischen Meer strömten, hieran aber durch eine kleine Hebung der Burgundischen Pforte verhindert wurden, und das Obere Rhone—Zihl—Aare—Rhein-Tal, das nördlich des Genfer Sees zerrissen ist, so daß die Rhone nun nach SW fließt. Der Verkehr knüpft zerrissene Täler wieder zusammen, u. U. durch Wasserstraßen (vgl. den Rhein—Rhone-Kanal durch die Burgundische Pforte und den geplanten zweiten Rhein—Aare—Rhone-Kanal, der durch die Verbindung des Neuenburger und Genfer Sees geschaffen werden soll), besonders aber durch Eisenbahnen, die ja auch in der mäßig hohen Erhebung kein Hindernis finden (vgl. oben).

Diese Skizzierung der wichtigsten Tälertypen möge genügen, wobei wir allerdings die bedeutungsvolle Unterscheidung nach Erosions- und Tektonischen Tälern vorläufig zurückstellen. In den bisher genannten Tälern ist stets der Fluß das wichtigste und das bestimmende Glied, und das Trassieren steht daher in enger Abhängigkeit vom Fluß; ob sich dabei die Trasse mehr dem Fluß anschmiegt oder mehr die Hänge bevorzugt, hängt von der Form, dem Querschnitt des Tals, ob Tief- oder Flachtal, von den Krümmungen, den Gefällen und von der Stärke des Verkehrswegs ab¹⁾.

Eines der lehrreichsten Beispiele bietet hier wegen ihrer Verschiedenartigkeit die Mosel:

1. Sie wird auf ihrer ganzen Strecke von Land wegen unmittelbar begleitet, auch wo sie stark gewunden ist. Diese haben allerdings auf den krümmungsreichen Teilstrecken keine Bedeutung für den durchgehenden (Kraftwagen-) Verkehr, und es sind an gewissen Stellen (z. B. zwischen Bernkastel und Trarbach) Abkürzungen vorhanden, die aber starke verlorene Steigungen haben.

2. Auch die Kleinbahn folgt der windungsreichen Mittelmosel.

3. Die Eisenbahn aber liegt nur dort neben dem Fluß, wo dieser einen ziemlich gestreckten Lauf hat, im übrigen aber schneidet sie die Krümmungen durch Tunnel und Ausnutzung älterer Talbildungen ab, und wo der Talboden sich ausnahmsweise erweitert (im Raum Trier), entfernt sie sich stellenweise vom Fluß.

4. Die Schifffahrt folgt natürlich dem Fluß; die angestrebte Kanalisierung wird aber wohl auch Abschneidungen (wie an der Maas) vornehmen, wobei voraussichtlich bemerkenswerte Bauwerke vereinigter Staustufen und Kanaltunnel entstehen dürften.

5. Die Römer aber sind mit ihrer großen Straße nicht dem Fluß gefolgt, sondern geradeaus über die Höhen gegangen, teils wohl aus militärischen Gründen, teils weil sie nur an den Durchgangsverkehr dachten und daher sehr „rücksichtslos“ trassierten²⁾.

¹⁾ Es sei dabei daran erinnert, daß jede Küste und jeder Gebirgsrand ein der Länge nach durchgeschnittenes halbes Tal ist; das über diese beiden Bildungen Gesagte trifft also auch für die Täler zu; tatsächlich sind ja auch schmale Meere und (fast) alle Binnenseen „Täler“ mit zwei Küsten oder zwei Gebirgsrändern, und ob das Rhonetal oder die oberrheinische Tiefebene nur von einem Fluß durchströmt werden (wie in der geologischen Gegenwart) oder einen meerbedeckten Fjord darstellen (wie in einer vergangenen Zeit), ist für viele Verkehrsfragen belanglos, und die Verkehrswissenschaft kann manche Fragen nur beantworten, indem sie die Gegenwart aus der Vergangenheit erklärt.

²⁾ Es müßte lehrreich sein, wenn für die Trasse der zurzeit im Bau befindlichen zweiten Moselbahn die Abweichungen gegenüber der alten Linie genauer begründet würden; man könnte daraus lernen, wie die beim Bau und Betrieb der alten Moselbahn gesammelten Erfahrungen, die Fortschritte unserer geologischen und technischen Kenntnisse, die Veränderungen der technisch-wirtschaftlichen Verhältnisse usw. in den Abweichungen der beiden Trassen zum Ausdruck kommen. Von besonderer Bedeutung wäre hierbei eine Würdigung des im Betrieb ungünstigen Glanzstückes der alten Moselbahn, nämlich des Kochemer Tunnels, der bei der neuen Linie durch eine Verlängerung der Strecke und Bau mehrerer kürzerer Tunnels vermieden wird.

Die bei den bisherigen Erörterungen stillschweigend gemachte Annahme, daß das Tal vom Fluß geschaffen sei und daher von ihm beherrscht werde, bedarf aber gewisser Berichtigungen und Ergänzungen.

Zunächst gibt es „Flußtäler“, die ihren Charakter dadurch verloren haben, daß sie ertrunken sind, indem sie von einem seichten Meeresteil oder Binnensee überschwemmt sind. Sie können als die tiefen Rinnen in sonst weniger schiffbarem Gewässer eine besondere Verkehrsbedeutung haben, wie manche durch Binnenseen geführten Kanalstrecken zeigen; auch die Silberrinne östlich England, der Fehmarnbelt, und die Rinne der Oder im Haff sind hier zu erwähnen.

In gewissem Sinn den Gegensatz zu den ertrunkenen bilden die trocken gewordenen Täler. Sie entstehen dadurch, daß der Fluß versiegt (z. B. in den zur Steppe oder Wüste werdenden Fruchtländern, womit der Untergang mancher Städte verknüpft ist), oder daß der Fluß sich ein anderes Bett sucht. Dem Verkehr sind solche Täler günstig, weil sie eben „Rinnen im Boden“ sind und weil sich in ihnen sicher stellenweise Wasser findet, aber sie gebieten größte Sorgfalt beim Trassieren und der Bauausführung, weil u. U. doch plötzlich wieder einmal, wenn auch nur für kurze Zeit, die Wasser durch sie tosen.

Eine ähnliche Erscheinung sind die Täler, die von wesentlich größeren und anders gearteten Strömen geschaffen sind als von den heute durchfließenden. Die Betten sind dann naturgemäß zu breit und in ihnen schlängelt sich das heutige Fließchen unruhig hin und her, während die Eisenbahnen die sicheren Ufer des alten Strombetts bevorzugen. Hierzu gehören fast alle Urstromtäler der norddeutschen Tiefebene, die daher teilweise noch den Charakter versumpfter Brüche zeigen und daher dem Verkehr entsprechende Schwierigkeiten bereiten; am reinsten hat der Spreewald den früheren Zustand bewahrt, er zeigt noch heute den Wasserlauf als „Dorfstraße“ und ist daher stets ein großes Hindernis gewesen und hat als solches eine gewisse Rolle in der Geschichte gespielt; der Knotenpunkt Cottbus verdankt seine Bedeutung seiner Lage an der Südspitze des Spreewalds.

Noch größer ist das Mißverhältnis zwischen dem heutigen Wässerchen und dem schaffenden „Fluß“, wenn dieser ein Gletscher gewesen ist. Solche Täler sind ungewöhnlich breit und tief, sie zeigen vielfach die charakteristische Trogform, die den Aufstieg von der Talsohle zum Hang so schwierig macht (vgl. die Linien von Lauterbrunnen nach Wengen und Grütschalp), ferner die Moränenzüge und die bekannten langen schmalen Seen, die aber vielfach schon wieder ausgefüllt sind und daher fast wagerechte, glatte Ebenen darstellen. Ein solches ausgefülltes Tal ist bekanntlich dem Lötschbergtunnel so verhängnisvoll geworden.

Hiermit ist bereits die aufbauende Tätigkeit der Flüsse berührt; die Flüsse höhlen nicht nur aus, sondern sie schütten die abgetragenen Massen an andern Stellen wieder auf. Sie sind dadurch große Förderer von Wirtschaft und Verkehr geworden, indem sie die großen fruchtbaren und wegsamen Tiefebene geschaffen haben. Aber in diesen kann eigentlich nicht mehr von „Tälern“ gesprochen werden; jedenfalls ist der Verkehr nicht mehr an sie gebunden, sondern er wird von den andern oben erörterten für das Trassieren im Flachland maßgebenden Erscheinungen beherrscht. Hier muß aber noch auf folgende Erscheinungen aufmerksam gemacht werden:

Wo immer der Verkehr aus engem Tal in ein breites Tal oder gar in die Ebene austritt, neigt er zur Deltabildung. Der Wasserverkehr wird hierzu allerdings meist nur dann veranlaßt, wenn der Fluß ein Delta bildet, der Landverkehr strebt aber stets sofort auseinander, denn einerseits will er die ganze Fläche erschließen, andererseits wird er von dem Fluß selbst etwas abgestoßen,

weil seine Nähe unangenehm und gefahrvoll ist. So streben die Eisenbahnen bei Bonn aus dem engen Schlauch austretend, in der sich nach Norden verbreiternden Kölner Bucht auseinander, — ein Vorgang, den wir meist in der andern Richtung betrachten und daher als Zusammenfließen des Verkehrs in dem „Trichter“ bezeichnen. Der Fluß stößt in solchen Fällen den Verkehr und besonders auch die Siedlungen bis auf eine gewisse Entfernung von sich ab, weil die aufbauende Tätigkeit zu Spaltungen und Verlegungen, also zur Stromverwilderung führt, den fruchtbaren Boden fortschwemmt und statt dessen unfruchtbares Geröll ablagert. Der in diesem Sinn als „Bett“ zu bezeichnende Streifen ist daher tot, das wirtschaftliche Leben und der Verkehr hält sich statt dessen auf zwei Bändern, die durch das Flußbett voneinander getrennt sind. Sehr klar ist das bei der Oberrheinischen Tiefebene zu erkennen, bei der die Städte nicht am Fluß, sondern näher am Gebirgsrand (und zwar am Austritt der Nebentäler) liegen und sich nur dort unmittelbar an den Strom gewagt haben, wo hohe Ufer eine sichere Lage gewährleisten (Speyer) oder starke wirtschaftliche oder verkehrliche Notwendigkeiten dazu auffordern (Mannheim-Ludwigshafen). Beim Trassieren der Eisenbahnen ist man hier in der mißlichen Lage, entscheiden zu müssen, welche Stadt man unmittelbar berühren will (Mannheim oder Heidelberg, Speyer oder Neustadt), und wenn der Verkehr stark genug ist, um mehrere Parallelbahnen ernähren zu können, entstehen dieselben Schwierigkeiten für den Schnellzugfahrplan.

Die Erwähnung des Oberrheinischen Grabens hat uns nun zu den Tälern geführt, die überhaupt nicht mehr als Flußtäler bezeichnet werden können, die nämlich keine Erosions-, sondern tektonische Täler sind. Sie sind vom verkehrsgeographischen Standpunkt, insbesondere beim Entwerfen und Erklären von Verkehrsnetzen nach ihrer Gestalt zu unterscheiden, nämlich danach, ob sie mehr länglich sind, also noch Talcharakter zeigen, oder ob sie mehr rundlich sind, also mehr den Charakter von Becken oder Mulden zeigen und dann von vielen kleineren, nach der Mitte zusammenlaufenden Tälern belebt sind. Die für Mitteleuropa wichtigsten Becken sind: das Seinebecken, das der Aufstülpung der Alpen entsprechende Senkungsfeld der Lombardei und das Becken der mittleren Donau. Das Seinebecken ist wohl das beste Beispiel für die im einheitlichen Gebiet einheitlich auf die Mitte wirkenden Verkehrskräfte. Hierauf beruht die Bedeutung des Seinebeckens als wirtschaftliche, politische und verkehrliche Mitte Frankreichs (das Gegenstück, aber von geringerer Kraft, ist für Deutschland die Leipziger Bucht). Auch die Lombardei und das ungarische Senkungsfeld zeigen ähnliche Züge, jedoch hat die Lombardei ihrem Talcharakter entsprechend die Städtereihe Turin—Mailand—Venedig hervorgerufen, wobei jede Stadt ihre besondere Verkehrsbedeutung hat.

Der Talcharakter prägt sich noch besser aus in den „Gräben“. Sie haben eine besonders hohe Verkehrsbedeutung und sind stellenweise das Rückgrat der ganzen Netze. Der wichtigste Graben der Welt ist das Rote Meer, seine Fortsetzung, das Jordantal, ist dagegen bedeutungslos; wohl aber werden die mit ihm auf dieselben Ursachen zurückzuführenden (?) afrikanischen Gräben (z. B. der Tanganjika-See) zu hoher Bedeutung aufsteigen. Ob die für Europa so wichtigen Ein- und Durchbrüche: Straße von Messina, Adria, Ägäisches Meer—Dardanellen—Bosporus „Gräben“ sind, bleibe dahingestellt.

Der wichtigste Graben für Westeuropa und besonders für Deutschland ist der Rhone—Rhein-Graben, der geologisch allerdings keine Einheit ist. Er zieht sich sehr gestreckt von Marseille über Lyon—Belfort nach dem untern Main, erreicht hierbei nur die Höhe von ± 300 und findet seine Fortsetzung in der Wetterau bis Marburg und dann wieder in dem Leinegraben bei

Göttingen. In diesem Sinne entspricht ihm die Eisenbahn Marseille—Lyon—Straßburg—Frankfurt—Hannover—Hamburg, deren Bedeutung der Verkehrskraft dieser großen Naturerscheinung allerdings nicht entspricht; denn der Wert ist durch die Natur dadurch herabgesetzt, daß der Charakter zwischen Marburg und Hannover größtenteils verloren gegangen ist; vor allem wirkt aber die Politik lähmend, nämlich einerseits der Gegensatz Deutschland-Frankreich, andererseits die Verschlechterung des Eisenbahnnetzes zwischen Frankfurt und der Nord- und Ostsee durch die Kleinstaaterei. Außerdem aber hat der Graben durch das Durchbruchstal des Rheins einen zweiten, sehr wegsamen Ausgang nach dem wertvollsten und verkehrsstärksten Gebiet Deutschlands, Niederrhein-Westfalen, erhalten.

Neben der Gestalt ist die Entstehung der tektonischen Täler von Bedeutung, allerdings nicht so sehr für die Gestaltung des Verkehrsnetzes als vielmehr für die Einzelheiten der Linienführung, denn von der Art der Entstehung hängen die Gefahren ab, mit denen der Ingenieur zu rechnen hat. In Betracht kommt: senkrecht Absinken des Grabens, bzw. senkrechte Hebung der Ränder, Faltung der Schichten mit Entstehung des Tales in der Mulde oder mit Aufreißen des Scheitels, Abrutschen von schräg gelagerten Schichten. In jedem Fall muß man sich über die geologischen Vorgänge genau klar sein, damit man gefährliche Stellen vermeidet und nicht neue Bewegungen der Schichten auslöst.

In jedem tektonischen Tal sammelt sich natürlich Wasser, das sich zu einem Fluß vereinigt, und nun in das große geologische Tal sein kleines Erosionstal eingräbt; es ist aber einleuchtend, daß die andern das Tal mit benutzenden Wege in diesem Fall von dem Fluß weit unabhängiger sind als in einem Erosionstal.

e) Die Grenzen.

Auch bei den Grenzen tut man gut, die Linie durch das Band zu ersetzen, denn die Natur bildet im allgemeinen keine Grenzlinien, sondern Grenzsäume, indem sie gewissen langgestreckten Flächen den Charakter des Trennenden und Begrenzenden verleiht.

In der geschichtlichen Entwicklung erscheinen daher auch zunächst meist nicht starre Grenzlinien, sondern unbestimmte, fließende Übergänge (vgl. z. B. die Grenzen des Römischen Reichs und die der werdenden Kolonialreiche). Erst die Politik bringt das Wirkliche und Natürliche, den Grenzsäum, auf das Künstliche, die Linie, wobei „mit Hilfe von mehr oder weniger viel Geschick, geographischen Kenntnissen, Gewalt und Kuhhandel“ u. U. die merkwürdigsten Gebilde entstehen, einerseits für die heutigen größeren Staaten ausgezackte Grenzlinien mit En- und Exklaven als Erinnerung an die frühere Kleinstaaterei, andererseits die einem Breiten- oder Längengrad folgenden schnurgeraden Linien (Kolonialländer und besonders Nordamerika) oder die „Durchschnittsabstände“ von bestimmten natürlichen „Linien“ (Küsten, Tälern, Gebirgskämmen), die aber keine Linien sind, weil sie von der Natur als Bänder geschaffen sind. Leider muß auch der Verkehr die politischen Grenzen stark beachten, denn Polizei, Zoll, Seuchenschutz usw. zwingen dem Verkehr Hemmungen und Stauungen auf, die sich in einen entsprechenden Mehraufwand an Bauten, Beamten und Betriebsstoffen umsetzen; außerdem sind die politischen Grenzen fast immer auch Verwaltungsgrenzen der Verkehrsanstalten und daher Betriebsendpunkte mit allen Notwendigkeiten des Verschiebe-, Abstell- und Lokomotivdienstes. Die Grenze wird hierdurch als eine Punktreihe von Häfen und Bahnhöfen gekennzeichnet, die aber nicht notwendigerweise genau auf der politischen Grenze zu liegen brauchen; folgerichtig löst sich jeder Grenzübergang sogar in zwei Bahnhöfe auf (Jeumont-

Erquelines, Eydtkuhnen-Wirballen). Der Übergang ist besonders erschwert, wenn die Spurweite wechselt, wie früher an der russischen Grenze.

Die für den Verkehr stärksten Grenzen sind die Klimagrenzen, durch welche die von ihnen umschlossenen Gebiete gegen ihre unwirtliche Nachbarschaft abgeschlossen werden; solche Grenzen sind vor allem die Ränder der mit ewigem Eis bedeckten Flächen (einschließlich der Hochgebirge), der Wüsten und des Urwalds. Gegen sie dringt der Verkehr nur in immer spärlicher und schwächer werdenden Ausläuferstrecken vor, denn einerseits kann die schwächer werdende Wirtschaft ein dichtes Netz nicht mehr ernähren, andererseits werden die technischen Schwierigkeiten ständig größer, Bau- und Betriebskosten also höher, so daß z. B. die Vollbahn in die Nebenbahn und diese in die Kleinbahn übergehen muß. Die Grenzen gegen Wüsten und Steppen sind fast immer gleichzeitig Grenzen zwischen dem technisch höher stehenden das bessere Land bewohnenden (Tiefland-)Volk und dem ärmeren Steppen- oder Wüstenvolk. Das auf der höheren Stufe stehende Volk muß hierbei die Grenze militärisch decken; fühlt es sich schwach, so geschieht dies durch Befestigungen und durch Verweisung des Verkehrs auf wenige Punkte, an denen von beiden Seiten die den beiden feindlichen Völkern angehörenden Händler zusammenkommen, wobei vielfach auch ein Wechsel des Verkehrsmittels stattfindet (Eisenbahn, Karawane). Ist das höherstehende Volk dagegen stark, so rückt es über die Grenze vor, um das unbegünstigte Gebiet zu unterwerfen, zu „befrieden“ und auszunutzen. Mit der wichtigste für solche „friedliche Durchdringung“ ist das Vortreiben der Verkehrswege, nicht nur in das feindliche Gebiet hinein, sondern ganz hindurch bis zu der jenseitigen Grenze; als Stützpunkte dienen hierbei in der Wüste die Oasenketten, in der Steppe die Flüsse oder die trockenen Flußbetten, im Urwald und in Savannen die Flüsse. In dieser Weise haben die Amerikaner mit Hilfe der (jetzt größtenteils erlegenen) Schifffahrt ihr Land erobert; ähnliches beobachten wir heute im Vorgehen der Engländer und Franzosen in Nordafrika, der Russen in Sibirien, aber mittels Eisenbahnen.

Zu den „Klimagrenzen“ gehören auch die Grenzen der verschiedenen Nutzpflanzen und Nutztiere, und da das Wirtschaftsleben vielfach auf dem Vorkommen bestimmter Pflanzen und Tiere beruht, so sind solche Grenzen mittelbar auch für den Verkehr wirksam; außerdem aber stellenweise auch unmittelbar, weil der Verkehr sich bestimmter Tiere (Pferd, Kamel, Büffel, Rentier) bedient, teils von gewissen Pflanzen und Tieren bedroht und behindert wird, — s. o. „Verkehrsfeinde“.

Als stärkste und beste Grenze gilt allgemein das Meer, denn es hat die Doppelseigenschaft, abzuschließen und zu verbinden. Einzelheiten brauchen hier nicht erwähnt zu werden, da dies an anderer Stelle geschieht. Die Meeresküste ist für die Verkehrsmittel selbstverständlich Grenze (außer an ganz schmalen Stellen); das Meer wirkt aber nur dort trennend, wo es sehr breit oder unwirtlich ist; schmale Meeresteile vereinigen dagegen Küste und Gegenküste nebst den Inseln zu einer wirtschaftlichen und verkehrlichen, oft auch politischen Einheit (Mittelmeer, Nord-Ostsee, Golf von Mexiko, die großen Seen in Nordamerika, die Südsee).

Starke Grenzen sind auch die Gebirge, besonders die Gebirgsketten mit scharfen Kammlinien, wenig Sätteln und wenig Quertälern (Pyrenäen, Balkan, Thüringer und Bayrischer Wald); wo aber die Flüsse in Widerspruch zum Verlauf der Gebirge stehen, verlieren diese, wie oben angedeutet, ihre trennende Bedeutung, vgl. den Aufschluß Böhmens durch die Elbe nach Norden.

Ausgebreitete Gebirge mit langsamem Anstieg, viel Quertälern, großen Talbildungen mit volkverdichtenden Seen wirken nicht als Grenzen, sondern

als Übergangsgebiete. Wie sich die Verkehrsmittel in ihnen verhalten, ist bei Erörterung des Gebirgsrandes besprochen; es sei nur erwähnt, daß gerade hier die Auflösung des „Grenzpunktes“ in zwei Punkte besonders häufig, weil das natürlich Gegebene ist, vgl. die Gotthardbahn mit den „Grenzpunkt-Paaren“: Göschenen—Airolo, Luzern—Bellinzona, Basel—Mailand. — Brauchbare strategische Grenzen dürften die Gebirge nur sein, wenn man nicht etwa nur die Kammlinie, sondern auch deren Vorgelände mit dem Ausgang der Paßwege und der Tunnel besitzt.

Starke Grenzen sind auch ausgedehnte Wälder mit schlechter Forst- und Wasserwirtschaft, so daß sie zu einem sumpfigen Niederholzgestrüpp werden. In diesem Zustand hat Rußland seine Grenzen gegen Deutschland gehalten.

Die Flüsse und Binnenseen gelten als gute Grenzen, aber mit Unrecht. Ihre Beliebtheit bei den Diplomaten beruht darauf, daß sie als Grenzen bequem sind und daß manche Flüsse, sogar ganz kleine (Rubicon), bei unentwickeltem Verkehr als Grenzen in der Geschichte eine Rolle gespielt haben. Brauchbar sind sie nur, wenn sie so klein sind, daß sie keine Bedeutung für den Verkehr erlangen können, oder wenn sie so groß sind, daß sie wirklich (noch) trennend wirken und daß (noch) nichts zur Verbesserung der Schifffahrt zu geschehen braucht. Sobald aber das am schiffbaren Strom sitzende Volk zu politischer und technischer Höhe aufsteigt, kann es den Fluß als Grenze nicht ertragen, sondern muß über den Fluß gehen, um ihn, auch zu seiner eigenen Verbesserung und zur Ausnutzung der Wasserkräfte mit seinen beiden Ufern zu einer wirtschaftlichen und verkehrlichen Einheit zu machen. Daher greifen auch die Flußstädte auf das andere Ufer über, indem sie zu Furt- und Brückenstädten werden und sich Brückenköpfe schaffen. — Militärisch können Flüsse brauchbare taktische Stellungen abgeben, weil sie starke Hindernisse gegen den Infanteriesturm und Tanks sind und mit dem Maschinengewehr leicht verteidigt werden können; als strategische Grenzen sind sie aber nicht brauchbar, vielmehr muß auch hier die Grenze vorwärts liegen, und zwar so weit vorwärts, daß die an dem Fluß verlaufende Eisenbahn mit ihren Bahnhöfen, die also die Verkehrsbasis der Verteidigung ist, von dem Fernfeuer nicht wirksam behindert werden kann.

Gewisse Grenzsäume und Grenzpunkte (Küsten, Gebirge, Urwaldgürtel) haben einerseits für sich ein so eigenartiges Verkehrswesen, daß die beiden Nachbarvölker den besonderen Verkehrsaufgaben der Übergangszone nicht gewachsen sind, andererseits muß aber die Bevölkerung des Grenzgebiets die Verkehrsmittel der beiden angrenzenden Gebiete wenigstens so weit zu handhaben verstehen, daß sie den Umschlagverkehr abwickeln kann. Das erzieht solche Völker zu ausgesprochenen Verkehrs- und Handelsvölkern, die sich als Zwischenhändler nicht ausschalten lassen und oft Handels- und Verkehrsmonopole geschaffen haben. Damit wird der Grenzsäum die gegebene Stelle für Verkehrs- und Handelszentren, die sich oft, dem kleinen Raum entsprechend, im Besitz räumlich kleiner, wirtschaftlich und militärisch aber starker Staaten befinden, vgl. Venedig, die Hansa, Holland, England. Es gelten also hier die Erörterungen über Schwellen- oder Flurlage, Küsten, Inseln usw.

Wichtig ist noch die Unterscheidung nach offenen, also dem Verkehr günstigen, und verriegelten, also den Verkehr erschwerenden Grenzen. Die offenste Grenze ist die nur von der Diplomatie — vielleicht unter Anlehnung an eine völkische Grenze — in der Ebene gezogene politische Grenzlinie (Deutschland—Holland). Jedoch kann eine solche Grenzlinie doch stark fühlbar werden, wenn der Stand der Kultur und des Verkehrs dies-

seits und jenseits sehr verschieden ist (Deutschland—Rußland). Verriegelte Grenzen werden in ihrer Ungunst gemildert, wenn sie wenigstens von einigen Toren durchbrochen sind (Deutschland—Böhmen). Deutschland hat im allgemeinen offene Grenzen, da dort, wo die Natur ungünstig ist, die Verkehrstechnik die Hindernisse überwunden oder wenigstens gemildert hat.

Größere Staaten haben naturgemäß außer der äußeren Grenze auch innere Grenzen zwischen den einzelnen nach Volksstämmen und wirtschaftlichen Grundlagen gekennzeichneten Landschaften. Durch Deutschland verläuft z. B. eine starke Barrikade von den Mooren Frieslands im NW über den Teutoburger Wald, die Wesergebirge, den Thüringer und Bayrischen Wald nach den Alpen im SO; dieser Wall hat aber glücklicherweise nicht stark trennend gewirkt, zum Teil deswegen nicht, weil er an einzelnen Stellen durchbrochen und zwischen Minden und Eisenach zertrümmert ist, auch decken sich die Grenzen der Volksstämme nicht überall und die der Absatzgebiete der Energiequellen (Kohlen) nur stellenweise mit diesem Gebirgszug. Mit der Erwähnung der Energiequellen und ihrer natürlichen Absatzgebiete haben wir bereits die für die Binnenaufteilung und die Binnengrenzen wichtigste Beziehung, nämlich die Gliederung größerer Gebiete in „Wirtschaftsprovinzen“ erwähnt, auf die wir später noch zurückkommen werden. — Im Personenverkehr werden u. U. künstliche Grenzen durch übergroße Knotenpunkte geschaffen, indem in ihnen der durchgehende Verkehr zerschnitten wird; das gilt z. B. für Paris und Wien, durch die hindurch es einen durchgehenden Verkehr kaum gibt.

f) Die durch Bodenschätze ausgezeichneten Linien.

In den vorigen Abschnitten handelte es sich um Linien (Bänder), die verkehrsgeographisch ausgezeichnet sind und daher die Verkehrswege unmittelbar beeinflussen. Nun gibt es aber auch Linien, die wirtschaftlich ausgezeichnet sind und den Verkehr infolgedessen mittelbar beeinflussen. Allerdings tragen die vorher besprochenen Gebilde fast immer auch wirtschaftliche Kennzeichen; insbesondere ist das Wasser nicht nur vom Verkehrs-, sondern auch vom wirtschaftlichen Standpunkt zu würdigen, und wir haben demgemäß vielfach auf den Einfluß auf Wirtschaft (Politik und Strategie) hingewiesen. Für die Pflanzen- und Tierwelt, also für die Landwirtschaft im weitesten Sinn, muß jedes der erörterten Bänder besondere Bedingungen aufweisen, weil es eine bestimmte Höhenlage, eine Himmelsrichtung und damit eine bestimmte Lage zur Sonne hat, weil es in Beziehungen zum Wasser steht usw. Die fruchtbarsten Gebiete sind schmale Meeresküsten (Indien, Java, Riviera) oder Küsten von Binnenseen (die Nordufer der Schweizer Seen) oder Talhänge (Rheingau) oder Flußtäler (Oberrhein, Ebene des Po, Ganges) oder Gebirgsränder (Mitteldeutschland). Auch die besonders guten Böden bilden, ihrer Entstehung entsprechend, vielfach Bänder, desgleichen aber auch die armen Böden (großartigstes Beispiel: das nordafrikanisch-asiatische Wüstenband).

Darüber hinaus sind aber gewisse Linien durch geologische Erscheinungen ausgezeichnet. Die Bodenschätze treten nämlich im allgemeinen nicht wahllos zerstreut auf, sondern sie folgen, ihrer Entstehung entsprechend, bestimmten Linien, vgl. vor allem das große „Kohlenband“ von Lens über Charleroi—Aachen—Essen—Hamm und seine Fortsetzung über Hannover—Halle—Waldenburg nach Oberschlesien, das die stärkste Verdichtung des Eisenbahnnetzes des Kontinents veranlaßt hat. Auch die Salze folgen bestimmten „Salzlinien“, und auch für manche Heilquellen lassen sich Bänder konstruieren, auf denen sie liegen. Ferner liegen die Wasserfälle, weil am Gebirgsrand, oft auf bestimmten Linien.

Zusammenfassend läßt sich daher über die „Bänder“ sagen: Es gibt einige Ausnahmen, die der Wirtschaft und dem Verkehr ungünstig sind (Gebirgskämme, unzugängliche Küsten, Urwaldgüter, versumpfte Täler, Sandgürtel); die Mehrzahl der Bänder ist aber verkehrlich und wirtschaftlich ausgezeichnet. Sie zeigen daher vielfach eine starke Verdichtung der Bevölkerung, der Gütererzeugung und des Verkehrs. — Aber auch hier setzt sich letzten Endes das Punkthafte durch; das Band wird also zur Punktreihe, nämlich zur Städtereihe, und oft erscheinen mehrere Parallelreihen von Städten auf demselben Band, vgl. die oberrheinische Tiefebene, das Band Hannover—Leipzig und vor allem das niederrheinisch-westfälische Kohlenbecken.

3. Die punkthafte Gebilde. — Die Siedlungen.

Vorbemerkung.

„Wer den Bahnen folgt, stößt auf Siedlungen“; — der Verkehr dient der Verbindung der Siedlungen untereinander; Siedlungs- und Verkehrsgeographie sind eine Einheit.

In den Beziehungen zwischen Verkehr und Siedlungen sind die Siedlungen meist das Ursprüngliche; die Siedlungen werden aus bestimmten Gründen geschaffen und der Verkehr muß sie verbinden, die schon vorhandene Siedlung bewirkt also das Anziehen und das Ausstrahlen der Verkehrslinien. Manchmal ist aber auch der Verkehr das Ursprüngliche, denn er muß sich Rastpunkte schaffen, er zieht sich auf Brückenstellen und Pässe zusammen, er bringt verschiedene Verkehrsmittel an bestimmten Punkten für den Umschlag zusammen; für all das sind Betriebsanlagen und Angestellte erforderlich, und damit ist die Notwendigkeit einer Siedlung begründet. So sind auf dem „freien Feld“ große Bahnhöfe entstanden, für die man einen Namen erfinden mußte („Kreuz“) oder einem benachbarten Dörfchen entlehnen mußte (Bebra, Nordstemmen, Lehrte). Ein Verschiebepark mit Hauptwerkstatt erzeugt eine regelrechte „Eisenbahnerstadt“. Wesentlich wichtiger aber ist die Anziehungskraft, die ein Knotenpunkt auf Behörden, Schulen, Truppen und besonders auf den Handel und die Gewerbe ausübt, und tatsächlich haben die durch ihre geographische Lage ausgezeichneten Punkte, sobald sie entsprechende Verkehrsmittel erhielten, die größten Städte erzeugt.

Mit seinen Siedlungen tritt der Mensch als das „anpassungsfähigste Geschöpf“, also die „bewegliche, veränderliche, höchst entwicklungsfähige Größe, mit dem geographisch Gegebenen, also mit den festen, unveränderlichen rein-natürlichen Größen und mit den vom Menschen beeinflussbaren Naturbedingungen in besonders enge Verbindung. Die Siedlungen sind also nichts Starres, Unabänderliches, — keine toten Steinhaufen —, sondern sie sind lebende Wesen, die mit ihren Bewohnern wachsen, blühen, verkümmern, in Schlaf verfallen, wieder aufleben und schließlich vielleicht sterben. Demgemäß ändern sich die Beziehungen der Siedlung zu ihrer geographischen Stelle; die Gründe, die für die erste Anlage maßgebend waren, verlieren an Bedeutung, sie klingen u. U. nur noch im Namen fort, während andere Beziehungen neu entstehen; es kann also häufig die heutige Siedlung nicht mehr aus ihrer Gründung heraus erklärt werden; gerade bei den Siedlungen muß also die geographisch-geologische Betrachtungsweise durch die geschichtliche ergänzt werden; viele deutschen Städte haben diese Umwandlung (vom römischen Lager, der Burg, dem Kloster, vom Fischer- und Mühlendorf oder Eisenhammer) durchgemacht. Die größten Umgestalter sind hierbei die Waffen- und Verkehrs-

technik, die zunehmende Befriedung und das Aufkommen des Bergbaues gewesen; die schwierigsten Siedlungsfragen der Gegenwart, gleichzeitig die bedenklichsten Seiten der heutigen Zivilisation, sind durch Dampf und Eisenbahn ausgelöst worden.

Jede Siedlung hat eine topographische Lage im kleinen und eine geographische Lage im großen Raum. Die topographische oder „Ortslage“ ist dadurch gekennzeichnet, daß eine bestimmte Stelle ihrer näheren Umgebung gegenüber durch irgendwelche geographischen Verhältnisse (hohes Ufer, fester Untergrund, gutes Wasser) aufgezeichnet ist; sie ist vor allem für kleine Siedlungen und unentwickelte Technik wirksam. Die Bedeutung der topographischen Lage tritt gegen die der geographischen um so mehr zurück, je größer die Siedlung wird, je höher die Technik steigt, je mehr sich der Verkehr entwickelt; — Hamburg liegt nicht mehr an der Alster, sondern an der Elbe, aber nicht an einem beliebigen Punkt, sondern an der Grenze der Seeschifffahrt; — Weltstädte haben eine durch ihre Verkehrslage begründete Weltlage.

Die Gründe (Kräfte), aus denen heraus eine Siedlung entsteht, kann man — im Rahmen einer dem Verkehr gewidmeten Abhandlung — zweckmäßigerweise wie folgt gruppieren:

I. Die nicht-verkehrstechnischen Kräfte.

- a) „Politische“, d. h. nicht-wirtschaftliche Kräfte.
 1. Gunst der sog. „Großen der Erde“ (Fürstengunst),
 2. Religiöse Ursachen,
 3. militärische Erwägungen, und zwar:
 - α) Schutzlage (nur defensiv),
 - β) strategische Bedeutung (auch offensiv).
- b) Wirtschaftliche Kräfte.
 1. Die für jede Siedlung erwünschten günstigen Verhältnisse der topographischen Lage,
 2. Das Vorhandensein bestimmter Werte,
 - α) Wasser (außer seiner Verkehrsbedeutung),
 1. für die hauswirtschaftliche Tätigkeit,
 2. als Stoff für die Gewerbe,
 3. als Kraft,
 4. in Form von Heilquellen.
 - β) Naturschönheit und gutes Klima,
 - γ) Bodenschätze und zwar:
 1. Brennstoffe,
 2. Rohstoffe für die Gewerbe.

II. Die aus dem Verkehr stammenden Kräfte.

Betriebsstationen. Endpunkte, Mittelpunkte. Zwangspunkte (Spitzen- und Paßpunkte).

Die Einhaltung einer so strengen Stoffgliederung würde aber das Verständnis wahrscheinlich erschweren und viele Wiederholungen verursachen. Außerdem mußte vieles schon bei der Erörterung der flächenhaften und der linienhaften Gebilde vorweg genommen werden; ferner würde diese Einteilung einem für den Verkehr besonders wichtigen Punkt nicht genügend Rechnung tragen, nämlich der Unterscheidung der Siedlungen in die kleinen, nämlich die landwirtschaftlichen, die an den Verkehr nur kleine, durchschnittliche, leicht zu befriedigende Ansprüche stellen, und in die großen, nämlich die gewerblichen, die große und schwierige Aufgaben stellen. Eine an die Spitze gestellte Skizzierung des Siedlungswesens der landwirtschaftlichen Gebiete führt aber in das Verständnis besonders gut ein und sie ist auch geeignet, die Achtung vor den so oft vernachlässigten Dörfern und Kleinstädten zu wecken. Ferner ist die Schutzlage für die älteren Siedlungen so wichtig gewesen, daß sie einer besonderen Erörterung bedarf.

a) Der natürliche Entwicklungsgang der landwirtschaftlichen Siedlungen.

Die auf tiefer Wirtschaftsstufe stehenden Menschen haben noch nicht das Bedürfnis nach einer festen Siedlung, sie ziehen mit ihren Herden und

Zelten von Weide zu Weide, die abgegrast und dann verlassen wird, das „Feste“ in dieser „bodenvagen“ Siedlungsform ist nur das schnell errichtete Zelt. Allerdings haben Nomaden auch schon feste Siedlungen, in Form von Residenzen, religiösen Stätten, militärischen und Handelsstützpunkten (besonders an den wenigen Wasserstellen in sonst wasserarmen Gebieten). Auch auf der Stufe des Hackbaus ist die bodenvage Siedlung insofern noch möglich und vorhanden, als die Selbhaftigkeit nur für kurze Zeit, zwischen dem Bestellen und Ernten, nötig ist.

Der Übergang von der bodenvagen zu der bodenständigen Form dürfte einerseits mit dem Fischfang, andererseits mit dem Anbau von mehrjährigen Pflanzen verbunden gewesen sein, denn beides bindet den Menschen für längere Zeit (auch durch den Jahreszeitenwechsel hindurch) an die Scholle. Am wichtigsten ist aber allgemein der Übergang zum Ackerbau.

Der Landbau bedarf der festen Siedlungen als Wohnung für Mensch und Tier und Aufbereitungs- und Aufbewahrungsstätte für die Ernte. Er stellt auch bereits Anforderungen an die Lage der Siedlung und den Verkehr: Der Hof muß möglichst in der Mitte der Felder liegen, denn die Wege zu diesen dürfen wegen der primitiven Verkehrsmittel nicht weit sein, größere Entfernungen sind dagegen für die Weiden möglich, — es wird sich also um den Hof ein Kreis der Felder, um diese ein Ring der Weiden legen —; der Hof muß ferner Wasser haben; die Nähe von Brenn- und Baustoffen ist erwünscht; gesunde Lage ist notwendig, Schutzlage kann erforderlich sein. Die Hofstelle wird also schon eine gewisse „Ortslage“ haben, die Verkehrslage ist dagegen — abgesehen von der möglichsten Mittellage innerhalb der eigenen Feldmark — noch nicht von Bedeutung.

Der Anstoß zum Entstehen von größeren Siedlungen, zunächst von Weilern, dann von Dörfern, kann verschiedenartig sein (meist wirken mehrere Umstände zusammen). Am wichtigsten ist die Höherentwicklung der Wirtschaft, durch die eine Abspaltung bestimmter Berufe veranlaßt wird, nämlich des Handwerkers und des Händlers. Der Handwerker wird notwendig, weil die besser und schöner werdenden Geräte, Kleider und Waffen besondere Kunstfertigkeit voraussetzt, die nicht mehr nebenher (neben der Landwirtschaft) erworben werden kann und besondere Werkzeuge, unter Umständen auch Werkstätten erfordert; der Händler wird notwendig, weil die Erzeugnisse des Handwerkers abgesetzt werden müssen und weil das reicher werdende Volk Bedürfnisse nach fremdländischen Waren empfindet. Anfänglich brauchen Handwerker und Händler allerdings noch keine besondere Siedlung für sich, denn einerseits „treiben sie ihr Gewerbe im Umherziehen“ (Störwerker, Hausierer), andererseits sind gewisse Berufe (Schmied und Krämer) so wichtig, daß sie sich in jeder kleinen (sonst rein landwirtschaftlichen) Siedlung halten können. Mit zunehmender Wirtschaftshöhe wird es für die Sonderberufe aber ständig zweckmäßiger sich an einer Stelle anzusiedeln, die ihnen besonders günstig ist, die nämlich gute Verkehrsmöglichkeiten innerhalb eines größeren Gebietes (also über mehrere Feldmarken hinüber) besitzt und gleichzeitig den Handwerkern bestimmte Hilfen gewährt; es wird hierbei das Wasser — als Verkehrsweg, Kraft und Stoff — die Hauptrolle spielen. Der so entstehende Markt- und Gewerbemittelpunkt wird im allgemeinen keine neue Siedlung sein, sondern es wird eine schon vorhandene, bisher rein landwirtschaftliche Siedlung, infolge ihrer Vorzüge dazu aufsteigen, wobei die Mehrzahl ihrer Bewohner auch landwirtschaftlich tätig bleiben wird.

Von den anderen Umständen, durch die das Entstehen größerer Siedlungen — die einen Mittelpunkt für eine weitere Umgebung bedeuten — seien erwähnt:

der allgemein menschliche Geselligkeitstrieb,
 das Bedürfnis gemeinsamer Religionsübung,
 die Ausübung staatlicher, richterlicher usw. Tätigkeit für einen größeren
 Verband,
 das Schutzbedürfnis,
 das Erziehungswesen,
 die Ausführung gemeinsamer Arbeiten, zu denen die einzelne kleine
 Siedlung zu schwach ist.

Die meisten dieser Einflüsse können wir als „geschichtliche“ (politische, moralische) bezeichnen, nur der letztgenannte ist wirtschaftlicher Natur; es handelt sich bei ihm hauptsächlich um wasserwirtschaftliche und verkehrstechnische Arbeiten.

Im allgemeinen wird eine solche „Kreisstadt“ ein so großes Gebiet beherrschen, daß die üblichen Fuhrwerke an einen Tag von der Stadt zur Grenze und wieder zurückfahren können. Die Kreisstädte liegen also „eine Tagereise“ voneinander entfernt; sie waren früher die sog. „Fuhrmannorte“, und sind heute vielfach Eilzugstationen.

Es ist nun einleuchtend, daß für ein Gebiet mit bestimmten klimatischen Verhältnissen und daraus sich ergebender Form der Landwirtschaft eine bestimmte Art der Siedlung in dem Sinn die günstigste sein muß, daß mit dem geringsten Aufwand von Mitteln gewirtschaftet wird, wobei für unseren Zusammenhang der Verkehr zwischen Hof und Feld das Wichtigste ist. Nun ist jegliche landwirtschaftliche Erzeugung an die Fläche gebunden. ihre Grundlage ist flächenhaft, das einzige Punkthafte ist der Hof (mit Wohnhaus, Stallung, Scheune, Tränke); der Hof muß mit jedem Teilchen der genutzten Fläche in Verkehr treten, es sind also sehr viele Wege nötig, aber die Wege können einfachster Bauart sein, sie dürfen aber nicht lang sein, weil sonst das tägliche hin und her Gehen und Fahren zuviel Zeit und Kraft erfordert. Die landwirtschaftliche Tätigkeit weist also auf die Zerstreut-siedlung als die verkehrswirtschaftlich richtige hin, und zwar werden die Abstände der Siedlungen um so kleiner sein, je höher die Wirtschaftsstufe ist; der Gartenbau wird die engsten Maschen, der Ackerbau, die Weidewirtschaft, der Forstbetrieb immer weitere Maschen hervorrufen; — theoretisch müßten sich Sechseck-Waben mit der Siedlung im Mittelpunkt ergeben.

Die Größe der Abstände wird nun — bei gleicher Wirtschaftsform — von verschiedenen Einflüssen bestimmt, und hiervon hängt die Größe und Art (ob Hof, Weiler, Dorf) der Siedlung ab. Die wichtigsten Faktoren sind:

1. Das Verhältnis der Bodenarten, Bodenbedeckung und Bodengestaltung zum Verkehr; je ungünstiger, desto kürzer müssen die Wege gehalten werden, desto kleiner werden die Abstände und die Siedlungen.

2. Die vorhandenen Verkehrsmittel, vor allem die Güte der Trag- und Zugtiere; je besser sie sind, desto größer können (aber nicht müssen) die Wege, Abstände und Siedlungen werden.

3. Die Verteilung des Wassers; je quellenreicher, desto mehr Stellen sind zur Siedlung geeignet, desto kleiner können die Abstände und die Siedlungen werden; im wasserarmen Land sind dagegen die wenigen Wasserstellen die Grundlage für das Entstehen der wenigen, aber großen Siedlungen, z. B. der „Bauernstädte“ in Süditalien (die entfernteren Flächen können dann aber meist nur in niedriger Stufe bewirtschaftet werden).

4. Das Schutzbedürfnis; je stärker dies ist, desto mehr schließen sich die Menschen zu größeren Verbänden zusammen, desto weniger Stellen wird es geben, die die notwendige „Schutzlage“ gewähren.

5. Ferner wirkt im Sinn größerer Siedlungen und damit größerer Abstände jeder besonders gute Verkehrsweg, weil die Siedlungen von ihm angezogen werden, wodurch die sonst (theoretisch) regelmäßige Verteilung gestört wird und vielfach zwei oder drei Siedlungen zu einer, nun aber größeren vereinigt werden.

6. Die Verteilung des Grundbesitzes; je größer der Besitz, desto größer die Abstände; ein „zu großes“ Gut kann aber nicht mehr von einem Mittelpunkt aus bewirtschaftet werden, sondern bedarf der Vorwerke¹⁾.

7. Die Sitte, die Gewohnheit des Volkes. Wo ein Volk durch Jahrhunderte hindurch bodenständig ist, wird sich allerdings die den gesamten natürlichen und kulturellen Verhältnissen entsprechende Siedlungsform auf „natürlichem“ Wege entwickeln. Die meisten oder wenigstens die wichtigsten Völker sind aber nicht derart bodenständig, sondern sie sind in irgendeiner Form „Kolonisatoren“ (oder sind es gewesen), und dann übertragen sie ihre Siedlungssitte auch in Gebiete, deren natürliche Verhältnisse unter Umständen nicht entsprechend sind; so hat der durch die Quellenarmut (und das starke Schutzbedürfnis) zum „Städter“ erzogene Italiener und Spanier auch dort Großsiedlungen angelegt, wo zerstreuteste Siedlung das Richtige wäre; andererseits hat der Deutsche leider vielfach die schöne Sitte des stolzen Freien auf eigenem Hof so stark verloren, daß er sich mit am schlimmsten nicht nur in Städten, sondern hier außerdem in Mietskasernen zusammenpferchen ließ; jedoch können wir auch bei den verschiedenen deutschen Stämmen die Unterschiede in der Wohnsitte noch gut beobachten.

Die landwirtschaftlichen Siedlungen einschließlich ihrer „Kreisstädte“ bereiten dem Trassieren im allgemeinen keine großen Schwierigkeiten, meist schon einfach deswegen nicht, weil sie in langsamer Entwicklung unter der Obhut von Menschen herangereift sind, die noch in der Natur lebten und daher ihr Land kannten, und die ihre Verkehrsmittel, Pferd und Wagen, beherrschten. Schwierigkeiten entstehen aber unter Umständen bei den Reihendörfern, die sich langgestreckt — „stundenlang“! — an einer Straße oder auch einem Kanal hinziehen, vgl. die Straßendörfer in Schlesien und manche Siedlungen in Mooren. Hier ergeben sich nämlich manchmal nur schlecht Anhaltspunkte für die zweckmäßigste Lage der Stationen.

b) Die „Schutzlage“.

Von den „politischen“ Kräften, durch die Siedlungen geschaffen werden, braucht auf die Tätigkeit der „Städtegründer-Fürsten“ nicht eingegangen zu werden. Sie wird wahrscheinlich stark überschätzt und spielt in der Gegenwart jedenfalls keine Rolle mehr. Die Ansicht, als ob viele Städte aus einer Fürstenlaune heraus gegründet worden seien, ist kaum zu halten; im allgemeinen wird sich der Fürst doch wohl etwas bei seiner Gründung gedacht haben; es müssen dann also bestimmte Vorzüge der Lage vorhanden gewesen sein, manchmal Naturschönheit, meist aber wohl gute Verkehrslage oder militärische Vorzüge; — Kaiser Heinrich war nicht Städte- sondern Burgengründer. Bewundernswert ist der Scharfblick vieler Kolonisatoren für gute Verkehrs- und Schutzlagen; sie haben daher auch die Wege in das Neuland hinein trefflich „trassiert“. Wo eine Stadt wirklich nur der Fürstengunst ihr Entstehen verdankt, ist sie meist schnell wieder versunken; daher die „Städteleichen“ in den subtropischen Despotien. Andererseits hat aber Fürstengunst manche Stadt ungebührlich bevorzugt und damit auf Kosten des ganzen Landes gestärkt, wobei insbesondere auch eine einseitig eingestellte Verkehrspolitik dienstbar gemacht wurde.

¹⁾ Um nicht mißverstanden zu werden: Der Großgrundbesitz hat aus sich heraus nicht die Kraft, größere Städte zu schaffen, er ist im allgemeinen mit dünner Gesamtbevölkerung verbunden; er befruchtet die Städte nur dort, wo er den bäuerlichen Klein- und Mittelbesitz schmälert und die entwurzelten heimatlos gemachten Bauern als Proletarier in die Städte treibt. — Bei ungefähr gleichgünstigen Boden- und Klimaverhältnissen sinkt die Bevölkerung bei zunehmendem Großbesitz, während sie bei Mittel- und Kleinbesitz noch steigen kann.

Die aus religiösen Gründen entstandenen Siedlungen sind zu selten, als daß sie hier besonders erörtert zu werden brauchten. Manche zeigen eine gute Verkehrslage, andere sind durch Heilquellen ausgezeichnet, so daß die Siedlung ursprünglich meist auf andere Ursachen zurückzuführen ist.

Bleiben somit nur die militärischen Gründe zu erörtern, so kann auch bei diesen alles ausgeschaltet werden, was Angriffsabsichten entspringt; denn die auf die Offensive eingestellte Stadt- oder vielmehr Festungsgründung muß von der beherrschenden Verkehrslage ausgehen, vgl. Magdeburg als Stützpunkt für die Kolonisation „Ostelbiens“. Es bleibt also hier nur die auf den Schutz (die Defensive) berechnete Lage übrig; dann ist es aber zweckmäßig, die „Schutzlage“, die tatsächlich sehr wichtig ist, nicht nur einseitig militärisch, sondern von allen Seiten zu beleuchten; denn Schutz sucht die Siedlung nicht nur gegen feindliche Menschen, sondern auch gegen Krankheiten, Unbilden der Natur und schädliche Tiere.

Die Rücksicht auf die Gesundheit erfordert die Beachtung der Besonnung, des Wassers und des Untergrundes. In den Tropen ist eine offene, hohe, aber schattige Lage notwendig; in unserm Klima ist dagegen Sonnendurchflutung und warmer Boden erforderlich; leider ist die Bedeutung dieser Fragen nicht genügend bekannt; es werden hierin grobe Fehler bei der Auswahl des Platzes für neue Gehöfte, Dörfer, Vororte, Angestelltenkolonien und auch bei der Einzeldurchbildung von Stadtteilen gemacht, und auch der trassierende Ingenieur kann hier manchmal durch ein wenig Aufmerksamkeit viel Gutes leisten.

Ferner muß die Siedlung gegen die Unbilden der Natur, unsicheren Boden, Sturm, Flugfeuer und vor allem gegen Wasserschäden (Sumpf, Überschwemmung) geschützt werden. Je niedriger der Stand der Technik, desto größer ist das Schutzbedürfnis; höchste technische Entwicklung hat dagegen Weltstädte an sehr ungünstigen Stellen geschaffen; insbesondere müssen die großen Seehäfen ihre geographischen Vorzüge oft mit der Überwindung beträchtlicher topographischer Nachteile erkaufen (Venedig, Galveston, New Orleans, Batavia, Amsterdam und fast alle deutschen Nordseehäfen).

Beim Schutz gegen Tiere ist weniger an die großen Tiere zu denken, die dem Menschen oder den Haustieren gefährlich sind, sondern an die kleinen Zerstörer (Ameisen, Termiten), das Ungeziefer und die Krankheitsträger (Ratten, Mücken). Sie beeinflussen insbesondere die Lage der Siedlungen in Sumpfgebieten und in den Tropen. Häfen, bei denen hierauf nicht genügend Rücksicht genommen wurde, sind verödet, andere verlegt worden, wieder andere durch zweite und dritte Siedlungen ergänzt worden (vgl. Tandjong, Priok — Batavia — Weltevreden). Da die Europäer besonders gefährdet sind, bedürfen ihre Siedlungen auch besonders guter, hoher Lage, ferner der Absonderung gegen die Eingeborenen und bestimmter städtebaulicher Maßnahmen. Manche Stadt in den Tropen besteht außer dem Hafen aus drei Siedlungen (für Eingeborene, Chinesen oder Inder, Europäer) und bedarf außerdem noch eines hochgelegenen, schnell erreichbaren Luftkurorts.

Das Schutzbedürfnis gegen feindliche Menschen beeinflußt sowohl die geographische als auch die topographische Lage und ist danach abzustufen, ob der Schutz nur defensiv oder auch offensiv gesucht wird. Wer sich schwach fühlt und sich nur verteidigen will, wird andere Gesamt- und Einzelanlagen suchen als der, der — militärisch wirkungsvoller — die beste Verteidigung im Angriff sieht. Die einseitigste Rücksichtnahme auf die Verteidigung zeigen die Siedlungen, die absichtlich die Lage abseits wählen, also die Lage auf Inseln, im Sumpf, im Urwald, auf hohen Bergen; solche Siedlungen kommen für uns kaum in Betracht, da sie verkehrsfreudlich sind und infolgedessen bei fortschreitender Befriedung immer bedeutungsloser

werden; zu nennen sind aber die Orte, die eigentlich an der Küste liegen müßten, und u. U. früher dort lagen, aber aus Furcht vor Seeräubern mehr im Landesinnern liegen — u. U. dorthin verlegt worden sind —, und an der Küste nur einen kleinen Hafentort haben, der aber nach Vernichtung der Feinde meist die Mutterstadt überholt. Nicht so einseitig sind die Stellen ausgesucht, bei denen man die Vorteile des natürlich gegebenen Punktes, meist des richtigen Verkehrspunktes, ausnutzen wollte und daher die richtige geographische Lage beibehielt, innerhalb derselben aber den gewünschten Schutz durch entsprechende topographische Auswahl erzielte. So sind die meisten Orte zu erklären, die ihren Schutz im Wasser oder in der Berglage finden, also die auf Halbinseln (New York, Bombay), Inseln (Singapore, Venedig) und Bergen (Vorgebirgen) gelegenen Städte.

Noch wichtiger sind für unsere Untersuchungen die Städte, bei denen derartige Schutzlagen sich mit der beherrschenden Lage vereinigen, bei denen man also die Verteidigung gewiß voll berücksichtigt hat, vor allem aber den feindlichen Einbruch in das Hinterland verhindern und eigene Angriffsunternehmungen erleichtern wollte. Solche Punkte sind fast ausschließlich die natürlichen Verkehrspunkte vor allem die später erklärten „Zwangspunkte“ und hierbei wieder die, deren Bedeutung in ihren Beziehungen zum Wasser liegt; viele deutsche Städte zeigen als Brückenstädte diese Lage; bezeichnenderweise liegen daher die großen deutschen Flußstädte auf dem südwestlichen Ufer, nämlich die von den Römern gegen die Germanen vorgeschobenen Städte in Südwestdeutschland und die von den Deutschen gegen die Slawen gegründeten Städte in Mitteldeutschland. Solche strategisch wichtigen Punkte haben u. U. durch die Eisenbahnen dadurch eine höhere Bedeutung erhalten, als ihrer geographischen Entsprechung haben würde, daß die Staatsgewalt die Linien absichtlich über solche bereits durch Festungen gedeckte Stellen führte, weil sie hierdurch deren Wert erhöhte und den Bau weiterer Festungen sparte, vgl. Warschau und Iwango-rod, von denen alle westrussischen Bahnen ausstrahlen.

Im Laufe der Zeit hat sich der Wert der Schutzlage teils verschoben, teils verflüchtigt, wobei viele Wechselbeziehungen mit dem Verkehr bestehen. Die Ursachen für die Änderungen sind das Geringerwerden oder der Fortfall des Schutzbedürfnisses, die Veränderung der Waffentechnik und der Wunsch, die von der Schutzlage ausgehenden Wachstums- und Verkehrshemmungen zu beseitigen. Durch das Größerwerden der Einheitsstaaten und die fortschreitende Befriedung der Kolonien ist bei den meisten Orten das Schutzbedürfnis überhaupt fortgefallen. Ferner gewährt das, was früher den Schutz ausmachte, heute wohl nur noch gegen Halbwilde Deckung, es gibt aber keine Stadtlage mehr, die gegen die neuzeitlichen weittragenden Geschütze Schutz gewährt.

Für den Verkehr und den Städtebau ergeben sich aus dem Verzicht auf den bisherigen Schutz im allgemeinen große Entwicklungsmöglichkeiten; denn die Schutzlage gewährt meist nur beschränkte Flächen und ist für den Verkehr oft schwer zugänglich und die besonderen Schutzanlagen (Wälle, Fortsgürtel, freies Schußfeld) engen den Raum ein. Festungsstädte in der Ebene sprengen den Festungsgürtel und geben damit dem Verkehr mancherlei Entwicklungsmöglichkeiten; bei Bergstädten entsteht neben der alten „Oberstadt“ eine „moderne“ Unterstadt mit dem Bahnhof als ihrem wichtigsten Bestandteil (Laon); Inselstädte werden durch kühne Brücken Halbinselstädte oder springen aufs Festland über (s. o.).

c) Die wirtschaftlichen Werte.

Von den städtegründenden wirtschaftlichen Werten — „Bodenschätzen“ im weitesten Umfang des Wortes —, wären zunächst die fruchtbaren Böden

und die Vorkommen von Baustoffen zu nennen; wir brauchen darauf aber nicht näher einzugehen, sondern können uns auf das Wasser und die eigentlichen Bodenschätze beschränken.

Das Wasser, dessen Verkehrsbedeutung hier nicht zu würdigen ist, tritt uns siedlungsgeographisch meist linienhaft (Fluß, Küste), seltener punkthaft entgegen, letzteres z. B. bei den Quellen (Paderborn), den Heilquellen, Oasen und Wasserfällen. Diese punkthaften Vorkommen treten aber, wie schon erwähnt, meist nicht vereinzelt, sondern als Punktreihen auf, andererseits sind es an den Wasserlinien bestimmte Punkte, durch welche die Siedlungen angezogen werden, so daß auch hier die Punktreihe erscheint; denn der Mensch wohnt zwar nicht in und auf dem Wasser, aber so dicht wie möglich an ihm, er sucht die innigste Berührung, will aber noch gerade Schutz gegen Überschwemmungen, Fieberdünste usw., er geht also auf die hohen Uferstellen. Die Zahl der geeigneten Punkte ist hierbei um so größer, je geringere Anforderungen der Mensch stellt, je kleiner also die Siedlung ist und je kleiner die Gewässer sind: an den Bächen und kleinen Flüssen gibt es viele gute Dorflagen, an den großen Strömen aber nur wenige ausgezeichnete Stadtlagen.

Allgemein bildet das Wasser die wichtigste Grundlage für die Ernährung von Mensch, Tier und Pflanze, und ohne Wasser sind fast alle Haushaltstätigkeiten undenkbar. In fortgeschrittener Entwicklung tritt aber diese wichtigste Beziehung zurück, teils nur in unserer Anschauung, weil wir das Selbstverständliche als unwichtig ansehen, teils aber, weil für Groß- und Riesenstädte vielleicht kein Platz der Welt gesundes Wasser in genügender Menge liefern kann, so daß das Heranführen aus größeren Entfernungen doch notwendig wird.

Ferner ist das Wasser für die Gewerbe von besonderer Wichtigkeit: Es handelt sich hierbei teils um das Wasser als Stoff, das für viele Gewerbe (Walken, Färben, Gerben, Brauen und die meisten chemischen Arbeitsvorgänge) notwendig ist, wobei u. U. die Güte oder besondere Art des Wassers eine ausschlaggebende Rolle spielt, teils um das Wasser zum Erzeugen und Niederschlagen von Dampf, teils um das (bewegte) Wasser als Kraftquelle. Gewürdigt wird im allgemeinen nur dieser dritte Punkt, während die beiden anderen oft übersehen werden; sie sind daher hier ausdrücklich erwähnt, denn einerseits sind viele Kleingewerbe ursprünglich an bestimmten Stellen auf Grund des Vorhandenseins von Wasser besonderer Eignung entstanden, andererseits stützt sich das Großgewerbe vielfach auf die reichlichen Mengen von Gebrauchs-, Speise- und Kühlwasser. Als Kraftquelle hat das Wasser vor dem Kohle-Dampf-Zeitalter viele Gewerbebetriebe hervorgerufen, von den Mahl- und Sägemühlen bis zu den Eisenhämmern. Hierauf beruht in Verbindung mit dem Vorkommen von Erzen und Holz das Entstehen vieler Siedlungen in den deutschen Mittelgebirgen. Als dann die Ausbeutung der Kohle begann, zog diese die gewerbliche Tätigkeit stark an und die Bergstädte verloren ihre Bedeutung oder mußten sich andern Gewerbebetrieben zuwenden, z. B. statt der Roherzeugung die Verfeinerung aufnehmen. Am härtesten wurden dabei die Gebiete getroffen, bei denen der Holz- und Erzbestand nicht groß war, denn die Kohle ersetzte gleichzeitig Holz und Wasser, weil sie Wärme und Kraft liefert und der verbilligte Verkehr führte den Kohlenbecken die Erze, u. U. vom Ausland, zu. Dann trat eine rückläufige Bewegung ein, als die Elektrizität die Wasserkraft, die bisher am Standort ausgenutzt werden mußte, durch die Fernleitungen beweglich machte; denn nun läßt sich die Kraft dort verwerten, wo auch die anderen Faktoren günstig sind. In dieser Entwicklung stehen wir in der Gegenwart und die Not unserer Zeit drängt uns zur stärkeren Ausnutzung der Wasserkräfte,

einerseits um die verteuerten Kohlen zu sparen, andererseits um die notwendige Dezentralisation der Bevölkerung durchzuführen.

Die Heilquellen (und andern Heilkräfte) binden die Siedlungen besonders stark an den Ursprungsort, weil das Gut unmittelbar an der „Quelle“ verbraucht werden muß, bzw. weil der Verbrauch an Ort und Stelle am wirksamsten ist. Die Badeorte stehen auf den Quellen, und die Hauptquelle bildet oft den Mittelpunkt der Siedlung; Heilquellen sind außerdem punkthafte Gebilde, oft ist nur ein solcher Punkt vorhanden; an andern Stellen entspringen zwar viele Quellen, aber auf sehr kleinem Raum. Im Zusammenhang mit den Helfaktoren seien die Naturschönheiten genannt, die auch nur an Ort und Stelle genossen werden können. Sie sind allerdings vielfach flächenhaft und ermöglichen damit das Entstehen vieler kleiner Siedlungen, manche aber sind durch die Natur so betont (Aussichtspunkte, Wasserfälle, kleine Seen, kleine Inseln, windgeschützte und sonnendurchflutete Lagen, guter Badestrand), andere durch Menschenhand oder die Mode so gestärkt (Parkanlagen, Residenzen, Stätten der Kunst), daß das Punkthafte stark hervortritt. Alle solche Siedlungen beeinflussen in erster Linie den Personenverkehr, während die Bedeutung für die Güterlinien gering ist.

Bei den Bodenschätzen ist zu unterscheiden, ob nur die Gewinnung oder auch die Verarbeitung an die Fundstelle gebunden ist. Am wichtigsten sind für die Gegenwart die Kohlenbecken, dann die großen Erzvorkommen. Die Kohlenbecken haben die größten Konzentrationen der Gewerbe und damit die stärkste Verdichtung der Verkehrsnetze geschaffen, weil in ihnen der Segen der Berge nicht nur gewonnen, sondern auch zu einem großen Teil verbraucht wird; für Rheinland-Westfalen wird z. B. ein Drittel genannt. — Glücklicherweise sind die Kohlen- und Erzbecken flächenhafte Gebilde, so daß nicht eine Millionenstadt zu entstehen braucht, sondern viele Groß-, Mittel- und Kleinstädte auf ihnen erwachsen können.

Kohle und Erze stellen aber an den Verkehr nicht nur die Forderung der Bewältigung sehr großer Mengen, sondern sie verursachen außerdem fast immer eine unregelmäßige, oft sprunghafte Verkehrsentwicklung, weil die Förderung meist schnell ansteigt und in rascher Folge andere Gewerbe auf sich zieht. Die Verkehrsmittel können mit dieser Entwicklung vielfach nicht Schritt halten, so daß es zu Stockungen kommt, unter denen alle Kohlenbecken der Welt zeitweise zu leiden haben. Nun hat aber der Bergbau außerdem für den Verkehr das Bedenkliche, daß er u. U. ebenso schnell absterben kann, wie er entstanden ist, wobei nicht etwa nur der völlige Abbau des Vorkommens, sondern auch schon das Nachlassen der Förderung durch den Wettbewerb anderer, günstiger arbeitender Gebiete zu beachten ist. Es besteht also immer die Gefahr, daß die mit hohen Kosten geschaffenen Anlagen bald nicht mehr voll ausgenutzt werden. Dies zwingt den Eisenbahner zu besonderer Vorsicht: Die Hebung der Leistungsfähigkeit darf nicht so sehr in der Vergrößerung der Einzelanlagen im Bezirk, sondern sie muß in der Anlage großer zusammenfassender Anlagen (Verschiebebahnhöfe) am Rande des Bezirks gesucht werden, wobei zu beachten ist, welche Richtung der Bergbau gemäß den geologischen und Absatz-Verhältnissen einschlagen wird.

d) Vom Werden und Vergehen der Siedlungen.

Die Kräfte, welche die Siedlungen begründen, sind nicht ewig wirksam, sondern wie alles im Leben dem Wechsel der Zeiten unterworfen. Demgemäß ist auch der Einfluß auf die Siedlung, ihre Größe und Art, nicht gleichmäßig. Hierbei ist zu unterscheiden, ob sich die Kraft infolge rein natürlicher Vorgänge ändert, oder ob die Kraft zwar gleich bleibt, ihr Einfluß auf das Menschenwerk sich aber ändert; es handelt sich eben um Be-

ziehungen zwischen dem (fast) unveränderlichen Geographischen und der höchst entwicklungsfähigen Größe „Mensch“ und um die Siedlungen als „lebende Wesen“.

Man kann die Kräfte in dauerhafte und nicht dauerhafte einteilen.

Alles, was geographisch und klimatisch ist und daher vom Menschen nicht (oder nur ganz wenig) geändert werden kann, ist dauerhaft und übt seinen Einfluß durch Jahrhunderte und unter Umständen durch Jahrtausende hindurch aus.

Besonders dauerhaft sind die kleinen Vorzüge, die im kleinen Raum, also im topographischen Rahmen, die Lage der Höfe, Weiler, Dörfer und Kleinstädte begründen, ferner viele Wasservorkommen (Oasen) im sonst wasserarmen Land, sodann die Heilquellen und die fruchtbaren Böden. Durch all diese Erscheinungen werden aber nur kleine Siedlungen begründet, die dann aber eine außerordentliche Zähigkeit beweisen und immer wieder aus der Asche emporsteigen, mögen die Völkerstürme und Schlachten auch über sie dahinbrausen.

Dauerhaft sind auch jene „Zwangspunkte“ für den Verkehr (siehe unten), die durch starke hindernde Flächen veranlaßt werden, so daß die Fortschritte der Technik die Hindernisse an andern als den vorgezeichneten Punkten nicht überwinden können (also die Kap-Lagen, Meer- und Landengen, die Brückenstellen, die Gebirgs- und Moorpässe). Auch hier entsteht immer wieder der Verkehrspunkt und mit ihm die Siedlung, mag sie auch noch so oft vom Feind zerstört werden. Allerdings handelt es sich dabei oft nicht um die topo-, sondern die geographische Lage, so daß die Siedlung nicht an genau der gleichen Stelle zu entstehen braucht.

Nicht dauerhaft ist dagegen zunächst alles, was politischen Ursprungs ist, vor allem das auf Fürstengunst und auf nur-kriegerischen Erfolgen aufgebaute, aber auch das meiste, was seine Größe den politischen Grenzen verdankt, besonders wenn diese den geographischen Gegebenheiten schlecht entsprechen; auch manche religiösen Stätten verlieren schnell an Bedeutung. Ferner wirken viele Bodenschätze nur zeitweilig; sie schlummern jahrhundertlang, werden entdeckt und erschlossen, lassen Städte und Eisenbahnen „aus dem Boden wachsen“; aber unter Umständen versiegen sie schon nach kurzer Blütezeit und die Städte zerfallen zu Ruinen. Selbst das so junge Amerika weist in seinen Erzgebieten schon viele „Städteleichen“ auf. Im allgemeinen ist der Aufstieg um so stürmischer, kommt der Tod um so schneller, je höherwertig die Bodenschätze sind; dagegen befinden sich „Kohlen- und Petroleumstädte“ bisher im allgemeinen auf aufsteigender Linie. Die Geschichte der Wasserkraft-Siedlungen ist oben angedeutet, desgleichen die Entwicklung der „Schutzlage“; zu erwähnen ist auch noch, daß manche Siedlungen durch Naturereignisse vernichtet werden (z. B. durch Vulkanausbrüche, Meereseinbrüche, Springfluten), oder durch ein plötzliches Ereignis (z. B. eine Flußverlegung) oder durch eine langsam schleichende Veränderung (Versiegen von Flüssen, Versanden von Häfen) in ihrem Lebensnerv getroffen werden und langsam absterben; dann kann dem drohenden Verfall unter Umständen durch große Verkehrswerke entgegengetreten werden, vergleiche Bremen und das Werk Franzius', wobei nötigenfalls eine Hilfssiedlung (Bremerhaven) geschaffen werden muß.

Von besonderer Bedeutung für das Werden und Vergehen der Siedlungen ist natürlich der Verkehr. Es ist hierbei zunächst auf die bereits erörterten Erscheinungen hinzuweisen, besonders auf die Verlagerung der Verkehrswege und auf die Konzentration des Überseeverkehrs in den wenigen bevorzugten Großhäfen. Allgemein ist anzudeuten: Jedes Verkehrsmittel hat das Streben nach Vervollkommnung, und zwar einerseits qualitativ durch Verbesserung

seiner technischen Einrichtungen, andererseits quantitativ durch die Vermehrung der Linien, also den Ausbau des Netzes. Durch beides werden die Siedlungen beeinflusst, teils geschwächt, teils gestärkt. Außerdem kommen neue Verkehrsmittel auf, durch welche die von den älteren Verkehrsmitteln geschaffenen und befruchteten Siedlungen unter Umständen herabgedrückt werden, — es sei denn, daß sie schon stark genug sind, um auch das neue Verkehrsmittel auf sich zu ziehen, wie es im Beginn des Eisenbahnzeitalters vielfach der Fall war. Auch das Zusammenarbeiten der verschiedenen Verkehrsmittel ist ständigem Wechsel unterworfen, und dadurch werden besonders die Umschlagpunkte, in erster Linie die Häfen, betroffen. Schließlich ist der Verkehr bzw. die Verkehrspolitik, eines der wirksamsten Mittel, um bestimmte Städte oder Landesteile zu begünstigen und andere zu schädigen. Was das Schädigen anbelangt, so geschieht es allerdings meist unbewußt, soweit das eigene Land oder wenigstens der eigene Bundesstaat in Frage kommt; es erfolgt aber unter Umständen in voller Absicht, wenn es sich um fremde Länder handelt. Aber die Politik ist wandelbar, und mit dem Wechsel der Herrscher und der Parteien ändert sich das Bild manchmal schnell. Dabei ist auch zu bedenken, daß es sich ein Land immer nur eine gewisse Zeit gefallen läßt, wenn einzelne Punkte auf Kosten aller andern bevorzugt werden; denn so groß auch die Unkenntnis in Verkehrsfragen ist, man denkt doch schließlich darüber nach und läßt sich belehren, wenn die Schädigung zu stark wird.

Für das Auf- und Absteigen der Siedlungen ist ferner von Bedeutung, daß sie gegenseitig lähmende und fördernde Einflüsse ausüben.

Wie sich so manche Stadt durch alle Nachbarstädte bedroht und geschädigt fühlt, kennt man aus den Eifersüchteleien, die oft zu bitteren Fehden führen. Vielfach handelt es sich dabei nur um noch nicht vollzogene Vereinigungen wirtschaftlich zusammengehöriger Gebilde, im übrigen um Übertreibungen der angeblichen Schädigungen, denen gegenüber man die gemeinsamen Vorteile nicht sehen will. Für den Verkehr sind diese Gegensätze fast ausnahmslos schädlich, denn sie verzögern den Bau von Linien und Bahnhöfen, führen zu „Kompromiß-“, also zu „faulen“ Lösungen, belasten die Anlage einer notwendigen guten Linie mit den Kosten für „Kompensationen“ in Gestalt überflüssiger Linien, verderben die Fahrpläne usw. usw. Solche Gefahren sind besonders groß bei Staatsbetrieb, vor allem dort, wo die Staatsgewalt schwach, die der anderen Kräfte groß ist. Der Verkehrsfachmann kann demgegenüber nur ein Ziel verfolgen, nämlich im engsten Anschluß an das geographisch Gegebene und geschichtlich Festgefügte, das technisch-wirtschaftlich Richtige zu schaffen. Die Eifersucht ist allerdings teilweise begründet, denn jedes Gebiet kann nur eine bestimmte Zahl von Städten, unter Umständen nur eine Stadt ernähren, denn viele Regungen des kulturellen, wirtschaftlichen und Verkehrslebens bedürfen eines gewissen „Resonanzbodens“, wie er durch die Bevölkerung einer Stadt nebst Umgebung dargestellt wird.

Wenn nun jede Stadt das Entstehen anderer Städte in ihrer Nähe in gewissem Sinne hemmt, so führt diese „negative“ Erscheinung doch auch zu einem positiven Ergebnis: die niederhaltenden Kräfte bewirken nämlich, daß, wenn das Gebiet überhaupt eine zweite Stadt ernähren kann, diese dort entsteht, wo diese Kräfte am schwächsten wirken und daß die neue Stadt einen Charakter annimmt, der von dem der vorhandenen Stadt möglichst stark abweicht: Ist z. B. am Rand eines kreisförmigen Gebiets (einer Insel) an irgendeinem Punkt eine Stadt (Hafen) entstanden, so wird eine zweite Randstadt am ehesten am entgegengesetzten Ende das von der ersten Stadt ausgehenden Durchmessers entstehen¹⁾. Ist in zentraler Entwicklung die

¹⁾ Vgl. Kohl: Der Verkehr und die Ansiedlungen der Menschen.

Hauptstadt eines Landes in dessen Mitte entstanden, so wird sich die zweitwichtigste Stadt am Rande, als Hafenstadt, entwickeln; die eine Stadt wird also ländische, die andere meerische Züge aufweisen (Berlin—Hamburg, Madrid—Barcelona); ob auch die am Rand gelegene wichtigste Stadt das Entstehen der zweitgrößten im Landesinnern begünstigt, bleibe dahingestellt (New York—Chicago?).

Aber den Siedlungen, zumal den größeren, wohnt auch eine befruchtende Kraft inne, die sie befähigt, andere Siedlungen in ihrer Nachbarschaft hervorzurufen und schon bestehende zu stärken: Jede Stadt befruchtet ihre Umgebung für alle Tätigkeiten, die in der Stadt selbst nicht wahrgenommen werden können. An erster Stelle ist hier die Landwirtschaft zu nennen; denn die Stadt macht mit ihrer starken, bedürfnisreichen und zahlungskräftigen und -willigen Bevölkerung die gesteigerte Bodenausnutzung in ihrer Umgebung lohnend und verwandelt sie in hochbewirtschaftetes Gartenland mit Obst- und Gemüsebau und starker Vieh- und Geflügelhaltung und einem „däftigen“ Bauernstand. Hierbei werden sich bei unentwickeltem Verkehr um die Stadt die bekannten Ringe abnehmender Wirtschaftsstufen v. Thünens legen, bei guten Verkehrsmitteln werden dagegen die Flächen nach ihrer besonderen Eignung ausgenutzt. Ferner erzeugt die Stadt Vergnügungs- und Erholungsorte, manchmal auch abseits vom Getriebe gelegene Residenz-, Hochschul-, Pensionär-Städte. Sodann erfordert die Stadt vielfach das Schaffen von militärischen Stützpunkten (Kriegshäfen, Brückenköpfen) und von Orten für besondere Handels-, Verkehrs- und Gewerbetätigkeiten. Besonders ist dies bei Seehäfen der Fall, zumal wenn sie stark binnenwärts liegen und daher eines Vorhafens, eines Fischereihafens, eines Schiffbauortes bedürfen (Bremen).

Eine gegenseitige Befruchtung ist bei den Städtepaaren oder Städtegruppen vorhanden, d. h. bei Nachbarstädten, die jede für sich selbständig und die durch größere landwirtschaftlich genutzte Flächen voneinander getrennt sind. Bei den Städtepaaren handelt es sich meist um Städte, die sich nach verschiedenen wirtschaftlichen (und kulturellen) Richtungen entwickelt haben (Mainz—Wiesbaden, Mannheim—Heidelberg, Halle—Leipzig, Brüssel—Antwerpen, Liverpool—Manchester, auch Köln—Düsseldorf). Bei den Städtereihen beobachten wir dagegen vielfach die gleichmäßige wirtschaftliche Richtung, weil sie von derselben größeren Einheit (Strom, Kohlenfeld) beherrscht werden (Duisburg—Dortmund). Alle solche Städtegruppen stellen an den Verkehr besonders hohe Anforderungen, denn sie beeinflussen die Linienführung der durchgehenden Hauptlinien stark und sie befördern unter Umständen besondere Verkehrsmittel in Gestalt der sogenannten „Städtebahnen“. — Siedlungen wie Hamburg—Altona, Mannheim—Ludwigshafen sind nicht Städtepaare, sondern je eine Stadt, nämlich eine wirtschaftliche und verkehrliche Einheit.

Unsere Bemerkungen über den Niedergang mancher Siedlungen darf nicht zur Schwarzseherei und auch nicht zur Gleichgültigkeit gegenüber den Schwachen (schwächer werdenden) führen. Man darf nicht glauben, daß man hier „Naturgesetzen“ gegenüberstehe, die nun einmal aus der fortschreitenden Verkehrsentwicklung folgen, und gegen die der Kampf aussichtslos, also töricht wäre. Der Satz vom natürlichen Stärkerwerden der Starken und Schwächerwerden der Schwachen darf auch im Verkehrswesen nicht durch Verallgemeinerung zu unrichtigen Ansichten führen. Wo die verantwortlichen Gewalten kein Verantwortungsgefühl haben und den Dingen ihren Lauf lassen, kann die Entwicklung allerdings dahin treiben; wo sie sich aber ihrer Verantwortung gegenüber dem Volksganzen bewußt sind, läßt sich gerade der Verkehr zur Befruchtung der Zurückbleibenden, Bedrohten und Geschwächten

benutzen: Jede Siedlung hat nämlich eine zähe Lebenskraft, einen zähen Lebenswillen, sie will sich erhalten und setzt den ungünstiger werdenden Verhältnissen die Tatkraft ihrer Bewohner und die schon vorhandenen Werte (Häuser, Fabriken, Verkehrsanlagen) entgegen, und jeder Verkehrspunkt ist — von seltenen Ausnahmen abgesehen — befähigt, einen Teil des Verkehrs an sich zu fesseln. Er mag den Durchgangsverkehr und bestimmte Verkehrsarten verlieren, aber er behält seinen Ortsverkehr, und wenn seine Lage im gesamten Verkehrsnetz für die wohlfeilen Massengüter zu ungünstig geworden ist, so bleiben ihm doch die höherwertigen Güter, die das Aufsuchen dieses Punktes trotz der höheren Kosten tragen können. Es kommt dann die Massengüter-Erzeugung allerdings nicht mehr in Betracht, sondern es ist die Umstellung auf die Erzeugung höherwertiger Güter erforderlich. Eine von der höheren Warte der allgemeinen Volkswohlfahrt aus betriebene Verkehrspflege wird also durch entsprechende Handhabung der Fahrpläne, Tarife usw. selbst auf Kosten einer Unterbilanz auf die Kräfteabnahme mindestens so lange Rücksicht nehmen, bis die Umstellung vollzogen ist. Im allgemeinen liegen die Schwächerwerdenden „abseits“ (im Gebirge, am Gebirgsrand, nur an Nebenbahnen, an Linien mit starken Steigungen); sie verursachen also tatsächlich den Eisenbahnen höhere Selbstkosten; aber das braucht nicht unbedingt in den Tarifen zum Ausdruck zu kommen und kann auch in den Fahrplänen zum Teil ausgeglichen werden; es ist vielmehr ein ganz gesunder Grundsatz, daß die „guten“ Linien und die an ihnen liegenden, sowieso schon begünstigten Siedlungen die „schlechten“ Linien und die an ihnen liegenden bedrohten Siedlungen miternähren müssen; — sie tun das nicht einmal umsonst, denn das platte Land und die Kleinstadt ist der Jungbrunnen des Volkes, die Großstadt aber das Grab der Volkskraft.

e) Die aus dem Verkehr stammenden Kräfte.

Jede Siedlung erzeugt an den sie bedienenden Verkehrslinien eine „Station“, die man als „Verkehrspunkt“ bezeichnen kann, weil sie der Verkehrsabwicklung zwischen „Publikum“ und Verkehrsanstalt dient. Es entstehen aber noch andere „Stationen“, ohne daß eine Siedlung vorhanden ist, weil bestimmte Punkte verkehrsgeographische Sonderheiten aufweisen.

Hierher gehören zunächst die schon mehrfach erwähnten Betriebspunkte, die sich überall dort bilden, wo der Verkehr eine Rast einlegen muß. Das ist zunächst dort der Fall, wo der Betrieb nachts ruht, so daß Übernachtungsstationen für die Reisenden, Verkehrsangestellten und die Betriebsmittel angelegt werden müssen, trifft also in erster Linie für die schwachen Verkehrsmittel zu, besonders für den Fuhrwerk- und Karawanenverkehr, aber auch für Eisenbahnen in noch wenig entwickelten Ländern. Hierauf ist das Entstehen vieler „Fuhrmannorte“ zurückzuführen, so soll z. B. Leipzig als erste Nacht-Rast auf der „Salzstraße“ von Halle nach Schlesien entstanden sein. Sodann sind hier die ebenfalls schon erwähnten „Betriebspunkte“ zu nennen, die sich dort herausbilden, wo der Verkehr auf eine Unregelmäßigkeit stößt, so daß die Betriebsweise etwas geändert werden muß. Diese Punkte liegen also an den Endpunkten jeder in sich einheitlichen Betriebsstrecke, besonders an den Übergängen vom Flach- zum Hügelland und von diesem zum Gebirge, also an den Steigungswechseln; und zwar gilt dies am stärksten für den Fuhrwerk- und Wasserverkehr, aber abgeschwächt auch für den Eisenbahnverkehr (siehe oben), wobei der etwaige Wechsel der Spurweite zu beachten ist. — Eine „Unregelmäßigkeit“ ist auch jeder in einer durchgehenden Linie vorhandene, besonders günstige Punkt, z. B. für die Flußschiffahrt ein hohes, festes Ufer, denn der Verkehr wird dadurch eingeladen, gerade hier mit der Umgebung in Verbindung zu treten.

Ferner gehören dazu alle Endpunkte, also alle an irgendwelchen „Grenzen“ gelegenen Stationen; diese sind schwach (und erzeugen nur kleine Siedlungen), wo der anstoßende Verkehr schwach ist, also z. B. an den Grenzen gegen Eis- und Sandwüsten, Hochgebirge und Urwälder oder gegen tiefstehende Völker oder gegen Staaten, die den Übergangsverkehr nicht begünstigen; sie sind aber stark (und rufen oft große Siedlungen hervor), wo die anstoßenden Verkehrsmittel stark sind: wo der Überseeverkehr in den „Großhäfen“ an die Binnenverkehrsmittel anstößt, entstehen die überhaupt größten Siedlungen. Jeder Endpunkt ist nach Abb. 5 als ein Halbstrahlenpunkt anzusehen.

Sodann muß überall dort ein Verkehrspunkt entstehen, wo zwei oder mehr Verkehrslinien aufeinanderstoßen, also an allen Treffpunkten von Verkehrsbändern; die Bahnhofswissenschaft gruppiert sie ihrer Bedeutung nach als Anschluß-, Trennungs-, Berührungs-, Kreuzungs- und „mehrfache Knotenpunkt-Stationen“ und hat für jede Gruppe besondere Formen ausgebildet.

Schließlich sei noch eine besondere Art von Verkehrspunkten erwähnt, die im allgemeinen zu den eben erwähnten gehört, aber doch ein bestimmendes eigenartiges Kennzeichen trägt: In jedem in sich geschlossenen Gebiet (Insel, Halbinsel, Bucht, Gebirgskessel) und in jedem Staat (auch wenn er geographisch kein einheitliches Gebilde ist) besitzt die Mitte — aber nicht der Mittelpunkt, sondern der mittlere Raum — die Fähigkeit, den Verkehr von allen Seiten auf sich zu ziehen und wieder auszustrahlen. So entsteht der Ganz-Strahlenpunkt, der auch die natürliche Stelle für die Hauptstadt bildet (s. o.). Gute Beispiele sind Madrid, Prag, auch Stuttgart. Diese Entwicklung wird verstärkt, wenn die Gesamtlandschaft sich einem Kreis oder gleichmäßigen Vieleck nähert (Spanien, Böhmen), sie wird abgeschwächt, wenn die Landschaft langgestreckt ist, da dann der Mittelpunkt durch Seitenpunkte flankiert wird (Lombardei: Turin, Mailand, Venedig, Italien: Mailand, Rom, Palermo). Die Entwicklung wird ferner verstärkt, wenn die natürlichen Verkehrslinien, die Flüsse, nach dem mittleren Raum zusammenführen, gut zu beobachten bei Turin für die Landschaft Piemont, auch bei Prag; das schönste Beispiel ist aber das Seinebecken; auch die deutschen Inlandbuchten zeigen die Mittellage der beherrschenden Städte Köln, Frankfurt, Leipzig, Breslau.

Nun finden sich außerdem noch für jede Verkehrslinie bestimmte Punkte, welche als „Zwangspunkte“ die Trassierung dahin beeinflussen, daß die Wege durch sie hindurch geführt werden müssen oder wenigstens von ihnen stark angezogen werden.

Sobald nämlich Anfangs- und Endpunkt festliegen, treten der absolut günstigsten Linie, also der Geraden, Hindernisse entgegen, welche die Linie abstoßen; und der Verkehr wird sich den Weg suchen, auf dem die Hindernisse möglichst wenig wirksam sind oder vielleicht ganz umgangen werden können. Ob die Hindernisse dauernd sind oder nur zeitweilig wirksam sind, ist hierbei ziemlich belanglos; für die Eisenbahn sind die wichtigsten Hindernisse das Wasser und die Erhebungen, für die Schifffahrt das Land und die Eisbedeckung; wichtige Hindernisse sind außerdem die in politischen Verhältnissen begründeten, besonders fremdstaatliches Gebiet; außerdem wirken Flächen mit niedriger Wirtschaftsstufe als Hindernisse; — die natürlichen Hindernisse verlieren um so mehr an Kraft, je höher die Verkehrstechnik steigt, gegen die politischen ist aber unter Umständen auch der tüchtigste Ingenieur machtlos.

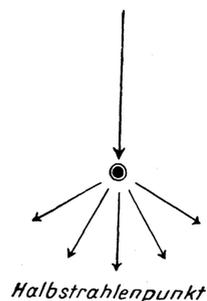


Abb. 5.

Nun kann man alle Hindernisse als Flächen bezeichnen, bei der Eisenbahn also Flächen von Wasser, Moor, Gebirge, Wüste oder Steppen, Urwald oder einem fremden Staat gehörige. Die Flächen werden hier oft zu Bändern (Gebirgszügen, Flüssen), bei denen aber die Beziehung „Breite“ grade hier voll wirksam bleibt.

Die hindernden Flächen können nun die erstrebte gerade Verbindungslinie zwischen den beiden gegebenen Punkten nur auf zwei Arten beeinflussen:

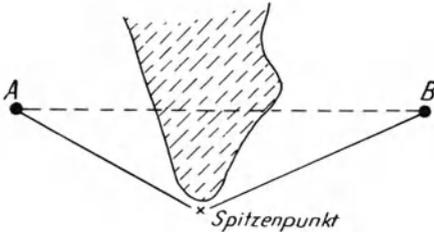


Abb. 6.

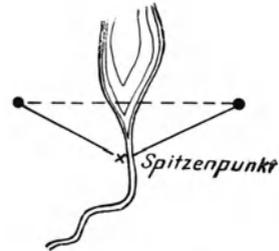


Abb. 7.

1. Sie stoßen nach Abb. 6 und 7 einseitig vor und müssen daher umgangen werden. So entsteht der Zwangspunkt als Spitzenpunkt.

2. Oder sie sind nach Abb. 8 und 9 durchgehend und müssen durchbrochen werden, was am vorteilhaftesten dort geschieht, wo das Hindernis am wenigsten wirksam, also am schmalsten (oder niedrigsten) ist. So entsteht der Zwangspunkt oder Paßpunkt.

Mit dieser so einfachen und durchsichtigen Betrachtung kann man den Charakter aller Verkehrspunkte erklären, deren Bedeutung darin besteht, daß sie günstiger sind als ihre ungünstigere Umgebung.

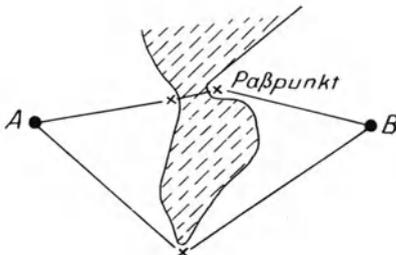


Abb. 8.

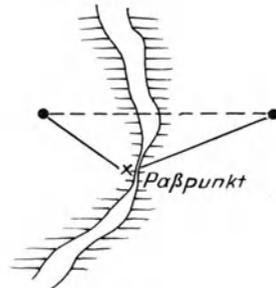


Abb. 9.

Spitzenpunkte sind im Landverkehr: die Endpunkte der Meeresbuchten (Hamburg), die End- und Kniepunkte von Seen (Zürich, Luzern, Genf, Chicago), die Kniepunkte von Flüssen (Bingerbrück, Gemünden, Basel), die Gebirgsvorsprünge (Hannover, Eisennach, Meißen, Wien), die oft gleichzeitig einem Flußknie entsprechen (Bingerbrück, Basel), die Vorsprünge fremder Staaten (Leipzig!!). Die wichtigsten Spitzenpunkte im Seeverkehr sind die Landvorsprünge, die daher eine „Kapstadt“ als Anlaufhafen tragen (Kapstadt, Colombo, Singapur); für die Binnenkanäle sind es die Gebirgsvorsprünge und zwar unter Umständen sehr niedrige (Bevergern und Öbisfelde für den Mittel­landkanal).

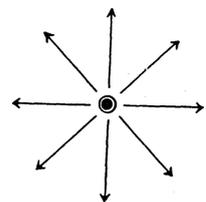
Paßpunkte sind alle Unterbrechungen oder Verengungen des Hindernisses, bei Gebirgen außerdem die Vertiefungen, also die Land- und Meer-

engen, die Sättel und die Brückenstellen, außerdem die „Fruchtland-Isthmen“ und „Moorpässe“.

Die Hindernisse zeigen eine sehr verschiedene Stärke, sowohl absolut ihrer eigenen Natur nach, als auch relativ ihrer Umgebung und der Verkehrstechnik gegenüber. Je stärker das Hindernis ist, je besser andererseits die begünstigte Stelle ist und je kleiner sie ist, desto schärfer ist der Zwangspunkt ausgebildet, desto stärker ist der Zwang zum Durchführen des Verkehrs gerade durch die bestimmte Stelle. Je geringer dagegen der Unterschied zwischen der hindernden Fläche und dem begünstigten Punkt ist, je größer die gute Stelle ist, je mehr solcher Stellen es gibt und je höher die Technik steht, desto schwächer ist der Zwang, desto mehr wird der Zwang zur Wahl.

Selten wird ein Weg von nur einem Hindernis und nur einem Zwangspunkt beherrscht sein; oft wird auch dasselbe Hindernis mehrere Überwindungspunkte bieten, die dann also nicht mehr absolute Zwangspunkte sind. Auch ist die Bedeutung des Hindernisses und der begünstigten Punkte für die verschiedenen Arten von Verkehrsmitteln und innerhalb desselben Verkehrsmittels für die verschiedenen Abarten verschieden. Hieraus müssen sich naturgemäß im Wechsel der Zeiten Verlagerungen der Wege ergeben.

Bisher war angenommen, daß es sich nur um einen (zu schaffenden) Weg handele. Durch viele Zwangspunkte müssen sich aber mehrere Wege hindurchzwängen, sie werden also nach Abb. 10 fast immer Knotenpunkte. Theoretisch ergeben die Spitzenpunkte einen weniger scharf, die Paßpunkte dagegen einen gut ausgeprägten Doppeltrichter, vgl. z. B. die Gotthardbahn, also eine Paßbahn, in die von Norden die Linien von Basel, Stuttgart, Ulm und München hineinfließen und aus der von Mailand ab die Linien nach Süden wieder auseinanderfließen.



Ganzstrahlenpunkt

Abb. 10.

Mit diesem Beispiel ist schon angedeutet, daß der Paßpunkt sich im allgemeinen in zwei Punkte mit einer verbindenden Linie auflöst. Auf einen Punkt kommt man eigentlich nur bei Gebirgspässen, wo man bei offener Überschreitung tatsächlich einen bestimmten Scheitelpunkt, also keine Scheiteltrecke, erhalten kann, der unter Umständen auch durch eine kleine Siedlung (Hospiz) oder auch durch eine Betriebsstation (z. B. zum Absetzen der Drucklokomotive) gekennzeichnet ist. Im übrigen ist aber die Auflösung in zwei Punkte mit einer Paßstrecke das Naturgemäße. So zeigen die Brückenstellen die Brücke mit ihren beiden Enden und zwei Siedlungen, die Hauptstadt und den Brückenkopf (Köln—Deutz, Mainz—Kastel) oder zwei selbständige Städte (Mannheim—Ludwigshafen); auch die Land- und Meerengen erzeugen meist zwei Siedlungen (Port Said—Suez, Panama—Colon), von denen unter Umständen die eine nur strategischen Wert haben mag. Die Gebirgspässe lassen mehrere solche „Städtepaare“ entstehen, deren Bedeutung von oben nach unten zunimmt (Göschenen—Airolo, Erstfeld—Bellinzona, Luzern—Lugano, Basel—Mailand).

Bei den Hindernissen war oben stillschweigend vorausgesetzt, daß die hindernde Fläche verkehrslos sei. Das ist aber nur bei Sumpf und (nicht vollständig) bei Hochgebirge, Urwald und Wüste der Fall.

Bei den wichtigsten gegenseitigen Hindernissen, Land und Wasser, ist das aber nicht zutreffend, vielmehr sind beide befahrbar und zwar mit verschiedenen Verkehrsmitteln. Hierdurch erhält der Zwangspunkt insgesamt eine dreifache Verkehrsbedeutung (vgl. Abb. 11 und 12):

1. Er zieht von dem einen Verkehrsmittel nicht nur eine, sondern mehrere Linien auf sich, wird also z. B. für den Eisenbahnverkehr ein mehrfacher Knotenpunkt;
2. er wird außerdem für das andere Verkehrsmittel als Spitzenpunkt Endpunkt, also „Halbstrahlenpunkt“, als Paßpunkt ein begünstigter Zwischenpunkt;
3. er wird daher der richtige Punkt für den Umschlagverkehr zwischen den beiden Verkehrsmitteln.

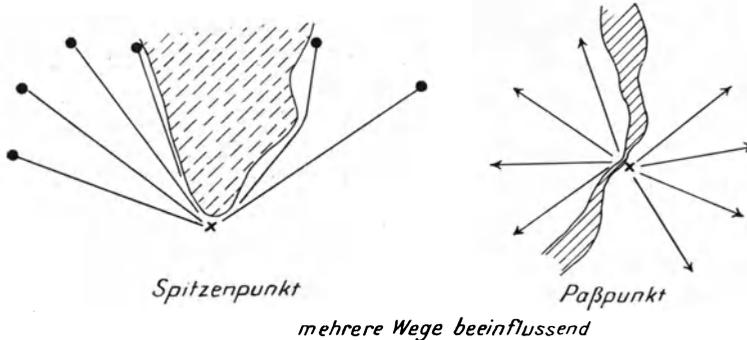


Abb. 11.

Aus all diesen Betrachtungen geht hervor, daß die von der Natur reinverkehrsgeographisch ausgezeichneten Punkte (oder vielmehr kleinen Räume) Veranlassung zu den stärksten Zusammenballungen des Verkehrs bieten. Solche Punkte locken damit unmittelbar den Handel an, sie werden also zu „Verkehrs- und Handelsstädten“. Sie bilden aber auch einen großen Anreiz für die Ansiedlung der weiterverarbeitenden Gewerbe, weil die Zufuhr der

Roh- und Hilfsstoffe und die Abfuhr der Erzeugnisse mittels des strahlenförmigen Verkehrsnetzes verbilligt wird; so entsteht folgerichtig die Vereinigte Verkehrs-, Handels- und Industriestadt, die auch Verwaltungsbehörden, Gerichte, Schulen, Garnisonen anlocken wird.

Tatsächlich sind an derart ausgezeichneten Stellen die überhaupt größten Städte entstanden, und in diesem Sinn ist der Verkehr der bedeutendste Städtegründer. Die sonst stärksten Kräfte (Erze, Kohlen) haben bisher nur Städte von etwa einer halben Million Einwohnern gegründet,

der Verkehr aber hat die Millionenstädte geschaffen; zum Teil ist das darin begründet, daß Erze und Kohlen nicht punkthaft, sondern flächenhaft (meist bänderartig) auftreten, so daß sie Städtegruppen erzeugen, daß dagegen der Verkehr sich tatsächlich auf eine so kleine Stelle zusammenziehen kann, daß sie siedlungstechnisch als Punkt erscheint.

Aber diese Entwicklung ist nicht gut, und der Verkehrstechniker muß daher die dezentralisierende Kraft des Verkehrs ausnutzen, um die Zusammenballungen zu bekämpfen; und für das Binnenland gibt es (mit Ausnahme von Chicago) keinen Punkt, der verkehrsgeographisch so bevorzugt wäre, daß er

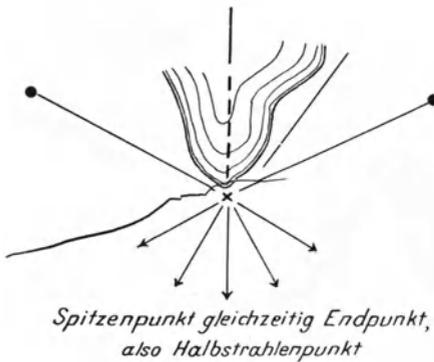


Abb. 12.

eine Millionenstadt hätte schaffen müssen, und die Großhäfen bedürfen für ihre Handels- und Verkehrsaufgaben auch nicht die Millionenzahl und sie können außerdem in sich dezentralisiert werden, indem die besonderen Aufgaben des Vorhafens, der Fischerei, des Schiffbaus besonderen Nachbarsiedlungen übertragen werden; — auch der Großhafen liegt nicht auf einem Punkt, sondern in einem Raum.

B. Die Eisenbahngeographie Deutschlands (Mitteleuropas).

1. Die wichtigsten geographischen Erscheinungen des Weltverkehrs.

Für Wirtschaft und Verkehr ist die Erde nicht die Oberfläche einer Kugel, sondern eines stark gewölbten Ringes, denn die beiden Polkappen scheiden aus, da sie mit ewigem Eis bedeckt, für Wirtschaft und Verkehr unzugänglich sind. Hierdurch wird der West — Ost-Verkehr gegenüber dem Nord — Süd-Verkehr begünstigt, was noch durch andere Umstände verstärkt wird: Um die Erde schlingen sich zwei gemäßigte Zonen, sie weisen zwar nicht die üppige Fruchtbarkeit der Tropen auf, aber auch nicht deren Steppen, Wüsten und Urwälder und auch nicht ihre erschlaffenden Eigenschaften. Demgemäß liegen die Sitze der höchsten Zivilisation auf zwei Ringstreifen, einem wichtigeren und ältern nördlichen, Europa — China — Nordamerika, und einem nicht so wichtigen und jüngeren südlichen: Südliches Südamerika — Südafrika — Australien. Hieraus scheinen sich gegenwärtig die künftigen sechs großen Wirtschaftsgebiete der Erde zu entwickeln: Europa, China-Japan, Nordamerika, Südamerika, (Süd-)Afrika, Australien¹⁾. Von ihnen sind fünf der weißen, eines der gelben Rasse untertan. Zurzeit stehen die drei Südgebiete noch in starker Abhängigkeit von Europa, aber es kann nicht damit gerechnet werden, daß das noch lange Bestand hat.

Aus dieser Erscheinung ist gleichzeitig die für Verkehr (Wirtschaft und Politik) allgemein wichtige Beziehung abzuleiten: die sechs sog. Erdteile sind keine Einheiten. Vielmehr werden die sechs geschlossenen Landmassen durch die lähmende Kraft großer Landwege und die befruchtende Kraft günstiger Seewege teils auseinandergerissen, teils erweitert. Zerrissen werden: Südamerika, von dem der nördliche Teil zu Nordamerika gehört, dessen Macht durch den Panamakanal noch verstärkt wird; Afrika, von dem fast $\frac{2}{5}$ zu Europa gehören (Einfluß des Mittelländischen und Roten Meeres); Asien, von dem der Westen zu Europa gehört (Westsibirien als Fortsetzung Rußlands, Vorderasien von uraltersher einen wesentlichen Teil der Einheit des vorderasiatisch-europäischen Kulturkreises bildend); erweitert werden Nordamerika, ferner Australien (über die Inselwelt) und vor allem Europa, jedoch reicht Europa auch bei dieser Erweiterung, im Gegensatz zu den fünf andern Reichen, nicht in wertvolle Tropengebiete hinein, — ein bedenkliches Moment wirtschaftlicher Schwäche. Von den drei Ozeanen bespült jeder vier von den sechs Wirtschaftsreichen, aber von den entsprechenden sechs „Gewerbe-, Handels- und Verkehrsbecken“ liegen vier am Atlantischen und zwei am Großen Ozean, am Indischen aber nur der vorderindische „Ableger“ des Zentralbeckens des Reiches der gelben Rasse.

Die drei nördlichen Hauptgebiete decken sich mit drei von den vier Dichtegebieten der Erde. — Von ihnen umfassen das europäische, das

¹⁾ Prof. Dr. Obst: „Die Wirtschaftsreiche in Vergangenheit und Zukunft“, Vortrag auf dem Zweiten Hannoverischen Hochschultag.

chinesisch-japanische und das indische je 400000000 Menschen, also je etwa ein Viertel der gesamten Menschheit, während das amerikanische (nämlich der Ostrand Nordamerikas) bisher nur etwa 50000000 Bewohner zählt. Die Zahlen zeigen, wie scharf die Bevölkerung an den wenigen durch Klima und Bodenschätze bevorzugten Stellen zusammengedrängt ist, wie menschenarm dagegen weite Erdgebiete sein müssen und wie geringe Wirtschafts- und Verkehrskräfte sie demnach nur entwickeln können. Die Zahlen allein geben allerdings noch keinen richtigen Maßstab; vielmehr ist bei dem indischen Dichteggebiet die die Wirtschaft lähmende Genügsamkeit der Bewohner, bei den amerikanischen der die Wirtschaft anfeuernde Reichtum an Bodenschätzen zu beachten. Der größte Teil der weitgespannten Verkehrsbeziehungen spielt sich naturgemäß zwischen den Dichtegebieten ab, und zwar ihrer gegenseitigen Lage entsprechend in west—östlicher Richtung.

Dies wird dadurch begünstigt, daß die vier Gebiete durch das einheitliche Weltmeer verbunden sind, da sich hier eine große West—Ost-Straße um die Erde schlingt:

Nordsee—Suez—Singapur—Yokohama—Panama—New York—Nordsee.

Die Begünstigung der drei nördlichen Wirtschaftsgebiete ist geographisch zwingend begründet. Die drei Südkontinente sind nämlich mehrfach benachteiligt: sie liegen mit ihren Hauptmassen in den Tropen, weisen daher große Urwälder und Wüsten auf und senden nur schmale Ausläufer in die gemäßigte Zone vor; sie sind Länderriesen ohne starke Gliederung, also dem Verkehr wenig günstig; sie sind durch die Wasserwüsten der Ozeane voneinander getrennt und haben selbst jetzt noch kaum Verkehrsbeziehungen untereinander. Diese Ungunst findet ihren Niederschlag in dem Zurückbleiben der eingeborenen Bevölkerung, die nur an wenigen Stellen eine höhere Kulturstufe erklommen hatte (eigentlich nur in Peru).

Dagegen sind die Nordkontinente begünstigt: Sie sind nämlich an sich wesentlich größer, und zwischen dem 40. und 70. Grad n. B. liegt sogar ein Ringstreifen, der das einzige erdumfassende Gebiet darstellt, in dem die Landmasse größer als die Wassermasse ist. Trotzdem sind die nördlichen Landmassen durch das Meer trefflich aufgeschlossen; insbesondere bleibt auch die eben genannte große West—Ost-Straße vollkommen auf der nördlichen Halbkugel, und die Ozeane sind im Norden schmaler, wirken also nicht trennend, sondern verbindend. Ferner liegen große Gebiete in der gemäßigten Zone. Benachteiligt sind nur die eigentlichen Innengebiete Asiens und Nordamerikas, denn sie sind als Steppen und Wüsten wirtschaftsarme Gebiete, die zum Teil auch keine natürlichen Abflüsse zum Meer haben; ferner die nördlichen Streifen der beiden Erdteile, weil sie Tundren und Eiswüsten sind und an das fast verkehrslose Nördliche Eismeer grenzen, so daß auch die starke Küstengliederung und die großen Ströme für den Verkehr kaum dienstbar gemacht werden können.

Von den drei Ozeanen ist der Atlantische der bedeutungsvollste. Der Große Ozean zeigt als wichtigstes, aber nicht günstiges Kennzeichen seine Größe. Er schiebt sich als ungeheueres Dreieck von Süden her vor und hat stets trennend gewirkt. Die Verengung im Norden kann, obwohl sie noch durch die Halbinsel-Insel-Brücke betont ist, infolge des ungünstigen Klimas nicht ausgenutzt werden; die Inselwelt der Mitte und des Südens reicht nur bis zur Mitte des Ozeans, sie ist eine Fortsetzung von Asien—Australien, aber keine Brücke nach Amerika; erst in der Gegenwart hat Honolulu eine entsprechende Bedeutung gewonnen. Begünstigt ist beim Großen Ozean der Norden gegenüber dem Süden, der Westen gegenüber dem Osten, wobei einerseits auf den Kulturkreis der gelben Rasse, andererseits auf den für den Großen Ozean so ungünstigen Gebirgsaufbau Amerikas zu verweisen ist.

Der Panamakanal setzt das den Süden befruchtende Moment, die Fahrt um Kap Hoorn, zugunsten des Nordens herab.

Der Indische Ozean hat verkehrlich keine „ozeanische“ Bedeutung. Er ist immer nur ein Randmeer gewesen und ist dies heute noch; denn seine Bedeutung liegt darin, daß sein Nordrand den europäischen, indischen und chinesischen Kulturkreis verbindet; er war früher eine „Fortsetzung“ des Atlantischen Ozeans und ist heute die Verbindung zwischen dem Atlantischen und Großen Ozean, hat aber infolge des Reichtums seiner Randländer, besonders des indischen Dichtegebiets, einen großen „Lokal“-Verkehr.

Der Atlantische Ozean ist geschichtlich, wirtschaftlich und verkehrlich der wichtigste Teil des Weltmeers. Seit seiner „Entdeckung“ (1492) ist er der Träger der Weltgeschichte. Sein Hauptkennzeichen ist seine Schmalheit; er ist ein nur 5000 km breiter, 20000 km langer „Kanal“, der die berührten Länder untereinander verknüpft und, durch alle Zonen reichend, dem W—O- und den S—N-Verkehr gleich gut dient. Auch bei ihm ist der Süden benachteiligt (durch die ungliederten, von tiefstehender Ur-Bevölkerung bewohnten Kontinente), der Norden dagegen bevorzugt. — Hier findet sich eine ungewöhnlich starke Gliederung und zwar in drei Gruppen: die nördlichste wird allerdings durch das unwirtliche Eismeer gebildet, die mittlere umfaßt im Osten die Nord- und Ostsee, im Westen die Hudsonbai und den St.-Lorenz-Golf, die südliche (aber voll auf der Nordhalbkugel bleibende!) das europäische und das amerikanische Mittelmeer mit ihrer reichen Insel- und Halbinselwelt und ihren (künstlichen) Verbindungen zu den beiden andern Ozeanen. Der Norden zeigt außerdem einen ungewöhnlich hohen Fischreichtum und in seinen Randländern die wichtigsten Kohle- und Eisenvorkommen. Gliederung und Klima sind auf der europäischen Seite besser als auf der amerikanischen.

Die Bedeutung des Atlantischen Ozeans liegt besonders auch in dem schon erwähnten eigenartigen Verlauf der „Hauptwasserscheide der Erde“. Infolge des merkwürdigen Verlaufs der Gebirge und des dadurch bedingten Laufs der großen Ströme entfallen von der gesamten Landfläche auf den Atlantischen Ozean 53 $\frac{0}{100}$, auf den Großen und Indischen zusammen dagegen nur 25 $\frac{0}{100}$ und auf die abflußlosen Gebiete 22 $\frac{0}{100}$. Ein großer Teil der letzteren gehört aber wirtschaftlich zum Machtbereich des Atlantischen Ozeans, außerdem greift er aber noch in den der andern Ozeane ein. Mit diesen Erweiterungen mag der Bereich des Atlantischen Ozeans auf 70 $\frac{0}{100}$ der Gesamtfläche und 50 $\frac{0}{100}$ der Gesamtmenschheit veranschlagt werden, seine Küstengebiete haben vor dem Weltkrieg rund 61 $\frac{0}{100}$ des Welthandels geliefert, seine Flotte betrug 91 $\frac{0}{100}$ der Weltflotte, sein Schiffsverkehr sogar 96 $\frac{0}{100}$, von den neuen „Riesenhäfen“ der Erde liegt nur Hongkong nicht am Atlantischen Ozean; die acht größten Stromgebiete gehören ihm.

2. Die Stellung Europas.

Unter den Erdteilen nimmt Europa eine besondere Stellung ein. Allerdings ist es der zweitkleinste und umfaßt nur 7,4 $\frac{0}{100}$ der Landfläche der Erde; aber diese Zahl besagt wenig; dagegen ergibt sich die Bedeutung Europas aus den vorhergehenden Ausführungen und umstehender Zusammenstellung.

Es sind hierin aber noch große Wertunterschiede enthalten, denn hochbewirtschaftete Äcker und Wälder in Europa sind anders zu bewerten als die entsprechenden Formen in Afrika. Rechnet man als „Kulturland im engsten Sinn“ nur die zur Erzeugung von Nahrungs- und Nutzpflanzen bewirtschafteten Flächen, so gibt es hiervon nur 20000000 Quadratkilometer, und davon enthält Europa etwa ein Viertel, wie es ja auch rund ein Viertel der Menschheit umfaßt.

	Landfläche		Benutzungsart Mill. qkm				Bevölkerung		
	Mill. qkm	%	Acker Wiesen Weiden	Wald	Step- pen	Öd- land	Mill.	in % der Erde	Dichte auf 1 qkm
Europa	9,7	7,4	4,5	3	0,5	2	447	27,5	45,7
Afrika	29,8	22,7	6	7	9	8	135	8,3	4,6
Asien	44,2	33,7	10	13	9	12	855	52,7	19,0
Australien	8,9	6,8	1	1,5	3,5	3	7	4,3	0,8
Nordamerika	24,9	16,7	5	9	3	7	126	7,8	5
Südamerika	17,7	13,5	4,5	8,5	3	2	52	3,2	2,9
Antarktis	14,0	9,4				9,4			
	Wasserfläche								
Großer Ozean	180	50							
Atlantischer Ozean	106	29,4							
Indischer Ozean	75	20,6							



Abb. 13. Halbkugel der größten Landmasse.

Als besondere Vorzüge Europas sind sein Klima und seine Lage zu den übrigen Erdteilen und dem Weltmeer zu bezeichnen. Europa liegt nach Abb. 13 im Zentrum der Halbkugel der größten Landmasse; die übrigen Erdteile sind um Europa herum gelagert; es ist das die großartigste „Mittellage“, die es überhaupt auf der Erde gibt. Demgemäß hat Europa nach allen Welteilen die vergleichsweise kürzesten Verbindungen; aber trotz dieser Landumschließung ist es durch das Weltmeer nach allen Seiten aufs beste angeschlossen und außerdem durch dessen gerade hier besonders starke Gliederung in sich trefflich aufgeschlossen. Für wirtschaftliche und Verkehrs-

betrachtungen muß man den Begriff „Europa“ teils weiter, teils enger fassen. Im weiteren Rahmen gehören der Nordrand von Afrika und Kleinasien-Syrien zu Europa, denn diese Gebiete sind durch das Meer nicht von Europa getrennt, sondern mit ihm verbunden, während sie durch die Wüsten von ihren Kontinenten losgelöst sind. In diesem Sinne gliedert sich „Europa“ in vier Hauptgebiete: den Westen (Nordwesten), der vom Atlantischen Ozean er-



Abb. 14. Der höchste Kulturkreis der Erde.

schlossen wird, den Süden, den das Mittelmeer zu einer Einheit gemacht hat, den Nordosten, der durch seine Größe, die breite Landverbindung mit Asien und die Lage zwischen Binnenmeeren die stärksten „ländischen“ Züge aufweist und den Südosten, den „nahen Orient“. Die drei ersten Teile sind völkisch durch die Vorherrschaft der germanischen, romanischen, slawischen Rasse unterschieden, die je 37, 26 und 37 $\frac{1}{10}$ der europäischen Bevölkerung ausmachen, der vierte Teil und Nordafrika wird durch die verschiedenen Rassen angehörenden, aber im Islam geeinten Völker gekennzeichnet.

Nach dem Hochstand der Bevölkerung und der Wirtschaft kann man den eigentlichen Erdteil Europa in einen höherstehenden westlichen und einen tieferstehenden östlichen Teil gliedern, deren Grenzlinie von der Adria östlich Budapest nach Riga führt.

Für Verkehrsbetrachtungen ist es vielfach zweckmäßig, den Begriff Europa einzuschränken, und für gewisse Betrachtungen ist es vorteilhaft, einen Kreis zu konstruieren, den man den „höchsten Kulturkreis der Welt“ genannt hat, besser aber als den einen der Hauptsitze der Arbeit bezeichnet. Beschreibt man nach Abb. 14 nämlich um einen Punkt im rheinisch-westfälischen Industriegebiet (Köln oder Essen) einen Kreis von 1000 km Halbmesser, so umschließt dieser das dichtest besiedelte Gebiet der Erde und gleichzeitig das Zentralbecken des Überseeverkehrs. Dieser Kreis bildet gleich-

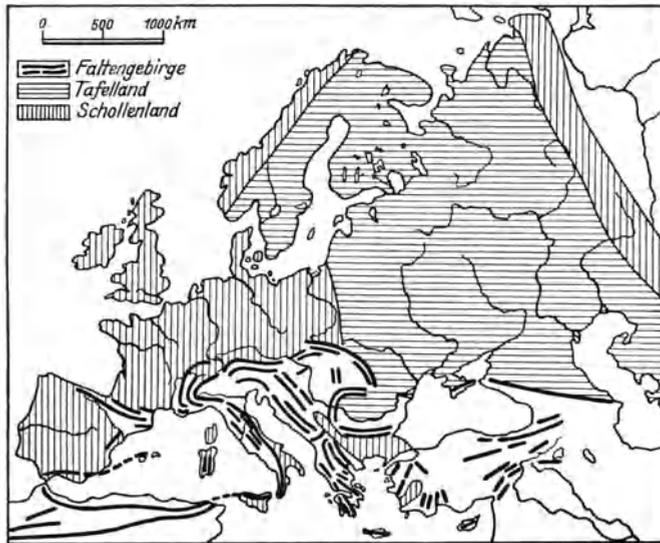


Abb. 15. Skizze des Oberflächenbaues von Europa.

zeitig das Zentrum der „Landhalbkugel“, deren Pol allerdings — theoretisch-geographisch aufgefaßt — an der Mündung der Loire liegt. — Solche geometrischen Konstruktionen sind sonst recht vorsichtig aufzunehmen; in diesem Fall führen sie aber zu einer richtigen Vorstellung, wobei allerdings die Bedeutung von Spanien, Mittel- und Süditalien nicht zum Ausdruck kommt.

Geologisch gliedert sich Europa nach Abb. 15 in drei Teile, die sich teilweise mit der obigen Dreiteilung decken:

- a) das Schollenland im Nordwesten (vom Atlantischen Ozean beherrscht, germanisch),
- b) das Faltenland im Süden (vom Mittelmeer beherrscht, romanisch-griechisch),
- c) das Tafelland im Osten (binnenländisch, slawisch).

Die Grenze zwischen a) und b) ist etwa durch den Schweizer Jura und die bayrischen Alpen, die zwischen a) und c) durch die Linie Przemysl—Königsberg bezeichnet.

Das Schollenland im Nordwesten, dem auch Deutschland angehört, wird in seiner Oberfläche vom Meer, der Tiefebene und dem Mittelgebirge beherrscht.

Das Faltenland im Süden zeigt naturgemäß die größten Unterschiede in Höhe und Tiefe. In seinen Gebirgskämmen weist es hauptsächlich die W—O-Linie auf, jedoch sind die beiden für Deutschland wichtigsten Gebirgszüge in einer für unsere Heimat günstigen Weise in die Linien SW—NO (Alpen) und NW—SO (Karpathen) abgebogen; andere Gebirgszüge zeigen noch stärkere Verbiegungen, besonders die Südost- und die Transsylvanischen Alpen und der Zug Apennin—Atlas—Sierra Nevada. Den Auffaltungen entsprechen große Senkungsfelder, von denen die als Verkehrs-Sammelmulden wirkende Lombardische und Ungarische Tiefebene besonders zu nennen sind. Tiefe Senken in Form von „Gräben“ — ob es geologische Gräben sind, bleibe dahingestellt —, haben das Gebiet in der Richtung S—N stark zertalt, dem Meer den Durchgang ermöglicht und dem Verkehr durch anstoßende tiefe Täler die Wege gebahnt¹⁾.

Das Tafelland im Osten ist geologisch und damit wirtschaftlich und verkehrlich einfach; es ist die weite, geographisch hemmungslose, klimatisch stark gehemmte russische Tiefebene mit ihren niedrigen Wasserscheiden und den großen, aber lange Monate vom Eis blockierten Strömen, die sich in vier Binnenmeere (Eismeer, Ostsee, Kaspisches und Schwarzes Meer) ergießen. „Einfach“ darf aber nicht mit „einförmig“ verwechselt werden, vielmehr nimmt die Höhe der Wirtschaft von Ost nach West mit der Annäherung an das Meer und die europäische Zivilisation, und von Nord nach Süd mit dem wärmeren Klima zu; der Westen und Süden sind also bevorzugt, der Norden und Osten benachteiligt, der Süden ist außerdem durch Bodenschätze und (wenn der Regen nicht ausbleibt) durch Fruchtbarkeit ausgezeichnet (die „Weizensteppe“, das Land der „schwarzen Erde“). Die Dichtigkeit des Eisenbahnnetzes spiegelt die Wirtschaftshöhe gut wieder; im Westen war es aber von Osten her bis zur Njemen—Weichsel-Linie aus strategischen Gründen stark verdichtet, jedoch an der deutschen Grenze entlang absichtlich verkümmert. Der Krieg hat aber die Lücken geschlossen und außerdem die „Randstaaten“ und Polen der Regelspur erschlossen.

a) Mitteleuropa.

Mitteleuropa, dessen Mitte von Deutschland eingenommen wird, deckt sich etwa mit jenem oben angegebenen Kreis, es hat Anteil an der germanischen, romanischen und auch an der slawischen Welt und an dem Falten- und dem Schollenland. Es liegt in doppelter „Mittellage“ zwischen der Nord—Ostsee und dem Mittelmeer, zwischen England—Frankreich und Rußland—Balkan. Es vermittelt daher den Überlandverkehr zwischen den beiden Meeren, also zwischen dem „Zentralbecken“ und dem Suezkanal und zwischen dem gewerblichen Westen und dem landwirtschaftlichen Osten. Deutschland nimmt an diesen Vorzügen voll teil, ist außerdem durch „offene“ Grenzen ausgezeichnet, jedoch durch die Vorlagerung Englands und die Lage Frankreichs zwischen zwei Meeren benachteiligt und durch den Wall der Alpen behindert.

Hauptwege. Mitteleuropa verfügt außer dem bis zur Murmanküste fast immer fahrbaren Atlantischen Ozean über folgende Hauptwege:

¹⁾ Man könnte die Vermutung aussprechen, daß das Schollen- und Faltenland einmal von einer Kraft gepackt worden sei, die es von Asien los nach Westen zerren wollte, aber nur tiefe Risse hervorgerufen hat; jedenfalls ist die dem Verkehr so günstige Fülle tiefer S—N-Furchen auffallend, vgl. Rhone—Doubs—Oberrhein—Wetterau(—Leine), die beiden Meeresstraßen bei Sizilien, Adria—Etschtal, Ägeis—Schwarzes Meer. Im Jordantal, im Roten Meer und in Ostafrika treten diese Gräben besonders stark hervor, und im Grunde genommen ist der Atlantische Ozean auch nur ein „Graben“.

1. Für die W — O-Richtung:

Nordsee — Ostsee,
 Nordeuropäische Tiefebene,
 Mittelmeer — Schwarzes Meer.

Diese Wege werden nach Osten zu infolge des ländischer werdenden Klimas und der zunehmenden Kraft des „großen Raumes“ ständig ungünstiger; insbesondere dürfen die Ebenheit Rußlands und seine großen Flüsse nicht zu der irrigen Vorstellung verleiten, als ob der Osten dem Verkehr besonders günstig wäre; die Schifffahrt wird durch den Frost, der Landverkehr besonders in den Übergangsjahreszeiten stark behindert.

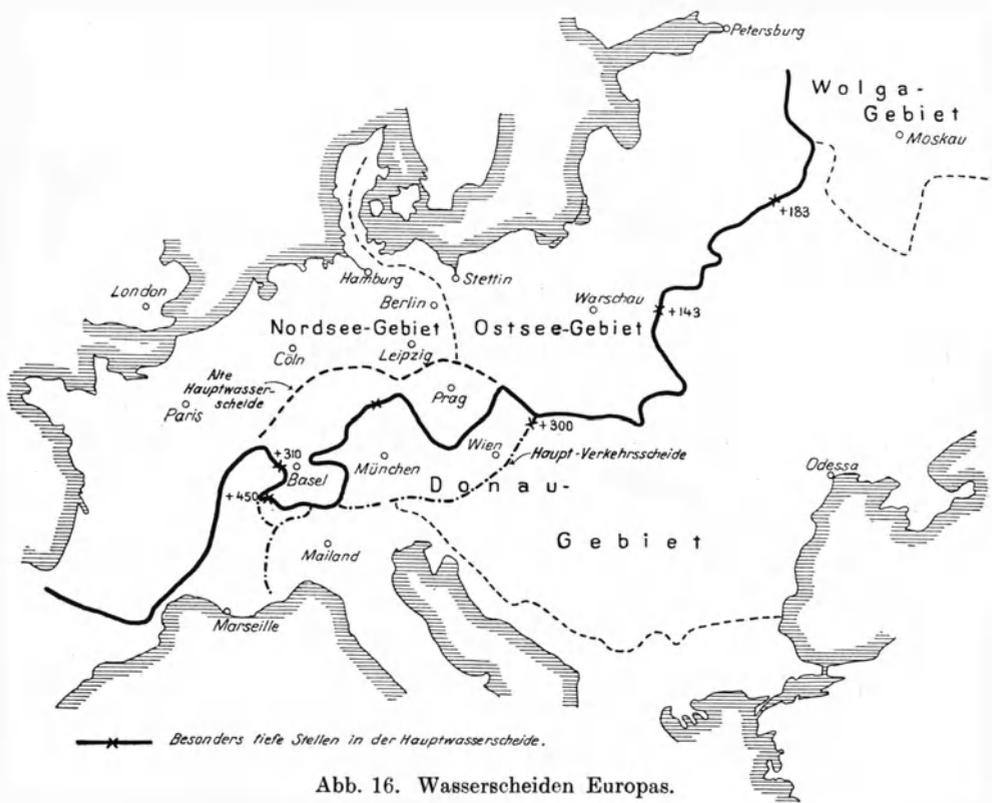


Abb. 16. Wasserscheiden Europas.

2. Für die N — S-Richtung:

Kanal (London) — Marseille.
 Nordsee — Alpenpässe — Oberitalien (Genua, Triest),
 Ostdeutschland — Ungarn — Balkan und Mittelmeer (Fiume),
 Ostsee — Westrußland — Schwarzes Meer.

Auch hier nimmt die Bedeutung nach Osten hin ab.

Die Lage zwischen zwei Meeren gibt den Wasserscheiden naturgemäß eine besondere Bedeutung. Die „Hauptwasserscheide“ hat gerade in Mitteleuropa nach Abb. 16 einen stark ausgezackten Verlauf, denn sie ist hier durch die Saone nach Norden, dann durch den Rhein nach Süden, durch die Donau wieder nach Norden und die Elbe wieder nach Süden abgelenkt. Dieser Verlauf und ihre merkwürdig tiefen Einsattlungen sind für Deutschland günstig, denn sie drücken in Verbindung mit den Alpen, die dem vom Mittelmeer kommenden

Verkehr ein Halt gebieten, die Verkehrsscheide über die Wasserscheide hinaus nach Süden, erweitern also den Machtbereich der Nord—Ostsee. Eigenartigerweise sind die Alpen nur auf ein recht kurzes Stück die Hauptwasserscheide.

Diese bei nur geographischer Betrachtung schwer verständlichen Merkwürdigkeiten klären sich sofort auf, sobald man die geologische Betrachtungsweise zu Hilfe nimmt, die in diesem Fall besonders fruchtbar und zum klaren Erkennen der verkehrsgeographischen Grundlagen unentbehrlich ist:

Die Hauptwasserscheide Europas verlief dereinst über ein „variskisches“ Gebirge, das sich in einem Halbrund ähnlich wie die Alpen, aber dreimal so lang und nördlich von ihnen, von Cette über Nancy — Hunsrück — Taunus — Erzgebirge — Sudeten — Karpathen spannte. Diese Wasserscheide wies den Flüssen eindeutig den Weg nach Norden und Süden, wie sie es noch heute in der Mitte mit den kleinen Flüssen (Maas, Mosel, Saar, Leine, Saale, Neiße, Nab, March, Theiß), an den beiden Enden mit den großen Flüssen (Loire, Seine, Oder, Weichsel) tut. Dem entspricht in Deutschland auch das Eisenbahnnetz von Hessen, Thüringen und Schlesien. Dann ist das variskische Gebirge stark abgetragen worden; hierbei haben sich einzelne Flüsse weiter nach Süden eingeschnitten (Maas, Mosel); vor allem aber haben sich Rhoin und Elbe in Durchbruchstätern durchgenagt und damit die großen nach Süden vorspringenden Landschaften nach Norden geöffnet. Hierbei sind die alten südlichen Flußläufe (bei Belfort und Zwickau) zerrissen, und zwar naturgemäß in so niedrigen Wasserscheiden, daß sie für die Eisenbahn kaum merklich sind; es sind hierdurch also westlich und östlich der Alpen „durchgehende“ N—S-Täler entstanden, Köln—Marseille und Dresden—Brünn—Wien, vgl. auch den Rhein—Rhone-Kanal und die erstrebte Wasserverbindung zwischen Elbe und Donau.

In dem „variskischen“ Gebirge befindet sich zwischen Sudeten und Beskiden bei Oderberg ein drittes „Durchbruchstal“, das für die Flüsse allerdings Wasserscheide, für die Eisenbahnen aber ebenfalls kaum merklich ist und daher den großen Verkehrsweg von Schlesien—Polen nach Wien—Ungarn aufnimmt, für den auch der Oder—Donau-Kanal vorgeschlagen ist.

Diese drei „durchgehenden Täler“ haben die Bedeutung der alten Wasserscheide so verdunkelt, daß wir sie meist allgemein unterschätzen und uns dadurch das Verständnis für die Verkehrsgeographie unserer Heimat erschweren.

Im Weser—Main-Gebiet ist das variskische Gebirge zertrümmert; Harz und Thüringer Wald haben sich in jüngerer Zeit aufgetürmt, vulkanische Gewalten haben Vogelsberg, Rhön usw. geschaffen. Dadurch ist hier der große, einheitliche Zug verloren gegangen; ein altes, durchgehendes Haupttal, dessen Reste wir in der Wetterau und vielleicht auch dem Leinetal vermuten dürfen, ist in der Mitte verschüttet, durch die Trümmer schlängeln sich die junge Weser und ihre Quellflüsse in merkwürdigen, beinahe naturwidrigen Windungen. Dies Gebiet ist daher dem Verkehr recht ungünstig; das kommt in der geringen Schiffbarkeit der Weser und im Eisenbahnnetz in folgenden Merkwürdigkeiten zum Ausdruck: es gibt keine „Weserbahn“; die eigentliche „Hauptlinie“ Frankfurt—Hannover durch die Wetterau ist nur eine zweitklassige Linie, sie liegt streckenweise im Rheingebiet (!) und läuft zwischen Hann.-Münden und Eichenberg der Werra entgegen (!); die Hauptlinie aber (über Elm—Bebra) folgt nicht einmal einheitlich der Fulda, sondern kleinen Nebenflüssen; hier lag früher die einzige Spitzkehre in einer Hauptlinie Deutschlands, hier war zur Ausschaltung der Spitzkehre ein ungewöhnlich schwieriger Tunnel zu bauen. — Das ganze Gebiet war auch, seinen geographischen Verhältnissen entsprechend, ein Hochsitz der Klein-

staaterei. Die Linie Hamburg—Bebra—Flieden könnte durch Tunnel bei Eichenberg und Sontra und eine Linienverlegung bei Fulda erheblich verbessert werden.

Ein Gegenstück zu der variskischen Wasserscheide bildete im Norden eine alte Hauptwasserscheide, die den heutigen „Seenplatten“ folgte, also in Jütland begann und nach Süden ausholend über Mecklenburg—Pommern—Preußen nach Rußland führte. Auch sie wies derseits den Wassern den Weg nach Norden und Süden, wie das heute noch für die vielen kleinen Flüsse gilt (Trave, Warnow, Peene, Rega, Pregel und Dosse, Havel, Brahe usw.). Diese Wasserscheide muß aber schon sehr niedrig gewesen sein, als die Ostsee noch nicht eingesunken war, denn die Gletscher sind von Norden her über sie vorgestoßen; ihre höchsten Erhebungen liegen heute bei + 300, sie bereitet den Eisenbahnen kaum Schwierigkeiten und sie ist zwischen Hamburg und Stettin so flächenhaft, daß sie auch von Kanälen überschritten wird, von denen der Elbe—Trave-Kanal der wichtigste ist.

Auch diese Wasserscheide ist jetzt durchbrochen. Ehedem strömten nämlich die Wasser zwischen den beiden genannten Wasserscheiden von den Rokitno-Sümpfen von Ost nach West und haben dabei die großen Urstromtäler geschaffen, die für die norddeutsche Tiefebene so charakteristisch sind und dem Verkehr die Wege gewiesen haben, und zwar haben sie ihn,

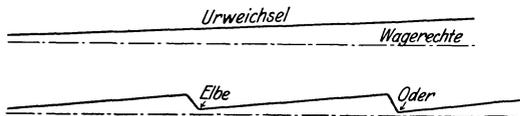


Abb. 17.

solange sie versumpft waren, auf die sie begleitenden Höhenzüge gedrückt, während sie später für den Bau von Kanälen so wichtig geworden sind.

Die Flüsse brachen (den zurückweichenden Gletscherzungen folgend? und von der einsinkenden Nord- und Ostsee angezogen?) an vielen Stellen nach Norden durch; sie verlegten also ihre Mündungen weiter nach Osten; sie bestehen daher heute aus lauter O—W (SO—NW)- und S—N-Teilstrecken, sind also für das unmittelbare Danebenlegen von Eisenbahnen nicht günstig und sie fließen ferner manchen ihrer Nebenflüsse entgegen (vgl. Weichsel—Brahe). Es finden sich hier also auch viele Fließchen, die für ihre „Täler“, weil diese von den großen Urströmen geschaffen sind, zu groß sind und viele „zerrissene“ Flüsse mit flächenhaften Wasserscheiden (Aller—Ohre) und sogar Flußtrennungen (Hase—Else). All das ist für den Verkehr günstig, oder vielmehr nach der Entsumpfung günstig geworden; — wie es früher ausgesehen hat, zeigt heute noch der Spreewald, in dem stellenweise der Nachen das wichtigste Verkehrsmittel ist.

Bei der Verlagerung der Flüsse hat sich nach Abb. 17 für die Richtung W—O ein sägeförmiger Längenschnitt ergeben: das Gelände steigt von den Ostufern ganz langsam an und fällt nach dem Westufer steil ab. Dies gibt den Stromsystemen die merkwürdige Form, daß ihre westliche Begrenzung dicht am Westufer, die östliche dagegen fern vom Ostufer verläuft. Hieraus folgt auch der eigenartige Längenschnitt der Kanäle mit langen Haltungen westlich und kurzen östlich der Scheitelstrecke, ferner der Steilaufstieg wichtiger Eisenbahnlinien von den Strömen nach Westen (Frankfurt a. d. O.—Fürstenwalde, Magdeburg—Eilsleben) und besonders das Vorherrschen hoher Westufer und tiefer Ostufer, das für die Lage der Städte so charakteristisch ist (Magdeburg, Frankfurt a. O.) und bei der Ausbreitung der deutschen Kultur von Westen her die Gründung der Städte in Schutzlage auf dem Westufer so erleichtert hat.

Da die beiden Wasserscheiden gegeneinander gebogen sind, die südliche nach Norden, die nördliche nach Süden, so ergibt sich eine „Taille“,

die in der Mark Brandenburg liegt, in der Gestalt Preußens klar erkennbar ist — die engste Stelle ist nur 180 km lang —, und das Eisenbahnnetz Norddeutschlands stark beeinflußt hat, indem sie das Zusammenziehen der Hauptlinien in Berlin erleichtert hat.

Unsere geologische Betrachtung muß noch durch einen Hinweis auf die jungen Gebirge der Alpen und des Jura ergänzt werden:

Die Alpen sind allerdings eine hohe Gebirgsschranke, aber sie sind dreimal so kurz wie das variskische Gebirge, und werden dadurch in ihrer Wirkung als Verkehrshindernis gemildert, insonderheit haben sie die großen Durchgangstäler Rhein—Doubs—Rhone und Oder—March—Ungarn nicht gesperrt; — allerdings ist die Bedeutung dieser Täler durch die Politik herabgesetzt, die der Alpenländer dagegen durch ihre hohe Kultur und dichte Bevölkerung erhöht. Da wir auf die Alpen-Paßbahnen noch eingehen müssen, ist hier nur zu bemerken, daß die Alpen in das südliche und westliche Deutschland eine gewaltige Abdachung von Süd nach Nord hineinbringen. Sie wird aber durch den Jura unterbrochen, der die deutschen Alpenflüsse verhindert, ihre natürliche Richtung nach Nord beizubehalten und sie in die reichlich unnatürliche Donau fallen läßt; es ist daher verständlich, daß der Menschenwitz die unnatürliche Natur korrigiert und die Wasser des Lech zum Main leitet. Verkehrsbedeutung gewinnt die Donau erst von Regensburg ab, von wo ab sie auch von einer Hauptbahn begleitet wird; — es ist aber bezeichnend, daß keine Großstadt Deutschlands an der Donau liegt, selbst die „Donaustadt“ Augsburg nicht.

So kurz diese „verkehrsgeologischen Andeutungen“ sind, so lehren sie doch, wie wichtig es ist, sich in Gebieten mit bewegter geologischer Vergangenheit vor Augen zu halten, daß der Verkehr je nach seiner Technik die Bildungen der verschiedensten geologischen Zeiträume ausnutzt.

Außer der Betrachtung der alten Wasserscheiden und ihrer jungen Durchbrechungen ist noch folgende Anschauung geeignet, sich den verwickelten Bau der mitteleuropäischen Gebirge klarzumachen:

In den Gebirgen und damit in den Flüssen, daher auch in vielen Eisenbahnlinien, sind drei Hauptrichtungen zu erkennen, die wir die drei Streichen nennen:

1. Das Niederrheinische Streichen folgt der Richtung SW—NO. Es beherrscht den Westen und Süden fast ganz, wird aber nach Osten zu ständig schwächer. Ihm folgen:

an Gebirgen: die Ardennen, Eifel—Westerwald, Hunsrück—Taunus, der Jura, die Alpen von Genf bis Wien, das Erzgebirge, die böhmisch-mährischen Höhen, die Westlichen Karpathen, im Osten noch die Pommersche und Preußische Seenplatte;

an Flüssen (zum Teil nur streckenweise): Sambre—Maas, Mosel—Lahn, Nahe—Kinzig, Doubs und Aare—Donau (bis Regensburg), Obere Rhone—Vorderrhein, Inn, Netze, Narew—Bobr und die südliche Ostsee nebst der Küste Stettin—Memel;

an Haupteisenbahnen: Paris—Köln, Köln—Hannover, Aachen—Hamburg—Lübeck, Metz—Kassel, Saarbrücken—Bebra, Straßburg—Nürnberg—Bodenbach, Reichenbach—Dresden, Genf—München, Mailand—Wien, Wien—Warschau, Posen—Insterburg, Berlin—Königsberg, Stettin—Danzig.

Außerdem folgt ihm das große Kohlenflöz Lens—Hamm(—Hannover) und der nördliche Teil der deutsch-polnischen Grenze, die eine „Parallelerscheinung“ zu dem entsprechenden Teil der Ostseeküste ist.

2. Das Sudetische Streichen folgt der Richtung NW—SO. Es beherrscht den Südosten und wird nach Nordwesten ständig schwächer. Ihm folgen:

an Gebirgen: Karpathen—Sudeten—Fläming, der Harz, Böhmer—Franken—Thüringer Wald—Meißner—Egge—Teutoburger Wald nebst Wiehengebirge, ferner die Südostalpen;

an Flüssen: alle norddeutschen Ströme, abgesehen von ihren S—N-Durchbrüchen, die Donau von Regensburg bis Raab, die Drau und Save;

an Haupteisenbahnen: Stettin—Posen, Hamburg—Berlin—Breslau, Hannover—Breslau—Krakau—Lemberg—Odessa, Hannover—Leipzig—Dresden, Eger—Wien, Frankfurt und Flieden—Nürnberg—Wien.

Ihm folgen ferner der südliche Teil der deutsch-polnischen und zwei Seiten der deutsch-tschechischen Grenze, ferner wichtige „Salzlinien“ in Mitteldeutschland und die Gesamtrichtung der Kohlenschätze Schlesiens.

3. Das Oberrheinische Streichen folgt der Richtung S—N. Es tritt nur an einzelnen Stellen auf. Zu nennen ist vor allem der Oberrheinische Graben, mit Schwarzwald und Wasgenwald, die Rhone—Saone-Senke, der Durchbruch des Rheins zwischen Bingen und Bonn, die Wetterau—Leine und die vielen S—N-Flußdurchbrüche in der norddeutschen Tiefebene. Im Eisenbahnnetz ist es vor allem im Raum Marseille—Basel—Frankfurt—Köln und Hannover wirksam.

In reinster (geometrischer) Auswirkung müßten diese drei Streichen, die auch an anderen Stellen der Erde zu beobachten sind und vielleicht eine tiefere Ursache haben, Landschaften in Form von Sechsecken ergeben. Das ist in Mitteleuropa aber nicht der Fall; es entstehen aber an vielen Stellen charakteristische Vierecke, Dreiecke und (etwas verschobene) Kreuze¹⁾. Das schönste Beispiel ist das böhmische Viereck mit je seinen beiden SW—NO- und NW—SO-Seiten; sein kleineres nicht so klares Abbild ist das Viereck Thüringen-Sachsen²⁾. An Dreiecken sind zu nennen: der Vorstoß der (an sich dreieckigen) russischen Tiefebene zwischen der Ostsee und den Karpathen—Sudeten, ihr folgend der dreieckige Vorstoß Polens (der geographisch dadurch begründet ist, daß die kulturelle Erschließung des höher gelegenen Ostpreußen und Schlesien leichter war als die der versumpften Niederung), ferner das große Dreieck Hannover—Fichtelgebirge—Krems—Oderberg—Dresden—Hannover, das die eben genannten Vierecke einschließt und zwei lange NW—SO- und eine kurze SW—NO-Seite hat, sodann das Alpenvorland, das wie eine schmale Sichel nördlich der Alpen liegt mit den Seiten Lausanne—Schaffhausen—Regensburg und Lausanne—Zürich—München—Linz; — ein sehr schönes nach Westen offenes Viereck (Sechseck?) ist auch das Seinebecken.

Auch die folgende Betrachtungsweise mag zum größeren Verständnis dienen:

¹⁾ Diese Landschaften muß man auch an einer geologischen Karte studieren!

²⁾ Da Vergleiche so lehrreich sind, so sei hier angedeutet: Die sächsisch-thüringische Landschaft ist ein „verkümmertes Abbild“ des böhmischen Kessels. Wie dieser ist sie ein von Gebirgszügen umschlossenes Viereck, jedoch wie dieser insofern nicht voll geschlossen, als bei Böhmen die Südostseite in den böhmisch-mährischen Höhen stark zergliedert ist, während bei Sachsen-Thüringen die Nordwestseite aus mehreren kleinen Höhenzügen besteht, aus denen sich aber der Harz wie eine „mächtige Pfeilerruine“ einer geborstenen Brücke erhebt. Das vom Thüringer Wald, dem Erzgebirge und Fläming umrahmte Viereck wird wie Böhmen von einem „Hauptfluß“ in der Richtung Süd—Nord durchströmt, dort ist es die Moldau, hier die Saale. Beide „Hauptflüsse“ sammeln die Nebenflüsse in der Mitte des Beckens, hier bei Prag, dort bei Leipzig, so daß diese Stellen die naturgemäßen Mittelpunkte des wirtschaftlichen Lebens und die Verkehrszentren der beiden Landschaften wurden. Beide Hauptflüsse nehmen nördlich von diesen Zentren noch eine starke von SO her kommende Ader auf, nämlich in beiden Fällen die Elbe, und beide brechen dann nach Norden durch und haben hierbei zwei weitere wichtige Verkehrspunkte, Dresden und Magdeburg, geschaffen.

Die Gebirge Mitteleuropas haben, auf einer nach Nord orientierten Karte betrachtet, einen dachförmigen Aufbau und zwar in Form eines dreifachen Daches (vgl. Abb. 18):

Das unterste, südliche und als Verkehrshindernis wichtigste „Dach“ ist die Hauptverkehrsscheide. Sie verläuft (nicht wie die Hauptwasserscheide!) über die Seealpen, die Walliser Alpen, die Berninagruppe, den Brenner und die Niederen Tauern, dann über Wien und weiter über die Karpathen. Der First (das „Nordkap“) liegt bei Punkt *A* an der Tatra; die Kammlinie ist bei Wien, also ziemlich nahe dem First, durchbrochen.

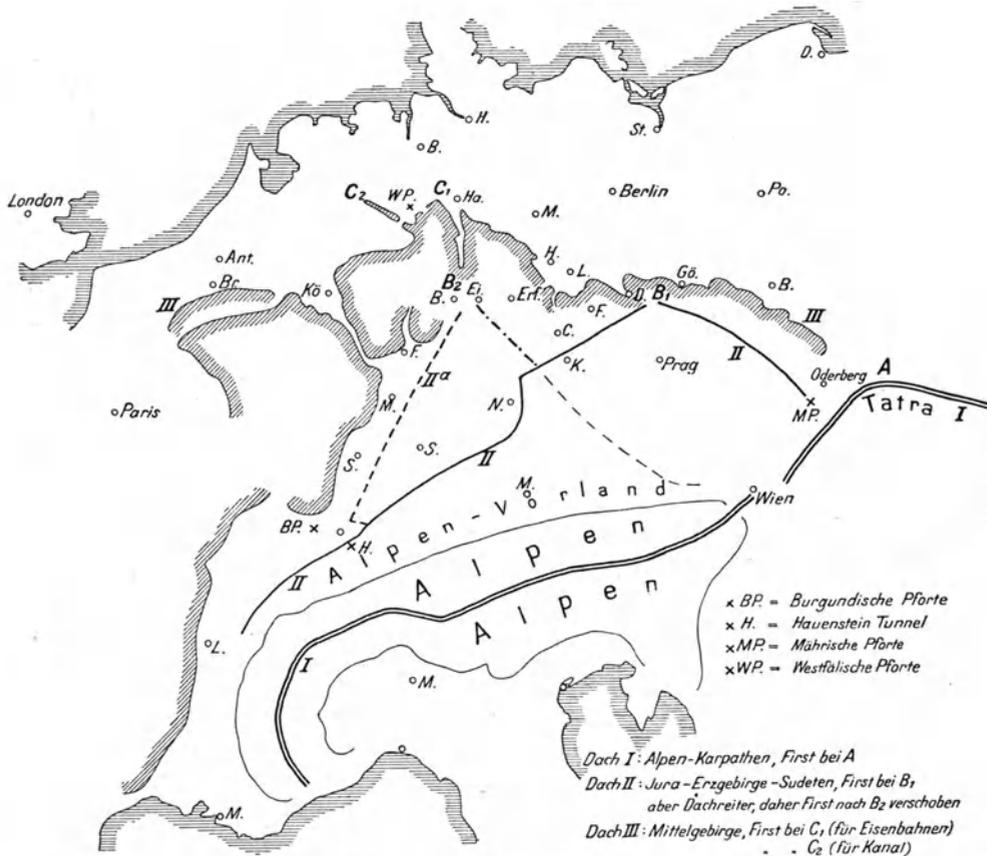


Abb. 18. Der dachförmige Bau der Gebirge Mitteleuropas.

Das „mittlere“ „Dach“ wird vom Jura (von Lyon bis zum Fichtelgebirge) dem Erzgebirge und den Sudeten gebildet. Sein First liegt bei Punkt *B*₁ bei Dresden (richtiger bei Meißen), und gerade hier ist die Kammlinie durch die Elbe durchbrochen. Das mittlere Dach trägt einen „Dachreiter“, nämlich den Thüringer Wald; hierdurch wird die Bedeutung des eigentlichen Firstpunktes *B*₁ zugunsten des bei *B*₂ liegenden Punktes (Eisenach, Bebra) herabgesetzt, während die Bedeutung des Raumes „Bebra“ noch durch den Schwarzwald und die Rhön verstärkt wird. Für den deutschen Verkehr ist vom unteren Dach besonders der östliche Teil, vom mittleren Dach der westliche Teil mit dem Dachreiter von großer und zwar günstiger Bedeutung, denn der durchlaufende Gebirgszug drängt den Verkehr zwischen Südwest- und Süposteuropa nach Norden ab und preßt ihn in die Linie

Marseille—Lyon—Straßburg—Frankfurt—Leipzig—Breslau—Odessa nach Deutschland hinein.

Über dem mittleren sitzt das oberste „Dach“ mit den Dachlinien Mons—Essen—Bielefeld—Hannover und Hannover—Meißen. Sein First das „Nordkap“ der deutschen Mittelgebirge, liegt dort, wo das niederrheinische Streichen des Gebirgstrand mit dem sudetischen zusammenstößt, also im Raum Hannover, und auch hier ist die Kammlinie, durch das Leinetal, durchbrochen. Wie weiter südlich der Verkehr um das mittlere Dach herum brandet, so weiter nördlich um das oberste Dach, und zwar in den Eisenbahnlagen von England, Holland, Belgien und Nordfrankreich nach Nordostdeutschland, Polen und Schlesien nebst deren Hinterland. Auch auf dem obersten Dach sitzt ein „Dachreiter“, sogar ein doppelter, Teutoburger Wald und Wiehengebirge; sie sind aber für den Eisenbahnverkehr nicht mehr wirksam, weil sie durch den Paß von Bielefeld und die Westfälische Pforte durchbrochen sind, dagegen haben sie den Mittellandkanal nach dem NW-Ende des Gebirgszuges verwiesen (nach Rheine).

Betrachtet man Mitteleuropa vom engeren deutschen Standpunkt, so kann man dem die Mitte einnehmenden Deutschland die Nachbar-„Landschaften“ gegenüberstellen:

Der Norden wird von den drei skandinavischen Reichen eingenommen. Sie sind mit ihrer Westküste auf den „freien“ Atlantischen Ozean hingewiesen, der wertvollere südliche Teil dieser Küste liegt aber innerhalb der strategischen Absperrlinie Englands. Im übrigen liegen die wichtigsten Teile im Machtbereich der Ostsee und bilden die Gegenküste zur deutschen Ostseeküste; der Anschluß an das europäische Eisenbahnnetz erfolgt über Deutschland, der an den Überseeverkehr zu einem nicht geringen Teil über Hamburg. Die Ostsee stellt man sich in diesem Sinn am besten als einen Fluß vor, der einer hochentwickelten „Binnen“-Schifffahrt dient; von den Eisenbahnen überquert und begleitet wird und mit einem Delta bei Helsingborg und Hamburg mündet.

Der Osten wird von der Westspitze der russischen Tiefebene eingenommen, die sich mit der polnischen Bucht nach Deutschland vorschiebt und ohne deutliche geographische Grenze in die norddeutsche Tiefebene übergeht; es sind hier aber sogar zwei starke Grenzen vorhanden, eine kulturelle zwischen Deutschland und Polen und eine eisenbahntechnische durch den Wechsel der Spurweite zwischen Polen und Rußland—Ukraine.

Der Südosten umfaßt die Habsburgischen Nachfolgestaaten: den wirtschaftlich sehr wertvollen gemischt deutsch-tschechischen böhmischen Kessel, der durch die Elbe nach Norden geöffnet wird, das fruchtbare ungarische Senkungsgebiet, das durch die March an Schlesien und über Deutsch-Österreich durch die Donau an Bayern angeschlossen ist, und das kaum lebensfähige „Deutsch-Österreich“.

Der Süden erhält sein Gepräge durch die noch zu erörternden Alpen und die Verbindungen nach Italien und zum Mittelmeer.

Im Westen führt von Frankreich zunächst von Südwesten die mehrfach genannte Rhone—Doubs-Senke zum oberrheinischen Graben. Im übrigen haben sich die Verkehrs- und Wirtschaftskräfte vornehmlich im Seinebecken gesammelt, das in seiner geologisch und hydrographisch selten schönen Ausprägung die natürliche Zentrallandschaft Frankreichs ist, so daß von hier aus die wichtigsten Eisenbahnlagen nach Deutschland ausstrahlen¹⁾. Holland

¹⁾ Man studiere dies in einer geologischen Karte und überzeuge sich davon, daß auch England südlich von London zum Seinebecken gehört; die Hügel von Artois finden in den „North Downs“ ihre Fortsetzung; der Kanal ist ein Einbruch des Meeres der

und Belgien sind die Mündungsgebiete von Schelde, Maas und Rhein, und ihre großen Häfen (Antwerpen und Rotterdam) beherrschen diese Stromsysteme und damit weite Teile Deutschlands. Vorgelagert ist England, das Deutschland vom Meere absperren kann und einen erheblichen Teil des Überseeverkehrs auf seine Häfen (London, Liverpool) lenkt, das aber die wichtigste Gegenküste für Deutschland bildet und früher in Deutschland den besten Abnehmer für seine Erzeugnisse fand. London ist auch für Deutschland einer der wichtigsten Eisenbahnknotenpunkte, was in der Bedeutung von Hoek, Vlissingen und Ostende seinen Ausdruck findet.

Obwohl der Personenverkehr keinen richtigen Maßstab für die Bewertung von Eisenbahnnetzen bildet — am wenigsten der bei Laien so beliebte Verkehr der Luxuszüge —, seien hier doch ausnahmsweise die wichtigsten Schnellzuglinien vom Ausland nach Deutschland angegeben:

1. Von Norden:

Kristiania	}	—	{	Fehmarn—Hamburg, noch nicht gebaut!			
Stockholm				Warnemünde			
Kopenhagen				Saßnitz			
				}	—	{	Magdeburg, verkümmert!
							Berlin.

2. Von Osten:

Petersburg	}	in den Hauptlinien in Berlin zusammengezogen, wozu noch die
Moskau		
Kiew		
Odessa		
		Linie Breslau—Leipzig hinzutritt.

3. Von Südosten:

Budapest—Oderberg—Breslau,
Wien—Prag—Dresden,
Wien—München und Nürnberg.

4. Von Süden (vom Mittelmeer:

Triest (und Fiume)—München,				
Verona—Brenner—München (Augsburg),				
Genua—	{	—	{	
{ Splügen ¹⁾				Augsburg
{ Gotthard				Stuttgart
Marseille—Lyon—Basel.			}	Basel.

5. Von Westen:

von Paris nach Straßburg und nach Köln,
von London, Antwerpen und Rotterdam mit verschiedenen Linien
in das Eisenbahnnetz des „Industriebezirks“.

Mit diesen „Nachbar-Landschaften“ ist Deutschland fast überall gut verbunden, weil es über offene Grenzen verfügt: Dies ist für Holland, England, die nordischen Reiche und Rußland nebst den Randstaaten ohne weiteres einleuchtend, denn hier verbinden Meer und Tiefebene die Nachbarn mit uns. Gegen die andern Nachbarn sind wir allerdings durch Gebirge getrennt. Von ihnen sind der Wasgenwald, der Bayrische Wald und die Sudeten die verkehrsgeographisch stärksten Hindernisse, sie sind aber kurz,

jüngsten Zeit, die Themse war ein Nebenfluß des Rheins, was sich heute im „Rhein—Seeverkehr“ Köln—London widerspiegelt und London zu einem wichtigen „Rheinhafen“ macht.

¹⁾ Noch nicht gebaut!

so daß der Verkehr ohne allzu große Umwege um sie herumfluten kann; andererseits wird das Trennende durch die politischen Gegensätze zum Teil verstärkt. Diese sind es auch gewesen, die den Verkehr nach Belgien und Rußland lähmten; Belgien hat den Bau einer Entlastungsbahn (Aachen—Tongern) für die überlastete und unter starken Steigungen (1 : 38) leidende Linie Aachen—Herbesthal—Lüttich verzögert; Rußland hat sich mit seiner Breitspur bewußt gegen Mitteleuropa abgeschlossen, zu wenig Linien an Deutschland herangebaut und einen breiten Grenzgürtel möglichst wegelos liegen lassen, auch die Verkehrsmöglichkeiten seiner großen westlichen Ströme absichtlich nicht ausgenutzt; in vielen Beziehungen hat der Krieg hier gebessert. Die Alpen sind keine so starke Grenze, als ihre Höhe vermuten läßt, insbesondere ist nach dem wirtschaftlich wichtigsten Mittelstück, der Schweiz, der Aufstieg ein äußerst sanfter, die „Grenze“ liegt hier eigentlich erst in dem südlichen Steilab-turz der Alpen, aber auch dessen Kraft ist durch die Tüchtigkeit der Bevölkerung in der Schweiz und Lombardei und die Fortschritte der Technik überwunden.

b) Deutschland.

Deutschland gliedert sich verkehrsgeographisch in folgende „Landschaften“, die als W—O-Streifen von Nord nach Süd aufeinander folgen:

1. Das Nordsee—Ostsee-Gebiet,
 2. die norddeutsche Tiefebene mit der $\left\{ \begin{array}{l} \text{Meeresküste im Norden,} \\ \text{Tieflandküste im Süden,} \end{array} \right.$
 3. das mitteldeutsche Gebirgsland, das sich aus verschiedenen Teilen zusammensetzt und eigentlich auch den böhmischen Kessel mit umfaßt.
 4. Das Alpenvorland.
- Im Süden folgen noch:
5. die Alpen(—Karpathen),
 6. die Tiefebene (Senkungsfelder) südlich der Alpen—Karpathen.

Das Nord—Ostsee-Gebiet war früher Festland und bildete mit England und Skandinavien eine Einheit; eine Trennung scheint nur in der norwegischen Rinne bestanden zu haben; eine W—O-Furche zieht sich über Glasgow—Edinburg—Gothenburg—die Schwedische Seenkette (mit Kanal, höchster Punkt + 90)—Stockholm—den Finnischen Meerbusen—St. Petersburg—die russischen Seen bis zum Weißen Meer, sie hat aber nur für die nordischen Reiche Bedeutung. Der alte Festland-Rand ist am Schelf und der Tiefseelinie — 2000 m gut zu erkennen, er entspricht im wesentlichen der Absperrlinie Englands gegen den Norden Mitteleuropas, — was der englische Kriegshafen Scapa Flow für den Norden ist, ist Gibraltar für den Süden. Durch das Festland strömten Rhein (in Fortsetzung der Jjssel), Weser und Elbe an der heutigen Doggerbank vorbei nach Norden, die alten Flußbetten sind in den Rinnen (Silberrinne) noch zu erkennen. Dann sank das Land, das Meer drang von Norden ein und brach auch von Westen durch die heutige Straße von Calais durch, es verschlang auch noch in geschichtlicher Zeit viel Land; die-er geologische Vorgang scheint noch anzudauern, wie Felsstürze an der Südküste Englands und der schwere Kampf der Holländer und Friesen gegen die Sturmfluten beweisen. Das Einsinken scheint im Westen (Holland) stärker zu sein als im Osten (Schleswig-Holstein); Deutschland ist also nicht so bedroht, und die neuzeitliche Technik scheint der Gewalten Herr geworden zu sein (vgl. den Dünenschutz und den Eisenbahndamm nach Sylt); das stärkere Absinken im Westen hat die Rheinmündung in einer für Deutschland nicht günstigen Weise von der Jjssel nach Lek und Waal verlagert.

Zwischen Nord- und Ostsee ist der Landrücken, der die früher erwähnte nördliche Hauptwasserscheide bildete, als Cimbrische Halbinsel stehen geblieben.

Das Ostseegebiet ist nicht so tief eingesunken, sondern in einer für den Verkehr sehr günstigen Weise nur so tief, daß zwar allenthalben die für große Seeschiffe notwendigen Tiefen, besonders auch in den Sunden und Belten, vorhanden sind, daß aber auch genügend Halbinseln und Inseln stehen geblieben sind, um die Einrichtung von Eisenbahnfähren zu gestatten.

Obwohl die Ostsee mit einer rd. dreimal längeren Küste als die Nordsee an Deutschland grenzt (1800 gegen 600 km), ist die Nordsee doch wesentlich wichtiger, denn auch hier tut es nicht die Größe, sondern die verkehrsgeographische Lage. Die Ostsee ist eben nur ein Binnenmeer — oder, wie wir oben gesagt haben, ein großer Strom, der größte Strom Europas —, dessen Hauptbedeutung darin besteht, daß er in die Nordsee, das „Zentralbecken des Weltverkehrs“ mündet. Dies Zurücktreten der Ostsee ist für Deutschland bedauerlich, und die deutsche Wirtschafts- und Verkehrspolitik muß planmäßig darauf eingestellt werden, die Ostsee zu befruchten. Mittel hierzu sind: die „Industrialisierung Ostdeutschlands“, die besondere Pflege des Ostseebäderverkehrs, die Unterstützung der ehemals westrussischen Gebiete im Ausbau ihrer Verkehrswege, der möglichst innige Anschluß der übrigen Ostseeländer an Deutschland und die bessere Eisenbahnverbindung der Ostsee mit Thüringen, Sachsen, Böhmen usw.

Die Betrachtungsweise, daß man die Ostsee als die eine Einheit der Nordsee als der andern Einheit gegenüberstellt, kann aber nicht befriedigen. Vielmehr scheint, entsprechend der überragenden Bedeutung, die den Häfen gegenüber den Küsten zukommt, und entsprechend der Wichtigkeit der belgisch-holländischen Küste, deren Hinterland vorwiegend deutsch ist, folgende Einteilung zweckmäßiger zu sein, die auch der Gestaltung des Binnenwasserstraßen- und des Eisenbahnnetzes besser entspricht:

1. die belgisch-niederländischen Häfen,
2. die Häfen von Emden bis Lübeck,
3. die weiter östlich gelegenen deutschen Osteehäfen.

Der ersten Gruppe entspricht der Rhein; ihre Häfen kann man als „Rheinhäfen“ bezeichnen, was für die Haupthäfen Antwerpen, Rotterdam und Amsterdam verkehrspolitisch in vielen Beziehungen, für die vorgeschobenen Häfen Hoek und Vlissingen auch noch, für Ostende und Calais aber nur noch bedingt zutrifft. Sie beherrschen Westdeutschland bis etwa Dortmund und fast ganz Süddeutschland und die Schweiz; ihre Macht wird sich nach den Donauländern voraussichtlich noch erweitern.

Die zweite Gruppe stützt sich auf Ems, Weser, Elbe nebst oberer Oder und die entsprechenden Kanäle; sie beherrscht Mitteldeutschland bis etwa Frankfurt a. O., Böhmen und teilweise Schlesien. Ihre Haupthäfen Hamburg und Bremen strahlen aber ihre Wirkung in Küstenfahrt, Binnenschifffahrt und Eisenbahnen bis nach Ungarn, Polen, Rußland und den nordischen Ländern aus. Die Ostseehäfen bis Lübeck sind ihr zuzurechnen, denn sie sind durch zwei Kanäle mit der Nordsee verbunden und werden von Hamburg als dem Hauptknotenpunkt auch eisenbahntechnisch beherrscht; besondere Erwähnung verdient Lübeck, im tiefsten SW-Winkel der Ostsee gelegen, einst das stolze Haupt der Hansa; Lübeck liegt auch auf der großen Straße Westeuropa—Skandinavien (Paris—Stockholm).

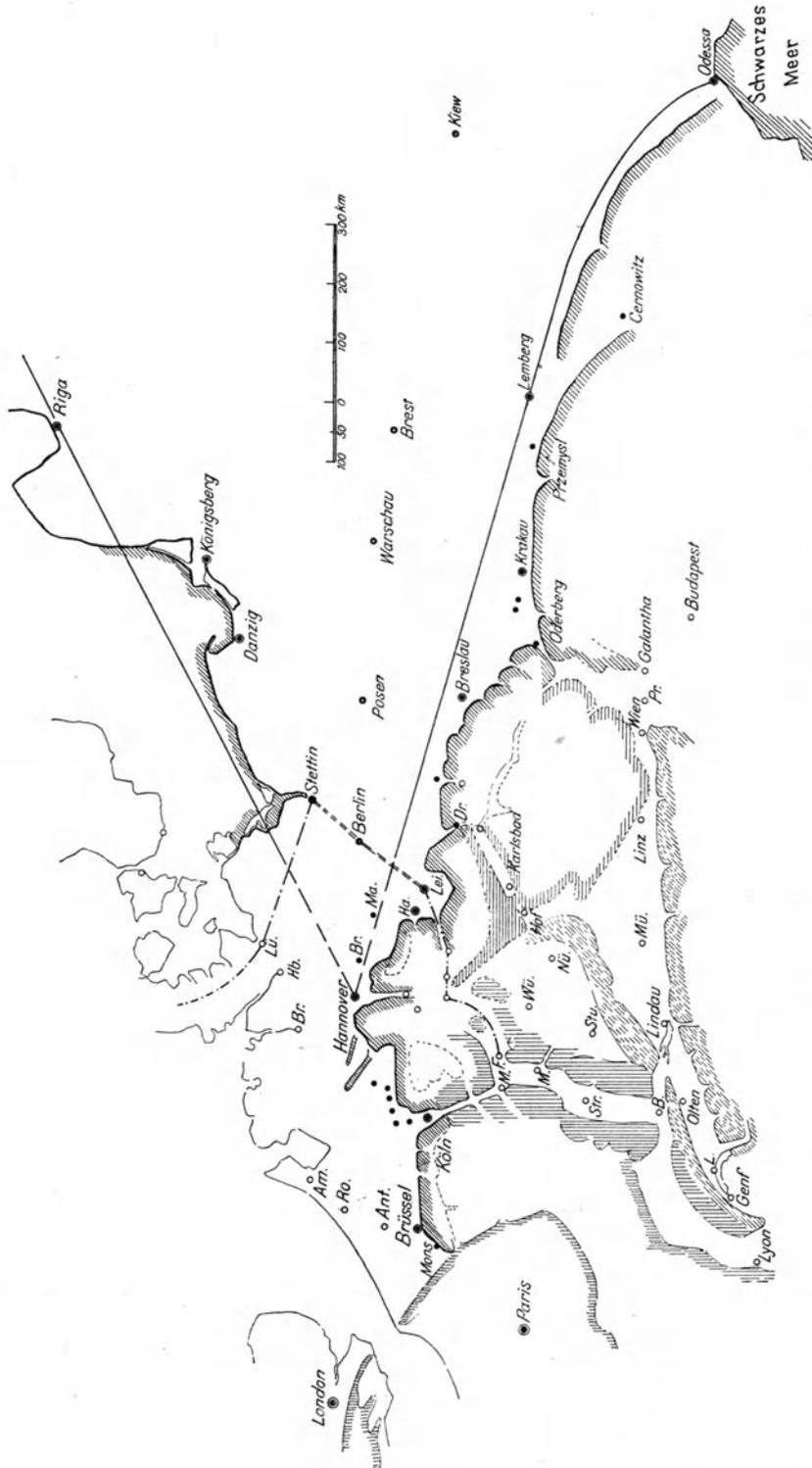


Abb. 19. Die Dreiecksitze der osteuropäischen Tiefebene und der Doppeltrichter.

Die dritte Gruppe bedient Ostdeutschland, Polen und einen Teil der Randstaaten, insbesondere das Gebiet der unteren Oder, der Weichsel und Memel¹⁾.

Die norddeutsche Tiefebene ist einheitlich vom Diluvium bedeckt; die älteren Schichten treten an einigen Stellen zutage, die hierdurch wirtschaftlich, verkehrsgeographisch und damit auch geschichtlich von Bedeutung sind (Lüneburg, Magdeburg), an andern Stellen liegen sie mit wertvollen Bodenschätzen (Salzen, Öl) in mäßiger Tiefe. Die wichtigsten geographischen Erscheinungen (Bodenwellen, Urstromtäler und Flüsse) folgen dem sudetischen Streichen (OSO—WNW); welche Bildungen der beiden andern Streichen für den Verkehr von Bedeutung sind, ist früher angedeutet worden. Die für den Verkehr maßgebenden Zwangspunkte sind die guten Brückenstellen, die Moorpässe, die Sättel in den flachen Höhenzügen, u. U. auch heute noch die trockenen Erhebungen (Geest).

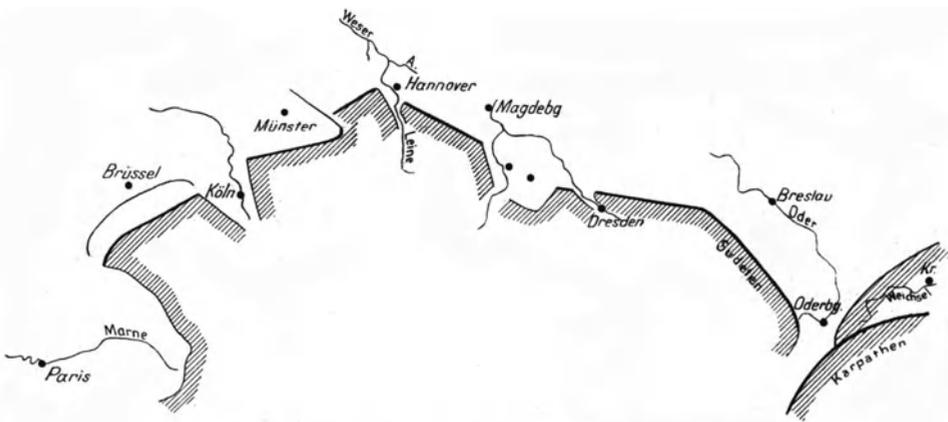


Abb. 20. Die deutsche Tieflandküste und ihre Buchten.

Die allgemeine Gestalt der Tiefebene entspricht nach Abb. 19 von Osten her bis Hannover einem Dreieck, das die unmittelbare Fortsetzung des großen russischen Dreiecks ist. Die Spitze des Dreiecks ist aber „abgebrochen“, da sich von Stettin ab die Ebene nach ONO (Schleswig) öffnet und sich von Leipzig her eine Senke über Bebra zum Mittelrhein erstreckt. Hierdurch entsteht die „Taille Preußens“, der „Doppeltrichter“ oder die „Sanduhr“ mit der schmalsten Stelle in der Linie Stettin—Leipzig, stark betont noch durch den großen Moränenzug und das Tal Bromberg—Küstrin—Havelberg—Hamburg.

Einige Andeutungen sind noch über die südliche Tieflandküste erforderlich. Sie folgt nach Abb. 20 von dem nach Süd sich jäh verbreiternden Seinebecken von Mons ab bis Hannover dem niederrheinischen, von Hannover bis Krakau (—Odessa) dem sudetischen Streichen; diese beiden fast geraden Linien bilden also den Raum Hannover zum „Nordkap“ der deutschen Mittelgebirge aus, machen damit Hannover neben Stettin zu dem wichtigsten „Spitzenpunkt“ Norddeutschlands, setzen aber die Breite der Tiefebene bei

¹⁾ Zur Abwägung der Verkehrsbedeutung der Häfen sei angegeben: Von der deutschen Handelsflotte waren vor dem Krieg beheimatet in: Hamburg 60%, Bremen 30%, in der Ostsee 8%; von den deutschen Großbreedereien hatte keine ihren Sitz an der Ostsee, von den 36 mittleren nur 8; die Tonnenzahl der Hamburg—Amerika-Linie war sechsmal so groß wie der Gesamtbestand der deutschen Ostseeflotte; all das wäre aber keine Entschuldigung für eine stiefmütterliche Behandlung der Ostsee.

Bremen auf knapp 90 km herab, worunter dieses stark leidet. Die Tieflandküste zeigt vier große und zwei kleine Tieflandbuchten. Die beiden kleinen, Hannover und Dresden, haben als Ausmündungen der Leine und Elbe Bedeutung. Von den großen kann man die Münstersche Bucht als die geographisch und besonders auch geologisch klarst ausgeprägte bezeichnen; aber sie spielt für den Verkehr die kleinste Rolle. Ihr Fluß, die Ems, ist nur ein Küsten-„Fluß“; ihr Sammelpunkt, Münster, ist ein verhältnismäßig kleiner Knotenpunkt; ihr wichtigster (innerster) Teil liegt im Machtbereich des Industriebezirks, und der Paß Bielefeld—Minden macht ihre nordöstlichen Randgebirge zu abgelösten (inselhaften) Höhenzügen. Die Kölner Bucht ist durch die Ausmündung des Rheins ausgezeichnet, dessen großes „Delta“, bis Ostende und Hamburg ausstrahlend, eisenbahntechnisch hier beginnt; sie bildet mit der Frankfurter Bucht gewissermaßen ein „Buchtenpaar“, indem letztere den Verkehr von SO (Wien) bis SW (Marseille) sammelt, um ihn, im Durchbruchthal des Rheins scharf zusammengefaßt, zur Schwesterbucht zu leiten. Die Leipziger Bucht sammelt die Wasser aus dem großen Halbrund von W (Eichenberg) über S (Hof) nach O (Böhmen) und zieht in ihrem Städteteppich Halle—Leipzig die Eisenbahnen konzentrisch auf sich; sie bildet das Herz der sächsisch-thüringischen Landschaft und durch ihre Gesamtlage auch das Herz von Deutschland. Die schlesische Bucht ist nach NO durch das Gebirge nur unklar, um so stärker aber durch die völkischen, wirtschaftlichen und kulturellen Unterschiede abgegrenzt. Sie sammelt in Breslau nicht nur den bedeutenden „Lokal“verkehr Schlesiens, sondern ist auch das Durchgangsgebiet nach der March—Ungarn und über Krakau nach Südpolen usw.

Das mitteldeutsche Gebirgsland umfaßt das Gebiet zwischen der Tieflandküste und dem Nordrand des Alpenvorlands, es reicht also nach Süden bis zur Donau. Es besteht aus einer Reihe von Einzellandschaften, von denen die wichtigsten sind: das Rheinische Schiefergebirge mit dem Linienkreuz Köln—Bingen und Trier—Gießen, das Wesergebiet, das infolge der schon besprochenen geologischen Verhältnisse dem Verkehr teilweise nicht günstig ist, das sächsisch-thüringische Viereck, den oberrheinischen Graben mit seinen Randgebirgen, Schwaben, Franken und einen Teil Bayerns.

Außer dem verkehrsgewaltigen Rheingraben sind hier als Verkehrssammler zu nennen: die Frankfurter und die Nürnberger Bucht, sowie die Räume Erfurt, Bebra—Flieden, Würzburg und Stuttgart.

Das Alpenvorland legt sich, dem niederrheinischen Streichen folgend, als eine langgestreckte Sichel nordwestlich vor die Alpen und wird im Norden durch den Jura begrenzt. Es ist eine von Genf bis Linz reichende „Sammelmulde“, deren Einheit durch den Durchbruch des Rheins durch den Jura und die Wasserscheide zwischen Rhein und Donau gestört wird. Das Einheitliche ist in den politischen Karten überhaupt nicht, in den physikalischen unklar, in den geologischen trefflich zu erkennen. Es wird in seiner Längsrichtung von der Aare, die zwei „Nebenflüsse“, obere Rhone und oberen Rhein, aufnimmt, und von der Donau durchströmt; ihnen folgt die durchgehende Eisenbahnlinie Genf—München(—Wien) mit den Hauptknotenpunkten Lausanne, Olten, Zürich und München, die den Verkehr zwischen dem Nordwesten und den Alpenpässen (Simplon, Gotthard, Brenner) vermitteln.

Zu einer andern Einteilung Deutschlands kommt man, wenn man von den wirtschaftlichen Kräften ausgeht und hiernach Wirtschaftsprovinzen bestimmt¹⁾.

Eine derartige Gliederung wird aus wirtschaftspolitischen Gründen er-

¹⁾ Vgl. Reg.-Baurat Dr. rer. pol. Baumann in „Technik und Wirtschaft“, August 1922 und „Verkehrstechnische Woche“, 1923.

strebt und wird sich voraussichtlich in einiger Zeit durchsetzen, sie ist aber noch nicht amtlich festgelegt und teilweise noch heiß umkämpft, da vernünftig abgegrenzte Wirtschaftsgebiete sich selbstverständlich mit den politischen Gebilden nicht decken können.

Die Wirtschaftsprovinz soll ein einheitliches wirtschaftliches Gepräge zeigen; eine der wichtigsten Grundlagen hierfür sind die Energiequellen. Geht man von ihnen aus, berücksichtigt man aber gleichzeitig die großen Verkehrskräfte, die Stammesgrenzen und die trennenden Gebirgszüge, so kann man sich zu der in Abb. 21 skizzierten Lösung bekennen. Nach ihr würde sich Deutschland in 11 Wirtschaftsprovinzen gliedern:



Abb. 21. Die Wirtschaftsgebiete Deutschlands.

1. Ostpreußen,
2. Ostsee (Landwirtschaft, Ostseeküste, Versorgung mit Energie aus den mitteldeutschen Braunkohlengebieten und mittels englischer Steinkohle),
3. Brandenburg-Berlin, mit Einschluß des östlichen Teiles von Sachsen und des nordwestlichen Teiles von Niederschlesien (Energiequelle: die Braunkohlenlager rechts der Elbe),
4. Schlesien (Steinkohle aus Oberschlesien und Waldenburg),
5. Mitteldeutschland, die linkselbische Braunkohlenprovinz, im wesentlichen das sächsisch-thüringische Viereck,
6. Die Hansaprovinz mit den Haupthäfen des europäischen Festlands und dem „meerumschlungenen“ Land,
7. Niedersachsen,
8. Rheinland-Westfalen, das „Industriegebiet“ nebst den Bezirken Köln und Aachen,
9. der Rhein—Main-Gau,
10. Baden—Württemberg mit der Rheinpfalz,
11. Bayern.

Mag man über Einzelheiten der Abgrenzungen streiten, so sind vorstehende Andeutungen für den Eisenbahner doch von Bedeutung, weil sie die Gebiete zusammenfassen, innerhalb deren je der Hauptteil des „lokalen“ Güterverkehrs verbleibt. Die Einteilung ist im Zusammenhang mit der Verteilung des Güterverkehrs und den Leistungen der Verschiebebahnhöfe zu betrachten.

Deutsches Verkehrsnetz. Nach vorstehenden Andeutungen kann es nun unternommen werden, ein deutsches Verkehrsnetz zu entwerfen. Über die Wasserstraßen ist dabei nur anzudeuten, daß drei Netze vorhanden sind, teilweise aber noch des Ausbaus harren: 1. das Rheingebiet, 2. das Stromnetz der Ems, Weser, Elbe, Oder, Weichsel nebst deren verbindenden West—Ost-Linie, die aber zwischen Hannover und Magdeburg erst im Bau ist, 3. das Donaugebiet, das eben erst neuem Leben entgegengeführt werden soll.

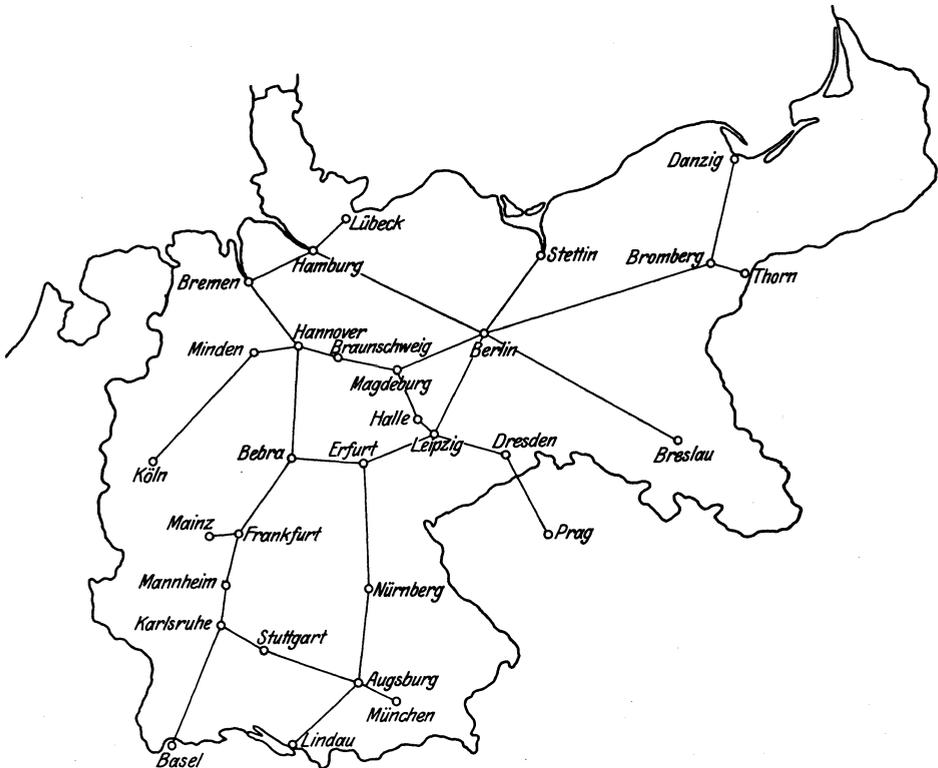


Abb. 22. Das deutsche Eisenbahnnetz von List.

Für die Eisenbahnen hat erstmalig List das in Abb. 22 dargestellte Netz aufgestellt, dessen Ausführung leider am Partikularismus gescheitert ist.

Für die Konstruktion eines „idealen“ deutschen Verkehrsnetzes kann man kaum von der Fläche Deutschlands ausgehen, denn sie ist zu unregelmäßig. Immerhin ist es lehrreich, daß der Schwerpunkt der Fläche, und zwar nach den früheren wie nach den gegenwärtigen Grenzen in der Leipziger Bucht liegt. Dieser Flächenschwerpunkt darf aber nicht als der natürliche „Mittelpunkt“ eines deutschen Verkehrsnetzes angesehen werden, denn die wirtschaftlichen Kräfte des Westens sind stärker als die des Ostens; außerdem ist der ganze Raum nördlich des Walles Thüringer—Frankenwald—Fichtelgebirge als Mittelpunkt ungeeignet, weil dieser dann durch eben diese Gebirgsschranke von Süddeutschland getrennt sein würde. Der Mittelpunkt

muß also westlich von Leipzig, und zwar außerhalb des Thüringer Waldes gesucht werden; das weist mit großer Schärfe auf den Raum Eisenach hin.

Man könnte statt des Schwerpunktes auch den Mittelpunkt des größten Kreises suchen, der sich in die deutsche Fläche einbeschreiben läßt.

Er liegt gemäß Abb. 23 bei Wabern, also noch westlich von Eisenach; der Halbmesser ist nur 225 km groß; der Kreis umschließt aber rd. 44⁰/₀ der Bevölkerung Deutschlands. Beschreibt man um denselben Mittelpunkt einen Kreis mit 350 km Halbmesser, so umschließt er 70⁰/₀ der deutschen Bevölkerung. — In Abb. 23 sind die entsprechenden Kreise um Berlin als Mittelpunkt beschrieben; der Kreis mit 225 km Halbmesser umfaßt 30⁰/₀ der deutschen Bevölkerung, der mit 30 km 47⁰/₀.

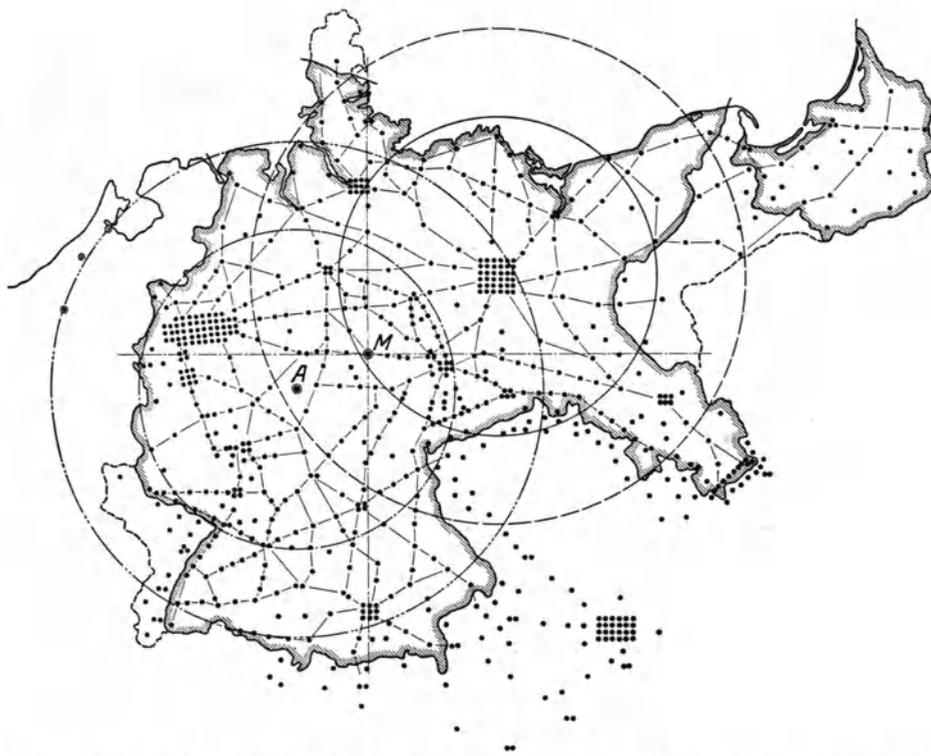


Abb. 23. Verteilung der Bevölkerung Deutschlands. Ein Punkt = 100 000 Einwohner.

Man kommt aber zu einem wesentlich besseren Maßstab, wenn man nicht von der Fläche und einer (wenn auch lehrreichen) geometrischen Figur ausgeht, sondern die wirtschaftlichen Kräfte und deren Mittelpunkt berechnet. Zur Ermittlung der Kräfte könnte man z. B. von der Gütererzeugung oder dem Steueraufkommen, vielleicht auch von den benutzten Pferdestärken ausgehen, für unsere Betrachtung ist aber die Verteilung der Bevölkerung ein sehr brauchbarer und jedenfalls voll ausreichender Maßstab. Sie ist in Abb. 23 dargestellt; der Mittelpunkt liegt etwas nördlich von Eisenach. In der Verteilung der Bevölkerung zeigt sich, wie unregelmäßig Natur und Geschichte die wirtschaftlichen Werte und Möglichkeiten über unser Vaterland verteilt haben: In der Geschichte ist früher der Westen der Träger deutscher Größe gewesen; der Westen, Mitteldeutschland und die Küste unter dem Zeichen der Hansa sind altes Kulturland, der Osten Kolonialland; erst nach dem Zu-

sammenbruch im Dreißigjährigen Krieg hat der Osten, die Mark Brandenburg, die weltgeschichtliche Aufgabe übernommen, das Vaterland wieder zu einen. Der Westen ist daher schon aus diesem Grund dichter besiedelt und verfügt über höhere alt-ererbte Werte als der Osten. Er ist aber außerdem durch Verkehrswege, Fruchtbarkeit und Bodenschätze ausgezeichnet. Es ist daher nicht verwunderlich (aber reichlich unbekannt), daß der Mittelpunkt der Bevölkerung so weit gegen Westen liegt.

Der Verteilung der Bevölkerung muß naturgemäß auch die Verteilung des Verkehrs ungefähr entsprechen. Sie ist in Abb. 24 dargestellt. Hier-nach entfielen vom Eisenbahn-Güterverkehr auf die einzelnen Wirtschafts-provinzen in Millionen Tonnen im Jahre 1913:

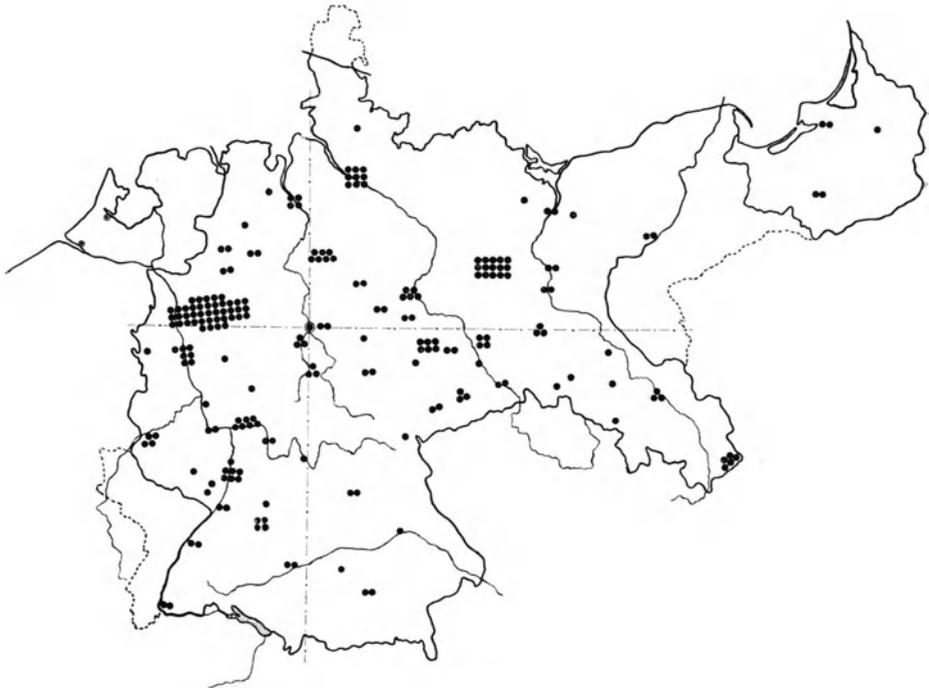


Abb. 24. Eisenbahngüterverkehr Deutschlands, getrennt nach Wirtschaftsgebieten.
Ein Punkt = $\frac{1}{2}\%$ des Gesamtgüterverkehrs.

Ostpreußen	28,74	Niedersachsen	51,28
Ostsee	15,92	Rheinland-Westfalen .	285,82
Brandenburg	41,35	Rhein-Main-Gau	29,69
Schlesien	77,80	Baden-Württemb.-Pfalz	40,57
Mitteldeutschland . . .	93,18	Bayern	27,89
Hansa	20,67		

Der „Mittelpunkt“ des deutschen Güterverkehrs liegt also im Raum Kassel, also sehr nahe dem „Mittelpunkt“ der Bevölkerung.

Geht man für die Konstruktion des Mittelpunktes des deutschen Eisenbahnnetzes nicht unmittelbar vom Verkehr, sondern von dem Betrieb aus, so ergibt sich Göttingen als Mittelpunkt der Leistungen der Verschiebebahnhöfe; — daß der Betriebs-Mittelpunkt nördlicher liegt als der Verkehrs-Mittelpunkt, ist einleuchtend, denn der Güterverkehr wird naturgemäß möglichst durch die norddeutsche Tiefebene gefahren.

Allerdings kann man Bedenken haben, ob es überhaupt richtig sei, ein Verkehrsnetz aus einem Mittelpunkt zu konstruieren. Der Zweifel ist bezüglich des Güterverkehrs sicher berechtigt, denn diesem werden die Gesetze durch die bestimmten großen Güter-Aufkommen vorgeschrieben; in Deutschland sind es die vier großen Kohlengebiete, die den Güterverkehr beherrschen, und Abb. 25—27 zeigt, wie die übrigen Landesteile in der Versorgung abhängig sind, wie also der Güterverkehr vornehmlich aus diesen Gebieten ausstrahlt. Aus den Abbildungen ist auch zu entnehmen, wie kurz die Wege durchschnittlich im Güterverkehr sind; bleibt doch der Hauptteil des Verkehrs innerhalb der Ursprungs-Wirtschaftsprovinz.

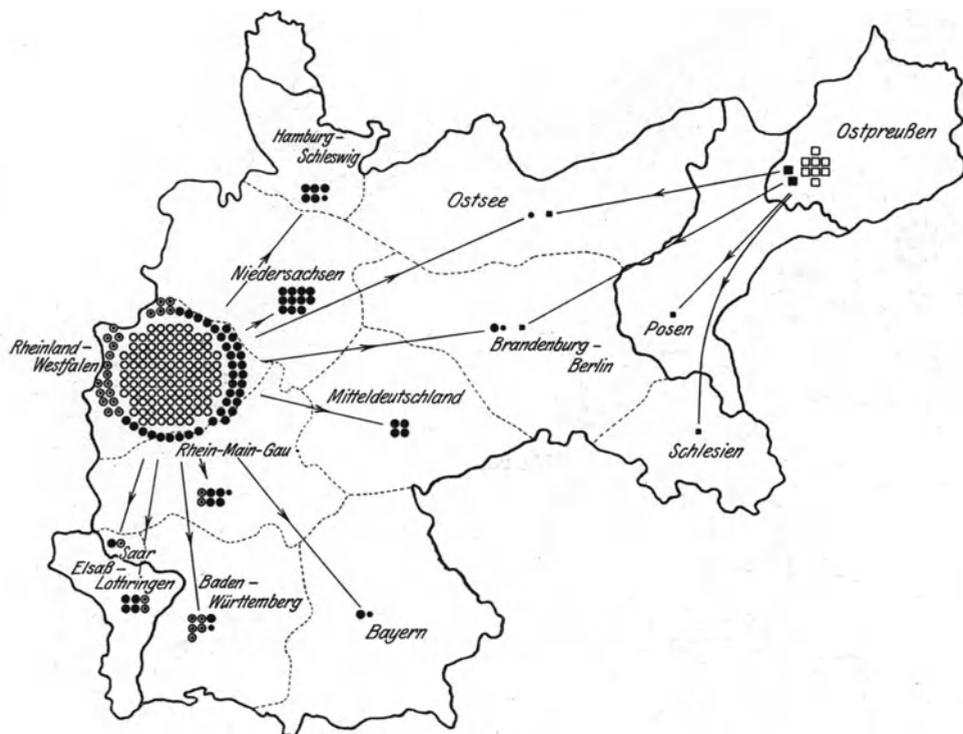


Abb. 25.

Für den Personenverkehr ist aber die Ermittlung des Mittelpunktes doch von Bedeutung, allerdings nicht für den Nachbarschafts- und Provinz-Verkehr, wohl aber für den auf große Entfernungen durchgehenden, also den Schnellzug-Verkehr hierzu muß festgestellt werden: Wie immer man den „Mittelpunkt Deutschlands“ konstruieren mag, er liegt bestimmt in dem kleinen Raum Eisenach—Kassel, also glücklicherweise außerhalb der Barrikade Thüringer—Frankenwald, also günstig zu Süddeutschland (Franken, Bayern); und dieser Raum wird von der großen Verkehrsfurche Marseille—Lyon—Basel—Frankfurt—Hannover—Hamburg geschnitten. Geht man also von dem hier maßgebenden Gesichtspunkt der Schnellzuglinien aus, so kann man getrost den Knotenpunkt Bebra als den naturgemäßen Mittelpunkt bezeichnen.

Einen weiteren Anhalt für die Konstruktion des Idealnetzes bieten die natürlichen Eisenbahn-Knotenpunkte.

Die wichtigsten Knotenpunkte außerhalb Deutschlands sind London (Hoek, Vlissingen, Ostende), Rotterdam, Antwerpen—Brüssel, Paris, Basel,



Abb. 26.



Abb. 27.

Wien, Warschau, Kopenhagen; an zweiter Stelle mögen genannt sein: Zürich (Gotthard), Innsbruck (Brenner), Prag, Wilna, Malmö.

Die wichtigsten am Rande Deutschlands liegenden Ausgangspunkte sind: an der Küste Bremen, Hamburg und Stettin, ferner Lübeck, Danzig und Königsberg, im übrigen die Grenzübergänge, von denen die im Raum Cleve, ferner Herbsthal, Basel, Lindau, Salzburg, Bodenbach und Oderberg besonders zu nennen sind.

Die wichtigsten im Innern Deutschlands liegenden Strahlenpunkte liegen:

1. in den vier Hauptbuchten Köln, Frankfurt, Leipzig, Breslau,
2. an bedeutungsvollen Flußstellen (Mannheim, Magdeburg, Dresden, Frankfurt a. O.),
3. an den durch ihre Lage zum Gebirge ausgezeichneten Punkten (Hannover am Nordkap, München oder Augsburg als Sammelpunkt des Alpenverkehrs).

Dazu kommen die Sammelpunkte für eine größere Landschaft, Stuttgart (eigentlich Cannstatt), Nürnberg, Erfurt und die Gewerbebezirke mit ihren Großstädten.

In der Lage der im Innern gelegenen Hauptpunkte steckt ein System; denn sie liegen fast sämtlich auf vier deutlichen Linien (Bändern):

1. an der Küste entlang (die Seehäfen),
2. am westlichen Teil der Tieflandküste (Aachen — Hannover),
3. an deren östlichem Teil (Hannover — Kattowitz),
4. am Rhein (Duisburg — Basel).

Diesen Bändern folgen daher auch wichtige Eisenbahnlinien oder vielmehr mehrfache Linien:

die Küsten-Parallelbahn (Antwerpen —) Bremen — Hamburg — Lübeck — Stettin — Danzig — Königsberg;

die teilweise vierfache und durchweg mindestens viergleisige Linie Aachen (— Köln) — Hannover;

die zwei- bis dreifache Linie Hannover (— Magdeburg, Leipzig) Breslau — Oberschlesien;

die mindestens zweifachen Rheinlinien.

Auf diesen vier Ländern wohnt mehr als reichlich die Hälfte der deutschen Bevölkerung, auf ihnen liegen sämtliche wichtigen deutschen Großstädte mit nur vier Ausnahmen: Stuttgart, München, Nürnberg und Berlin.

Mit vorstehenden Andeutungen ist schon ziemlich viel „System“ in das scheinbar so verwickelte Verkehrsnetz Deutschlands gebracht. Weitere Klarheit gewinnt man, wenn man die wichtigsten Strecken ermittelt, die von den besten Zügen in je einer Tages- oder Nachtfahrt zurückgelegt werden müßten. Hieraus lassen sich gleichzeitig wichtige Anhaltspunkte für die Gestaltung des Fahrplans der weit gespannten Verbindungen entwickeln:

1. Nord—Süd-Linien.

(London u.) Amsterdam Industriegebiet	Hansa-Städte	Hansa-Städte	Sassnitz	Stettin	Stettin	Stettin u. Danzig
Köln	Hannover	Hannover	Magdeburg	Berlin	Berlin	Breslau
(Frankfurt)	Frankfurt	Würzburg	Halle	Leipzig	Dresden	Oderberg
Basel	Basel	Nürnberg	Nürnberg	München	Prag	Wien u. Budapest
Marseille u. Mailand	Marseille u. Mailand	München	München		Wien	
		Brenner				

Die Entfernungen zwischen den maßgebenden Knotenpunkten (Amsterdam, Bremen, Hamburg, Stettin und Danzig im Norden und Basel, München und Wien im Süden) sind in „gebrochenen Luftlinien“ 600 km und etwas mehr lang. Rechnet man, daß ein Schnellzug in dem hier in Betracht kommenden Gelände in der Luftlinie 50 km in der Stunde zurücklegt, so ergibt sich, daß in diesen Verkehrsbeziehungen 12 Stunden Fahrzeit erforderlich sind, daß also glatte Tages- und Nachtverkehre bestehen können.

2. West—Ost-Linien.

a) Die Küstenbahn (London—) Antwerpen — Bremen — Hamburg — Stettin—Danzig—Königsberg (—Riga—St. Petersburg) ist schon erwähnt. Maßgebende Länge Bremen—Königsberg 800 km, Fahrzeit bei dem reinen Flachlandcharakter etwa 13 Stunden; die Strecke wird durch Stettin recht geschickt halbiert.

b) An Gebirgsrandlinien hat der besonders starke Verkehr mehrere geschaffen. Die westlichen Ausstrahlungspunkte (London, Paris, Rotterdam, Antwerpen) sind sehr kräftig, die östlichen (Oderberg, Krakau) schwach. Die Linien werden von den Sammelbecken der Kölner und Leipziger Bucht angelockt und dadurch zum Teil nach Süd abgelenkt, und durch den „Spitzenpunkt“ Hannover in Abknickung nach Nord hindurchgepreßt. Der Hauptverkehr entsteht in den Kohlengebieten von West- und Mitteldeutschland und Schlesien. Dem Spitzenpunkt entspricht die Zusammenziehung der Linien in der Strecke Löhne—Braunschweig, die allerdings durch die Parallelstrecke über Hameln entlastet wird.

c) Die Mittellinie verläuft in der Mitte des Tiefland-Dreiecks; der Abstand zwischen der Küste und dem Gebirgsrand wird nach Osten zu nämlich so groß, daß trotz der geringen wirtschaftlichen Kräfte hier eine weitere Linie berechtigt wird. Die für sie maßgebenden Zwangspunkte sind die „Pässe“ (Brückenstellen) Magdeburg—Frankfurt a. O.—Posen—Warschau—Brest, die merkwürdigerweise auf einer fast geraden Linie liegen. Die Teilstrecke Lehrte—Braunschweig—Magdeburg—Berlin ist durch die Linie Hannover—Stendal—Berlin ersetzt.

d) Die „Buchten“-Linie Saarbrücken und Pfalz—Frankfurt—Leipzig—Breslau—Oberschlesien.

e) Die „Mainlinie“, als durchgehende Linie nicht vorhanden, weil der Main infolge seiner Krümmungen nicht der „starke Träger des Längsverkehrs“, sondern in ständiger Wiederholung das „schwache Hindernis für den Querverkehr“ ist. Nach Osten „verpufft“ die Verkehrskraft außerdem an dem Gebirgswall und dem völkischen Gegensatz zu Böhmen.

f) Die Süddeutsche Querlinie (Paris—) Straßburg—Stuttgart—Augsburg—München—Salzburg—Wien (—Orient); da nur auf 400 km durch Deutschland führend, stark nach internationalen Rücksichten zu beurteilen; ihr wichtigster westlicher Ausgangspunkt liegt übrigens nicht in Paris, sondern in Saarbrücken.

3. SW—NO-Linien

(dem niederrheinischen Streichen folgend).

a) Paris—Belgien—) Niederrhein—Münster—Bremen—Hamburg—Lübeck—Fehmarn—Kopenhagen—Stockholm und Kristiania.

Paris—Hamburg 700 km, Köln—Lübeck 400 km, Köln—Kopenhagen 650 km, Paris (und London)—Stockholm und Kristiania 1500 km, Hamburg—Stockholm 800 km; also für die äußersten Entfernungen eine Tag- und Nachtfahrt mit Durchschneiden in dem besonders günstig gelegenen Punkt Ham-

burg. — Für diese Linie sind London, Belgien und Holland bedeutungsvoller als Paris.

b) Köln—Hannover—Mecklenburg nach Saßnitz—Schweden und Stettin—Danzig (zwischen Hannover und Mecklenburg verkümmert).

c) Leipzig und Dresden—Frankfurt a. O.—Schneidemühl—Danzig und Königsberg. Die tatsächlich vorhandene Strecke ist über Berlin abgeknickt.

d) Straßburg—Stuttgart—Nürnberg—Eger (—Bodenbach—Dresden).

4. NW—SO-Linien

(dem sudetischen Streichen folgend).

a) Saßnitz—Stettin—Posen—Breslau—Oberschlesien.

b) Hamburg—Berlin—Frankfurt a. O.—Breslau—Oberschlesien.

c) London—Köln—Frankfurt—Nürnberg—Passau—Wien, Köln—Wien 750 km.

Es ist lehrreich, an Hand dieser Zusammenstellungen, gegen die man im einzelnen manches einwenden mag, festzustellen, wie weit wir in der Netzgestaltung der Deutschen Reichsbahn noch von einem „idealen“ Zustand entfernt sind, d. h. wie viele Linien noch nicht gebaut sind, wie viele schlechte Bahnhöfe noch nicht verbessert sind; und wenn wir zurzeit auch nicht in der Lage sind, die Fehler der früheren Zeiten in kurzer Zeit zu verbessern, so muß die Frage doch wissenschaftlich genauer geklärt werden.

Literatur zu „Eisenbahngeographie“.

Von den von Geographen verfaßten grundlegenden Werken sind namentlich die von Ratzel (Anthropogeographie), Supan (Politische Geographie) und Kjellen zu nennen. Zur Einführung in das engere Gebiet der Verkehrs (und Siedlungs)-Geographie ist das Werk v. Richthofens am geeignetsten; für die Beziehungen zwischen Verkehr und Siedlungen ist namentlich auf das schon 1841 erschienene Buch Kohls und auf die Abhandlungen Hasserts zu verweisen. — Ein ausführliches Literaturverzeichnis findet sich in dem sehr lesenswerten Bändchen „Politische Geographie“ von Vogel (Teubner).

Die von „Wirtschaftlern“ verfaßten Abhandlungen über Wirtschafts- und namentlich Verkehrsgeographie bringen zwar sehr viele Tatsachen und Zahlen, verraten aber vielfach eine nur geringe Kenntnis vom wahren Wesen des Verkehrs.

Verkehrs-Fachleute haben sich mit geographischen Fragen leider sehr wenig beschäftigt; eine entsprechende umfassende Abhandlung gibt es nicht.

B. Linienführung und allgemeine Bahnanlage

von

Erich Giese und **Kurt Risch**

I. Einleitung.

Von Professor Dr.-Ing. K. Risch, Braunschweig.

1. Begriff.

Die Frage, was eine Eisenbahn ist, hat das Reichsgericht bei der Auslegung der Ausdrücke im § 1 des Reichshaftpflichtgesetzes „Betrieb einer Eisenbahn“ und „Betriebsunternehmen“ zu beantworten versucht (Reichsgerichtliche Entscheidungen I, S. 247):

„Sprachlich bedeutet Eisenbahn ganz allgemein eine Bahn von Eisen zwecks Bewegung von Gegenständen auf derselben. Verknüpft man diesen Wortlaut mit dem Gesetzzweck, ... so gelangt man im Geiste des Gesetzes zu keiner engeren Bestimmung jener sprachlichen Bedeutung des Wortes Eisenbahn, um den Begriff eines Eisenbahnunternehmens im Sinne des § 1 des Gesetzes¹⁾ zu gewinnen, als derjenigen:

Ein Unternehmen, gerichtet auf die wiederholte Fortbewegung von Personen oder Sachen über nicht ganz unbedeutende Raumstrecken auf metallener Grundlage, welche durch ihre Konsistenz, Konstruktion und Glätte den Transport großer Gewichtsmassen, beziehungsweise die Erzielung einer verhältnismäßig bedeutenden Schnelligkeit der Transportbewegung zu ermöglichen bestimmt ist, und durch diese Eigenart in Verbindung mit den außerdem zur Erzeugung der Transportbewegung benutzten Naturkräften (Dampf, Elektrizität, tierischer oder menschlicher Muskeltätigkeit, bei geeigneter Ebene der Bahn auch schon der eigenen Schwere der Transportgefäße und deren Ladung, usw.) bei dem Betriebe des Unternehmens auf derselben eine verhältnismäßig gewaltige (je nach den Umständen nur in bezweckter Weise nützliche, oder auch Menschenleben vernichtende und die menschliche Gesundheit verletzende) Wirkung zu erzeugen fähig ist.“

Abgesehen von dem unschönen Satzbau enthält diese Begriffsbestimmung neben wesentlichen Merkmalen auch eine Reihe von zufälligen und nebensächlichen, manche sind auch nicht ausreichend bestimmt. Es ist weder beabsichtigt noch notwendig, daß die Eisenbahn Menschenleben vernichtet oder die menschliche Gesundheit gefährdet, auch ist diese schädliche Wirkung nicht auf Eisenbahnen allein beschränkt, sondern der Straßen-, Wasser- und Luftverkehr birgt die gleiche Gefahr in sich. Auch die Entfernung und Schnelligkeit sind im Zeitalter des Luftverkehrs nicht mehr als charakteristische Merkmale der Eisenbahnen anzusprechen. Weiter ist der Ausdruck „auf metallener Grundlage“ zu unbestimmt, man wird z. B. Schotterstraßen, in welche zur Verminderung der Reibung eiserne Fuhrwerksgleise eingebettet sind, trotz dieser metallenen Grundlage nicht zu den Eisenbahnen rechnen, weil die Zwangläufigkeit in der Führung der Fuhrwerke fehlt. Wir werden daher kürzer und doch scharf genug die Eisenbahnen als Einrichtungen bezeichnen zur Ortsveränderung von Personen, Gütern und bestimmten Nachrichten (Briefe, Drucksachen) in Fahrzeugen, die auf metallener Schienenbahn zwangläufig bewegt werden.

¹⁾ Gemeint ist das Reichshaftpflichtgesetz.

2. Einteilung.

Es gibt eine ganze Reihe von Gesichtspunkten, die für die Einteilung der Eisenbahnen in Frage kommen.

- a) Nach der wirtschaftlichen Bedeutung unterscheidet man:
1. Eisenbahnen, die dem öffentlichen Verkehr dienen, also von jedermann benutzt werden können; bei diesen macht die Gesetzgebung einen weiteren Unterschied zwischen:
 - a) Hauptbahnen, die kurz als die Verbindungslinien zwischen den Mittelpunkten des wirtschaftlichen, politischen und geistigen Lebens bezeichnet werden können;
 - β) Nebenbahnen, die zwar für den durchgehenden Fernverkehr keine Rolle spielen, aber insofern für den allgemeinen Verkehr noch von großer Bedeutung sind, als sie die einzelnen Landesteile und wichtige Wirtschaftsgebiete mit dem Hauptbahnnetz und den wichtigen Wasserstraßen verbinden;
 - γ) Lokalbahnen und Kleinbahnen. Sie sind Bahnen von nur örtlicher Bedeutung und stellen die feineren Verästelungen des Eisenbahnnetzes dar. Zu ihnen zählen die nebenbahnähnlichen Kleinbahnen und die Straßenbahnen mit und ohne Maschinenbetrieb.
 2. Eisenbahnen, die nicht dem öffentlichen Verkehr dienen, die nur für den Gebrauch einzelner Personen bestimmt sind. Hierzu gehören:
 - a) Privatanschlußbahnen, die einzelne Unternehmungen mit dem übrigen Bahnnetz verbinden und die feinsten Ausläufer des Gesamtnetzes darstellen;
 - β) Arbeitsbahnen, wie Feld-, Wald-, Gruben-, Förderbahnen.
- b) Nach der physischen Beschaffenheit des Geländes ergibt sich die Einteilung in:
1. Flachlandbahnen, zu welchen meist diejenigen Bahnen gerechnet werden, auf welchen längere Neigungen von mehr als 3‰ bis 4‰ (Bremsneigung) nicht vorkommen;
 2. Hügellandbahnen, bei welchen längere Strecken zwischen 4‰ und 15‰ geneigt sind;
 3. Gebirgsbahnen, zu welchen Bahnen mit längeren Steigungen von mehr als 15‰ gezählt zu werden pflegen;
 4. Bergbahnen, die nur den Gipfel einzelner Berge erschließen und dem Ausflugverkehr dienen. Sie werden meist mit sehr starken Steigungen ausgeführt.
- c) Nach dem Verkehrszweck unterscheidet man:
1. Bahnen für den Personenverkehr;
 2. Bahnen für den Güterverkehr;
 3. Bahnen für gemischten Verkehr (Personen- und Güterverkehr).
- d) Nach dem Verkehrsbezirk kann man die Einteilung vornehmen in:
1. Fernbahnen;
 2. Vorortbahnen zur Verbindung der Großstädte mit ihren Vororten;
 3. Überlandbahnen zur Verbindung wichtiger benachbarter Großstädte;
 4. Stadtbahnen zur Vermittelung des Massenverkehrs innerhalb der Großstädte.
- e) Wichtig ist auch die Unterscheidung nach den Eigentumsverhältnissen in:

1. Gemeinwirtschaftliche Bahnen, die Eigentum eines Bundesstaates, eines Landes, einer Provinz, eines Kreises oder einer Gemeinde sind;
 2. Privatbahnen, die sich in Händen von Einzelpersonen oder Privatunternehmungen befinden;
 3. gemischtwirtschaftliche Bahnen, bei welchen an dem Eigentum sowohl Privatunternehmungen als auch gemeinwirtschaftliche Verbände beteiligt sind.
- f) Die bauliche Anlage der Bahn schafft eine ganze Reihe von Einteilungsgründen. Es werden unterschieden:
1. Nach der Spurweite:
 - a) Breitspurbahnen, bei welchen die Entfernung zwischen den Innenkanten der Fahrschienen, die Spur, größer als 1,435 m ist;
 - β) Normalspurbahnen oder Vollspurbahnen, bei denen die Spurweite gerade 1,435 m beträgt;
 - γ) Schmalspurbahnen, bei welchen die Spurweite kleiner als 1,435 m ist.
 2. Nach der Zahl der Gleise:
 - a) eingleisige Bahnen;
 - β) zweigleisige Bahnen;
 - γ) mehrgleisige Bahnen.
 3. Nach der Lage des Planums:
 - a) Gelände- oder Flachbahnen, bei denen das Bahnplanum in Geländehöhe liegt (Straßenbahnen);
 - β) Tiefbahnen, bei welchen das Planum im offenen Einschnitt (Einschnittsbahnen) oder unter der Straßenoberfläche (Untergrund- und Unterpflasterbahnen) liegt;
 - γ) Hochbahnen, bei welchen das Bahnplanum auf einer Dammschüttung (Damm Bahnen), eisernen Pfeilern (Pfeilerbahnen) oder steinernen Viadukten angeordnet ist.
 4. Nach der Lage der Fahrzeuge zum Gleis:
 - a) Standbahnen, bei welchen sich das Fahrzeug auf dem Gleis bewegt;
 - β) Schwebbahnen, bei welchen die Fahrschienen oberhalb des Fahrzeuges angeordnet sind, sodaß die Fahrzeuge daran hängen. Sind die Fahrschienen biegefest, dann spricht man auch von Hängbahnen, läuft das Fahrzeug auf einem Seil, dann bezeichnet man die Bahnen als Drahtseilbahnen.
 5. Nach der Übertragung der bewegenden Kraft auf den Zug:
 - a) Reibungsbahnen, bei welchen die Bewegung durch die Reibung zwischen Triebrod und Schiene bewirkt wird. Solche Bahnen können als einschienige Bahnen ausgebildet werden, dann muß das Fahrzeug durch Kreiselwirkung im Gleichgewicht gehalten werden, sie sind für Verkehrszwecke bisher nicht ausgeführt worden. Am verbreitetsten sind die Zweischienenbahnen, in vereinzelt Fällen sind auch dreischienige Bahnen ausgeführt, bei welchen zur Erhöhung der Reibung auf eine Mittelschiene horizontal laufende Räder wirken.
 - β) Zahn- oder Zahnradbahnen, bei welchen die Fahrzeuge durch Eingriff eines Triebzahnades in eine Zahnstange fortbewegt werden;
 - γ) Seilbahnen, bei welchen die Zugkraft durch ein Seil auf die Fahrzeuge ausgeübt wird.
- g) Nach der zur Verfügung stehenden Kraftquelle für die Ausführung der Bewegung ergibt sich die Einteilung in:

1. Handbahnen, bei welchen die Fahrzeuge von Menschenhand fortbewegt werden (Arbeitsbahnen);
 2. Pferdebahnen, bei welchen Pferde die Kraftquelle bilden und die Zugkraft leisten;
 3. Schwerkraftsbahnen, bei welchen die Schwerkraft zur Fortbewegung der Fahrzeuge benutzt wird;
 4. Lokomotivbahnen, bei welchen in besonderen Fahrzeugen, den Lokomotiven, die Kraftquelle mitgeführt oder die von einer ortsfesten Kraftquelle zugeführte Energie in Zugkraft umgesetzt wird. Zu den ersteren gehören die Dampflokomotiven, die elektrischen Speicherwagen, die benzolelektrischen Lokomotiven, die Preßluftlokomotiven; zu den letzteren die elektrischen Lokomotiven, Triebgestelle und Triebwagen mit Zuführung des elektrischen Stromes durch Oberleitung oder Unterleitung (dritte Schiene).
- h) Schließlich unterscheidet man nach der Lage der Bahn zum Verkehrsnetz und ihrer Führung:
1. Anschluß- und Zweigbahnen, Stich- oder Sackbahnen;
 2. Verbindungsbahnen;
 3. Parallelbahnen;
 4. Ring- oder Gürtelbahnen;
 5. Radial- und Querbahnen.

3. Vorschriften und Vereinbarungen.

In den meisten Kulturstaaten gehört die Eisenbahngesetzgebung, die Aufsicht und die Erteilung von Eisenbahnkonzessionen zu den Hoheitsrechten der Staaten. Im Deutschen Reich sind die auf die Eisenbahnen bezogenen Rechte in den Artikeln 7, 89 bis 96 der Verfassung vom 11. August 1919 niedergelegt. Die Eisenbahnhoheitsrechte des Reiches erstrecken sich hiernach nur auf die Eisenbahnen des allgemeinen Verkehrs, d. h. auf Haupt- und Nebenbahnen, auf die Kleinbahnen nur für Zwecke der Landesverteidigung, im übrigen sind diese der Gesetzgebung durch die Einzelstaaten unterworfen. Eine weitere wichtige Quelle des Eisenbahnrechtes im Reich ist der Staatsvertrag über den Übergang der Staatseisenbahnen auf das Reich, durch Gesetz vom 30. April 1920 genehmigt.

Die für den Bau von Eisenbahnen wichtigsten reichsgesetzlichen Verordnungen sind:

a) Die Eisenbahnbau- und Betriebsordnung (BO.) vom 4. November 1904 mit Nachträgen und Ergänzungen bis in die Gegenwart hinein, für Haupt- und Nebenbahnen gültig.

b) Die Eisenbahn-Signalordnung (SO.) vom 1. August 1907 mit Änderungen und Ergänzungen, für Haupt- und Nebenbahnen gültig, für letztere in dem Umfange, den die BO. vorschreibt.

c) Die technische Einheit im Eisenbahnwesen (Fassung 1913). Vom 25. Mai 1908 und 28. Mai 1914. Die Bestimmungen dieser Verordnung sind durch Staatsvertrag zwischen dem Deutschen Reich und einer Reihe von Fremdstaaten vereinbart, die am internationalen Verkehr beteiligt sind.

Außerdem sind durch freie Vereinbarungen zwischen den im Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen zusammengeschlossenen deutschen und außerdeutschen Eisenbahnunternehmungen Vorschriften mit teilweise bindender Kraft herausgegeben. Hierzu rechnen:

d) Die Technischen Vereinbarungen (T.V.) über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebeneisenbahnen vom Jahre 1909 mit Nachträgen.

e) Die Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen (Grz.) vom Jahre 1909 mit Nachträgen.

Da ein einheitliches Reichsgesetz über Eisenbahnunternehmungen noch nicht geschaffen ist, gelten die Gesetze und Verordnungen der Länder über das Eisenbahnwesen weiter, sofern die Voraussetzungen für ihre Anwendung noch gegeben sind (§ 10 des Staatsvertrages über den Übergang der Staatseisenbahnen auf das Reich). Es würde zu weit führen, hier die einzelstaatlichen Bestimmungen wiederzugeben, die für den Bau von Bahnen in Betracht kommen, es sei hier auf den 8. Band verwiesen, in dem die Eisenbahngesetzgebung im Deutschen Reich und den Ländern eingehend behandelt ist. Von Einzelvorschriften, die beim Entwerfen von Bahnlagen gute Dienste leisten werden, seien die nachstehenden hervorgehoben¹⁾.

1. Vorschriften über allgemeine Vorarbeiten für Eisenbahnen (V.f.V.). Nr. 261 des Verzeichnisses der Dienstvorschriften und Dienstanweisungen der preußisch-hessischen Staatseisenbahnverwaltung. Hierzu der Erlaß des preußischen Ministers der öffentlichen Arbeiten, betreffend die Behandlung der Entwürfe für neue Eisenbahnen sowie für die Ergänzung und Umgestaltung von Staatseisenbahnanlagen. Vom 7. 2. 1914. (Eisenbahn-Verordnungsblatt 1914, S. 33.)

2. Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen mit besonderer Berücksichtigung der Stellwerke. (A.f.S.) Ausgabe 1919.

3. Vorschriften für das Vermessungswesen, gültig vom 1. Januar 1913.

4. Anweisung für die Herstellung von Festpunkten für die Gleisanlage, Ausgabe 1913.

5. Vorschriften über Dammschüttungen in Mooren, Ausgabe 1913.

6. Vorschriften für Herstellung, Unterhaltung und Erneuerung des Oberbaues (Oberbauvorschriften, OV.). Gültig vom 1. Juli 1915.

7. Das Oberbaubuch der preußischen Staatseisenbahnen, Ausgabe 1911. (Außerdem laufende Ergänzungen.)

8. Die Weichen der preußischen Staatseisenbahnen.

9. Leitsätze für die Verwendung neuer und altbrauchbarer Weichen und deren Unterhaltung, gültig vom 1. April 1910.

10. Vorschriften für Eisenbauwerke. Grundlagen für das Entwerfen und Berechnen eiserner Eisenbahnbrücken. Gültig vom April 1922.

11. Vorschriften für die Überwachung und Prüfung der Tunnel, gültig vom 1. Januar 1907.

12. Allgemeine Bestimmungen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton. Ausgabe 1908.

13. Vorschriften über die Anlage und Behandlung der Feuerschutzstreifen an den Haupt- und Nebeneisenbahnen innerhalb der Waldbestände, gültig vom 9. März 1905.

14. Vorschriften für die Anlage und Unterhaltung der Drahtzäune und lebenden Hecken als Einfriedigung der Bahnanlagen, gültig vom 15. September 1895.

15. Grundzüge für das Entwerfen von Lokomotivbehandlungsanlagen.

16. Telegraphenbauordnung, Ausgabe 1914.

17. Das Einheitsstellwerk der preußischen Staatseisenbahnen (Einbauvorschriften), gültig vom 1. Oktober 1915.

18. Zeichen und Muster für Stellwerkspläne (St.Z.M.), gültig vom 1. April 1921.

19. Anweisung zum Schutze der unterirdischen Telegraphen- und Fernsprechkabel bei Ausführung von Erd- und Maurerarbeiten in Verkehrswegen, gültig vom Mai 1906.

20. Dienstvorschrift über die zu treffenden Maßnahmen bei Eröffnung des Betriebes neuer Eisenbahnstrecken, zweiter und weiterer Gleise, sowie neuer und erweiterter Stationen an bereits im Betriebe befindlichen Bahnstrecken (Betriebsöffnungsvorschriften), gültig vom 1. Oktober 1909.

21. Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen (BKV.), gültig vom 18. November 1921 (Eisenbahn-Verordnungsblatt 1921, S. 505).

22. Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe. Ausgabe 1912.

23. Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton, gültig vom 24. Mai 1907.

¹⁾ Jahrbuch des deutschen Verkehrswesens Bd. 2, S. 42, 1922.

24. Grundzüge für die Aufstellung von Entwürfen und die Ausführung von Dienst- und Mietwohnhäusern für Arbeiter, untere und mittlere Beamte (Eisenbahn-Verordnungsblatt 1906, S. 489).

25. Grundsätze und Grundrißmuster für die Aufstellung von Entwürfen zu Stationsgebäuden, sowie Grundsätze und Bestimmungen für das Entwerfen und den Bau von Lokomotivschuppen (Eisenbahn-Verordnungsblatt 1901, S. 232, und 1908, S. 29).

26. Grundzüge und Bestimmungen für das Entwerfen und den Bau von Güterschuppen (Erlaß des preuß. Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 25. Juni 1901).

27. Grundsätze für den Bau von Übernachtungsgebäuden (Erlaß des preuß. Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 23. Januar 1900 I D 18583).

28. Grundzüge für die Errichtung von Bahnwasserwerken und Vorschriften für die Wasseruntersuchung (Eisenbahn-Nachrichtenblatt 1907, S. 137).

29. Merkbuch für die Fahrzeuge der preußisch-hessischen Staatseisenbahnverwaltung. Ausgabe 1915, Neudruck 1921.

II. Wirtschaftliche Erwägungen.

Von Prof. Dr.-Ing. K. Risch, Braunschweig.

Für den Bau einer neuen Bahnlinie sind volkswirtschaftliche Bedürfnisse oder militärische Forderungen oder auch beides maßgebend. Hierdurch wird die Führung der Linie in ihren Hauptpunkten bestimmt. Das gilt auch noch für den Fall, daß das Anwachsen des Verkehrs auf einer bestehenden Bahnlinie den Bau einer Entlastungsstrecke erforderlich macht. Es ist dann durchaus nicht gesagt, daß die neue Linie neben die vorhandene gelegt werden muß, sondern es kann sehr wohl zur Aufschließung von Gebietsteilen für Land- und Forstwirtschaft, für Industrie, Bergbau, Besiedelung, oder aus strategischen Gründen die neue Bahn abseits der bestehenden durch neue Gebietsteile geführt werden. Obgleich durch derartige Forderungen gewisse Zwangspunkte für die Linienführung gegeben sind, wird die Bahnlinie dadurch doch nicht eindeutig festgelegt. Es werden mehrere Linien zwischen den Zwangspunkten möglich sein. Es tritt dann an den entwerfenden Ingenieur die Frage heran, welche von den möglichen Linien gebaut werden soll. Die Entscheidung wird letzten Endes davon abhängen, wie hoch etwa der Ertragswert der verschiedenen Linien eingeschätzt wird, welche Rente sich hieraus errechnet, und wie dieser privatwirtschaftliche Nutzen zu werten ist gegenüber dem gemeinwirtschaftlichen, der sich aus der Erschließung von Wirtschaftsgebieten und der damit verbundenen Hebung der Steuerkraft ergibt. Dieser Vergleich zwischen gemein- und privatwirtschaftlichem Nutzen wird auch anzustellen sein, wenn nicht mehrere Linien, sondern nur eine für die Ausführung von vornherein in Frage kommen sollte. Aufgabe der wirtschaftlichen Erwägungen muß es daher zunächst sein, die Verkehrsverhältnisse in den für die Linienführung in Betracht zu ziehenden Gebieten zu erkunden.

1. Abgrenzung des Verkehrsgebietes.

a) Feststellung der von der Bahn zu berührenden Ortschaften und der Lage der Bahnhöfe.

Hierbei sind zu berücksichtigen:

1. Die Forderungen der Staatsdomänen und Forsten, über welche die zuständigen Regierungen Auskunft geben können.
2. Die Forderungen der Moorkultur, welche ebenfalls von den Regierungen zu erfragen sind.
3. Die Forderungen der Generalkommissionen, wenn in der von der Bahn berührten Gegend ein Zusammenlegungs- oder Aufteilungsverfahren schwebt oder bevorsteht.
4. Bergbauliche Forderungen, worüber Auskünfte von den zuständigen Oberbergämtern einzuholen sind.

5. Militärische Rücksichten, die durch den Bahnbevollmächtigten bei den zuständigen Linienkommandanturen zu erfragen sind. Bei Anlage von Bahnen in der Umgebung von Festungen sind die Bestimmungen des Reichsgesetzes vom 21. 12. 1871 (Reichsgesetzblatt S. 459) zu beachten.

6. Die Forderungen der Postverwaltung auf Grund des Eisenbahnpostgesetzes vom 20. 12. 1875 (Reichs-Gesetzblatt S. 318), die durch Anfrage bei den zuständigen Oberpostdirektionen zu ermitteln sind.

7. Die Erhaltung von Natur- und Kunstdenkmälern, worüber die hierfür zuständigen Stellen Auskunft geben können.

8. Die Wünsche von Gemeinden und Privaten, denen unter Zuziehung der Verwaltungsbehörden Gelegenheit zu geben ist, sich zur Lage von Bahnhöfen, über die Linienführung, Rücksichten auf den Straßenbau und die städtebauliche Entwicklung zu äußern.

10. Allgemeine land-, wasserwirtschaftliche und deichpolizeiliche¹⁾ Forderungen, die im Benehmen mit den zuständigen Gemeinde- und Verwaltungsbehörden sowie Zweckverbänden zu regeln sind.

Alle diese Feststellungen dienen zur Unterrichtung des Eisenbahnbau-Unternehmers und haben den Charakter unverbindlicher Vorerhebungen, worauf bei den Verhandlungen zweckmäßig hinzuweisen sein wird. Sie geben Aufschluß über die Führung der Linie in großen Zügen und über die Lage der Bahnhöfe. Um Bodenspekulationen vorzubeugen, empfiehlt es sich, alle Fragen vertraulich zu behandeln.

b) Feststellung der wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse des zu erschließenden Landstrichs.

Das Verkehrsgebiet einer neuen Bahn setzt sich aus den Verkehrsgebieten der einzelnen Bahnhöfe zusammen. Zum Verkehrsgebiet eines Bahnhofes sind alle Ortschaften, Ansiedlungen und Wohnstätten, ferner Waldgebiete, Fundstätten von Bodenschätzen usw. zu rechnen, deren Personen- und Güterverkehr sich bei Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, insbesondere etwaiger Gebirgszüge, der Straßen, Flußläufe und anderer bereits vorhandener Verkehrsmittel ganz oder in der Hauptsache auf diesem Bahnhof abwickeln wird. Hierbei sind namentlich die Straßenverhältnisse der Gegend eingehend zu prüfen, weil noch mehr als die Entfernung die Beschaffenheit und die Steigungsverhältnisse der Straßen ausschlaggebend sind. Auch die Möglichkeit der Herstellung neuer besserer Zufahrtstraßen zu den Bahnhöfen ist in Betracht zu ziehen.

Zunächst ist so festzustellen:

1. Die Größe des engeren Verkehrsgebietes für jeden Bahnhof in Quadratkilometern unter Angabe der Ortschaften und deren Einwohnerzahl. Hierzu rechnen die Ortschaften, deren Verkehr der neuen Linie ausschließlich zufällt.

2. Die Größe des weiteren Verkehrsgebietes in Quadratkilometern nebst Einwohnerzahl. Es umfaßt solche Ortschaften, deren Bewohner wegen gleich günstiger Verbindungen mit Stationen bereits vorhandener Bahnen oder aus anderen Gründen nicht ausschließlich auf die neue Bahn angewiesen sind.

Die wirtschaftlichen Erhebungen haben sich auf die Kulturart und Ertragsfähigkeit des Landes, der Bodenschätze usw., bereits vorhandene Eisenbahnen, Land- und Wasserstraßen und in Aussicht stehende Wegebauten unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für den Verkehr der neuen Bahn zu erstrecken. Von industriellen und gewerblichen Anlagen sind die für den Bahnverkehr in Betracht kommenden besonders zu ermitteln, wie Bergwerke,

¹⁾ Erlaß des preuß. Ministers der öffentlichen Arbeiten IVA 2957/IIIb 4738 und des preuß. Ministers für Landwirtschaft IC 4411 vom 16. 6. 1902 (Eisenbahn-Verordnungsblatt S. 307).

Steinbrüche, Eisengießereien, Hüttenwerke, Maschinenbauanstalten, Fabriken größeren Umfanges, Mühlen, Ziegeleien, Brauereien, Brennereien usw. Ferner ist die in diesen Betrieben beschäftigte Arbeiterzahl festzustellen. Schließlich ist zu untersuchen, welchen Einfluß die neue Bahn auf die wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse voraussichtlich haben wird.

2. Feststellung des zu erwartenden Verkehrs.

Auf Grund der vorstehend unter 1b) aufgeführten Angaben ist der mutmaßliche Verkehr unter Berücksichtigung der nach der Betriebseröffnung eintretenden Entwicklung der wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse zu ermitteln. Ist die neue Bahnlinie Bestandteil eines bestehenden Verkehrsnetzes, und wird sie mit anderen Bahnen zusammen bewirtschaftet, dann darf bei den Verkehrserhebungen die Rückwirkung der neuen Bahn auf den Verkehr der anschließenden Bahnen nicht außer acht gelassen werden.

a) Personenverkehr.

α) Allgemeiner Personenverkehr.

Der mutmaßliche allgemeine Personenverkehr aus und nach dem Verkehrsgebiet der neuen Bahn ist auf Grund der Einwohnerzahl der im engeren und weiteren Verkehrsbereiche der neuen Bahn liegenden Ortschaften zu ermitteln. Hierbei ist auf den Kopf der Bevölkerung eine nach den obwaltenden Verhältnissen zu erwartende Anzahl von Reisen anzunehmen.

Für die Bewohner des engeren Verkehrsgebietes wird in der Regel eine höhere Reisezahl mit Rücksicht auf die sich besonders fühlbar machende Reiseerleichterung angenommen werden können. Einen geeigneten Maßstab für diese Veranschlagung werden die Ergebnisse gewähren, die auf gleichartigen, bereits im Betriebe befindlichen Linien des eigenen oder benachbarter Bezirke mit ähnlichen Verkehrs- und Erwerbsverhältnissen erzielt worden sind.

Liegen derartige Angaben nicht vor, dann kann die durchschnittliche Zahl der Reisen für jeden Einwohner¹⁾ angenommen werden zu:

2 bis 5	im Jahr bei	geringem	Verkehr
5	" 10	" "	mittlerem
10	" 15	" "	starkem
15	" 22	" "	sehr starkem

Hierbei ist als Reise nur die einfache Fahrt gerechnet, also nur die Hin- oder die Rückfahrt. Werden diese Zahlen für die Ermittlung der Reisen im engeren Verkehrsgebiet zugrunde gelegt, dann müssen sie für das weitere Verkehrsgebiet herabgesetzt werden auf etwa:

das 0,90 fache bei	Entfernungen von	1 km bis zum	Bahnhof
" 0,45	" "	" "	" 2 " " " "
" 0,31	" "	" "	" 3 " " " "
" 0,21	" "	" "	" 4 " " " "
" 0,14	" "	" "	" 5 " " " "
" 0,09	" "	" "	" 6 " " " "
" 0,06	" "	" "	" 7 " " " "
" 0,03	" "	" "	" 8 " " " "
" 0,01	" "	" "	" 9 " " " "

Bei größeren Entfernungen können für die Berechnung des Verkehrs die Einwohnerzahlen ganz außer Betracht bleiben²⁾.

¹⁾ Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften Bd. I, V.

²⁾ Sonne: Veranschlagung der Einnahmen projektierter Lokalbahnen. Deutsche Bauzeitung 1881, S. 216.

Ein Verzeichnis der einzelnen Ortschaften unter Angabe ihrer Einwohnerzahl, der in Betracht kommenden Zahl von Reisen und deren durchschnittliche Länge ist zweckmäßig nach dem folgenden Muster A aufzustellen, in welchem für die Verkehrserhebungen zunächst nur die Spalten 1 bis 8 in Betracht kommen:

Übersicht A:

1	2	3	4	5	6	7	8
Lfd. Nr.	Namen der Ortschaften	Einwohnerzahl ¹⁾	Durchschnittliche Zahl der Reisen für jeden Einwohner für 1 Jahr	Bezeichnung der neuen Stationen, auf denen die Reisen voraussichtlich angetreten werden	Gesamtzahl der Reisen für 1 Jahr	Durchschnittliche Reiselänge innerhalb der neuen Bahn (Binnenverkehr) km	Personenkilometer auf der neuen Bahn (Sp. 6 \times Sp. 7)
9	10	11	12	13	14	15	
Fahrgeldeinheitsatz	Einnahmen der neuen Bahn aus dem Personenverkehr (Sp. 8 \times Sp. 9) 100	Wieviel von den Reisen in Sp. 6 werden über die neue Bahn hinaus auf vorhandenen Strecken mehr als bisher ausgeführt?	Auf wieviel Kilometer werden für die Reisen in Sp. 11 die älteren Strecken benutzt?	Personenkilometer auf den vorhandenen Strecken (Sp. 11 \times Sp. 12)	Mehreinnahmen der älteren Strecken aus dem in Sp. 13 nachgewiesenen Verkehrszuwachs (berechnet nach dem Fahrgeldeinheitsatz in Sp. 9)	Bemerkungen	
Pf.	Mk. ²⁾		km		Mk. ²⁾		

β) Besonderer Personenverkehr.

Besonders zu veranschlagen ist der neben dem allgemeinen Verkehr zu erwartende besondere Verkehr, z. B. Arbeiter-, Touristen- und Vergnügungsverkehr, Besuch von Bädern, Wallfahrtsorten und dgl.

γ) Durchgangspersonenverkehr.

Werden durch die geplante Linie vorhandene Bahnen verbunden, so ist festzustellen, in welchem Umfange die neue Linie dem Durchgangsverkehr voraussichtlich dienen wird. Zu diesem Zwecke ist zunächst zu ermitteln, in welchen wichtigeren Verkehrsverbindungen Wegeabkürzungen eintreten. Die Entfernungskürzungen sind für die wichtigeren Stationsverbindungen und Knotenpunkte zu ermitteln und zweckmäßig in einer Nachweisung zusammenzustellen. Erstrecken sich die Kürzungen noch über die Knotenstationen

¹⁾ Nach Angabe der Landräte, Bürgermeister usw. — Bei Übergangsstationen, die bereits Anschluß an bestehende Bahnen haben, ist bei der Veranschlagung nur ein angemessener Teil der Einwohner zu berücksichtigen.

²⁾ Die Schlußsumme ist auf volle Hundert abzurunden.

hinaus, so genügt die Angabe der letzteren unter Beisetzung eines entsprechenden Vermerks. Soweit in diesen Verbindungen durch die neue Bahn merkliche Reiseerleichterungen (z. B. durchgehende Züge, kürzere Fahrzeiten, wesentliche Fahrpreisermäßigungen) geschaffen werden, ist mit dem Übergang der Durchgangsreisenden auf die neue Linie zu rechnen. Werden dagegen nur geringe Entfernungskürzungen eintreten und die Vorteile der niedrigen Fahrpreise durch die mit der Benutzung der neuen Bahn verbundenen Unbequemlichkeiten und Nachteile des mehrfachen Umsteigens, der längeren Fahrzeit und der ungünstigen Anschlußverhältnisse aufgewogen, so ist anzunehmen, daß die Reisenden später nach wie vor die älteren Strecken benutzen.

Die bisherige Stärke des Verkehrs in den Stationsverbindungen, in denen hiernach die Reisenden die neue Linie im Durchgang benutzen werden, kann bei den Verkehrskontrollen oder beteiligten Stationen festgestellt werden. Es ist auch zu erwägen, ob infolge günstigerer Verbindung durch die neue Bahn eine Steigerung des Durchgangsverkehrs zu erwarten ist.

δ) Rückwirkungen auf vorhandene Bahnen.

Rückwirkungen der neuen Bahnlinie auf den Personenverkehr der vorhandenen Bahnen werden sich infolge Verkehrssteigerung und Verkehrsverschiebungen geltend machen. Die Ablenkung des Durchgangsverkehrs auf die neue Bahn ist bereits unter γ erfaßt. Außerdem ist zu untersuchen, ob für die älteren Strecken ein Rückgang aus Verkehrsverschiebungen zu erwarten ist. Dieser entsteht bei Reisen aus und nach dem Verkehrsgebiet der neuen Bahn, die früher auf den älteren Strecken von oder bis zu Stationen hinter den Anschluß- oder Kreuzungspunkten der neuen Linie ausgeführt worden sind. Es bleibt dann noch die Verkehrssteigerung festzustellen, die in erster Linie auf vermehrte Benutzung der vorhandenen Strecken seitens der Bewohner des Verkehrsgebiets der neuen Bahn infolge der geschaffenen Reiseerleichterung zurückzuführen ist. Anzahl und voraussichtliche Länge dieser Mehrreisen sind in Spalte 11 und 12 des Musters einzutragen. Die voraussichtliche Länge der Reisen auf den bestehenden Bahnen ist nach den als Reiseziel hauptsächlich in Frage kommenden Verkehrspunkten zu ermitteln. Schließlich sind die Verkehrsverschiebungen zu berücksichtigen, die dadurch entstehen, daß Reisen von und nach dem Verkehrsgebiet der neuen Bahn künftig auf älteren Strecken von oder bis zu der Abzweig- oder Kreuzungsstation und nicht nur, wie bisher, von oder bis zu einer vorgelegenen Station der alten Bahn ausgeführt werden.

b) Güterverkehr.

α) Vorhandener Güterverkehr.

Nach Abgrenzung der Zufuhrgebiete kommen für die Veranschlagung folgende Punkte in Frage:

1. Welche Güter des Verkehrsbereichs, nach Art und Menge, sind bisher nicht auf dem Schienenwege, sondern ausschließlich auf dem Land- oder Wasserwege befördert worden?

2. Welche Güter, nach Art und Menge, sind bereits auf benachbarten Stationen der vorhandenen Staats-, Privat- und Kleinbahnen von und nach diesen Ortschaften abgefertigt worden?

3. In welchem Umfange und auf welche Entfernungen werden die Mengen zu 1 und 2 auf der neuen Bahn gefahren werden?

Soweit für den Empfang und Versand und für die voraussichtliche Leitung des Verkehrs genauere Unterlagen beschafft werden können, sind die

Übersicht C: Verkehr, der sich bisher ausschließlich

1	2	3	4	5	6	7
Bezeichnung der Tarifklassen ¹⁾	Beförderungsmengen	Durchschnittliche Beförderungslänge auf der neuen Linie	Einheitssatz der Streckenfracht für 1 tkm	Die Einnahmen der neuen Bahn an Streckenfracht betragen $\frac{100}{2 \times 3 \times 4}$	Von den unter 2 aufgeführten Mengen werden künftig von und nach Stationen an vorhandenen Strecken abgefertigt ²⁾	Die neue Strecke erhält die ganze Abfertigungsgebühr für (Sp. 2 abzüglich Sp. 6)
	t	km	Pf.	Mk.	t	t
Eilgut Ie						
Eilgut IIe						
u. Stückgut I						
Stückgut II						
Wgldgskl.						
A						
B						
C						
D						
E						
F						
usw.						
Zusammen						

¹⁾ Die Güter sind nach Art und Mengen in der Ertragsberechnung aufzuführen.

²⁾ Zu Sp. 6: Der Ortsverkehr der Übergangs- (Anschluß-) stationen mit Stationen der neuen über die Anschlußstationen nach und von Stationen älterer Strecken befördert wird.

Bei der Bedeutung dieses voraussichtlichen Verkehrszuwachses sowohl für die neue Bahn wie für die alten Strecken ist auf eine möglichst zuverlässige Veranschlagung Bedacht zu nehmen. Lassen sich besondere Anhaltspunkte über den Umfang des neuen Verkehrs nicht gewinnen, so ist er nach einem angemessenen Prozentsatz des in dem Muster S. 110 nachgewiesenen bisherigen Verkehrs zu berechnen. Kann auf Grund geologischer Gutachten oder anderer einwandfreier Unterlagen angenommen werden, daß die neue Bahn in besonderem Maße zur Hebung von Bodenschätzen beitragen wird, so sind die zu erwartenden Beförderungsmengen und Einnahmen besonders zu veranschlagen. Häufig wird sich eine zuverlässige Feststellung des Verkehrsumfanges durch Benehmen mit den Interessenten und mit den beteiligten Behörden (Regierungen, Oberbergämtern usw.) ermöglichen lassen.

Übersicht D: Verkehr, der bisher auf Nachbarstationen von und nach dem Verkehrsgebiet der neuen Linie abgefertigt ist.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bezeichnung der Tarifklassen	Beförderungsmengen t	Durchschnittliche Beförderungslänge auf der neuen Linie km	Auf der neuen Linie werden geleistet (Sp. 2 \times Sp. 3) tkm	Halbe Abfertigungsgebühr für 1 t Pf.	Einheitsatz der Streckenfracht für 1 tkm Pf.	Einnahme der neuen Linie an		zusammen	Bemerkungen
						Abfertigungsgebühr (Sp. 2 \times Sp. 5) \cdot 100 Mk.	Streckenfracht (Sp. 4 \times Sp. 6) \cdot 100 Mk.		
Eilgut Ie									
Eilgut IIe u. Stückgut I									
Stückgut II									
Wldgskl.									
A									
B									
C									
D									
E									
F									
usw.									
Zusammen									

3. Die Einnahmen aus dem Verkehr und die Ausgaben.

a) Einnahmen.

Sind Verkehrsmengen und Verkehrswege ermittelt, dann bedarf es nur noch der Festsetzung der Beförderungssätze oder der Tarife, um die Einnahmen zu berechnen. Hierbei darf die überall im Verkehrswesen zu beobachtende Erscheinung nicht außer acht gelassen werden, daß der Tarif auf den Verkehr einwirkt, daß mit sinkenden Preisen der Verkehr steigt und umgekehrt er bei Erhöhung der Tarife sinkt. Dieses Gesetz gilt natürlich nur, sofern der Verkehr überhaupt noch einer Steigerung fähig ist, die Verkehrsbedürfnisse also noch nicht voll befriedigt sind. Hieraus ergibt sich, daß bei einer bestimmten Höhe des Tarifes das Produkt aus Verkehrsleistung und Preis, d. h. die Einnahmen zu einem Maximum werden. Launhardt hat unter gewissen Voraussetzungen den günstigsten Tarif zu dem 1,5fachen Betrage der Selbstkosten ermittelt¹⁾. Dieser Satz gilt nur für solche Güter,

¹⁾ Launhardt: Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre. Leipzig 1885.

deren Absatzgebiet keine andere Einschränkung als durch die Frachtkosten findet, ferner muß das Bahnnetz eine Ausdehnung haben, daß durch die äußerste Versendungsweite die Grenze des Bahnnetzes nicht überschritten wird. Daher liegen die vorteilhaftesten Frachtsätze für Zweigbahnen, für die die vorstehenden Voraussetzungen meist nicht voll zutreffen, über dem 1,5fachen Werte der Selbstkosten. Sie sind höher zu bemessen für Bahnen, die für eigene gesonderte Rechnung verwaltet werden als für solche, die im Zusammenhange mit dem übrigen Bahnnetz bewirtschaftet werden. Diese Untersuchungsergebnisse Launhardts werden stets mit Vorteil dort verwendet werden können, wo man in der Bemessung der Höhe der Tarife unabhängig ist. Vielfach gebietet aber der Wettbewerb mit den anderen Bahnen, deren Tarife der Preisfestsetzung auf der eigenen Bahn zugrunde zu legen. Dann bleibt nur zu prüfen, ob man mit den eigenen Tarifen sich denen der Nachbarbahnen anschließen, ob man darüber hinausgehen oder ob man sie unterbieten will. Die Entscheidung dieser Frage hängt ganz von der Verkehrslage der Bahn ab, das Maß der Unterbietung außerdem noch von der Höhe der Selbstkosten. Auch gemeinwirtschaftliche Bedürfnisse können von ausschlaggebendem Einfluß werden. Welche von diesen sich häufig widerstreitenden Forderungen berücksichtigt werden sollen und in welchem Maße, das zu entscheiden ist Sache der Tarifpolitik, und hiernach werden sich dann die Preise von Fall zu Fall ohne besondere Schwierigkeiten festsetzen lassen.

Aus der Vervielfachung der Tarife mit den in den Übersichten nachgewiesenen Verkehrsleistungen, d. s. die Personen- und Tonnenkilometer sowie die behandelten Gütertonnen, erhält man die Einnahmen aus dem Personen- und Güterverkehr. Hierzu kommen die Einnahmen aus den in den Übersichten nicht besonders nachgewiesenen Verkehrsarten, dem Reisegepäck-, Expreßgut- und Viehverkehr, und die Einnahmen, die aus anderen Quellen fließen, wie Pachten, Mieten, Zuschüsse. Wird die neue Bahn nicht für eigene gesonderte Rechnung verwaltet, dann müssen auch die Mehreinnahmen und die Einnahmeausfälle auf den übrigen Bahnstrecken, die zum Unternehmen gehören, ermittelt werden. Wie im einzelnen eine solche Einnahmeberechnung aufzustellen ist, wird im Abschnitt IX über Bau- und Betriebskosten S. 365 gezeigt.

b) Die Ausgaben.

Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Verhältnisse einer neuen Bahn ist auch die Kenntnis der Ausgaben erforderlich. Hierbei ist die Trennung der Kosten in Ausgaben für den Kapitaldienst, für die oberste Verwaltung und für den eigentlichen Betriebsdienst zu empfehlen und ferner in den beiden letzten dieser Gruppen eine weitere Unterteilung nach persönlichen und sachlichen Ausgaben vorzunehmen.

Zu den Kapitalkosten rechnen die jährlichen Aufwendungen für festverzinsliche Werte, wie Anleihen bei Staats- und Kommunalbahnen oder Obligationen bei privatwirtschaftlichen Unternehmungen. Weiter kommen hinzu die jährlichen Tilgungsbeträge, deren Höhe sich nach den dem Unternehmen in der Genehmigungsurkunde auferlegten Verpflichtungen richtet. Über den Umfang dieser Auflagen (z. B. Heimfall mit und ohne Entschädigung) wird man sich vorher genau unterrichten müssen. Schließlich bilden die jährlichen Rücklagen in den Erneuerungsfonds zur Bestreitung regelmäßig wiederkehrender Erneuerungen (z. B. Oberbau und Betriebsmittel) und die Abschreibungen auf die übrigen Anlagen einen Bestandteil der Kapitalkosten. Manche Verwaltungen ziehen es vor, statt der Abschreibungen ebenfalls Rücklagen in den Erneuerungsfonds zu machen, sodaß man in diesem Fall mit einem Erneuerungskonto für alle Anlagebestandteile auskommt. Auch der umgekehrte Weg,

alles auf Abschreibungskonto zu nehmen, ist üblich. Die Höhe der Rücklagen und die Größe der Abschreibungsquoten hängen von den Kosten der Anlagebestandteile, deren Lebensdauer, der Güte der Unterhaltung sowie von besonderen Entwertungsfaktoren wie Konjunkturschwankungen, Überholung durch technische Fortschritte u. a. ab. Die Ermittlung der Kapitalkosten setzt die Kenntnis des Anlagekapitals und seiner einzelnen Posten voraus. Darüber werden nähere Angaben im Abschnitt „Baukosten“ S. 327 gemacht.

Zu den Ausgaben für die oberste Verwaltung rechnen die hierfür erforderlichen Aufwendungen an Personal, Büroeinrichtungen, Beleuchtung, Heizung, Wasser, Mieten und Unterhaltung der Diensträume. Diese Kosten sind sehr verschieden. Bildet die neue Bahn einen Bestandteil eines Eisenbahnunternehmens mit bereits vorhandenem Bahnnetz, dann entstehen u. U. überhaupt keine besonderen Ausgaben für die oberste Verwaltung durch die neue Linie. Daher ist Ermittlung von Fall zu Fall geboten.

Zu den Betriebsausgaben rechnen alle Aufwendungen an Personen und Sachen, die zur Ausführung der Verkehrsakte mit allen dazu gehörigen Haupt- und Nebenarbeiten erforderlich sind, ausgenommen die vorerwähnten Aufwendungen für den Kapitaldienst und die oberste Verwaltung. Eine einigermaßen zuverlässige Veranschlagung dieser Ausgaben setzt einen Betriebsplan voraus, in dem die zur Bewältigung des Verkehrs erforderlichen Maßnahmen begründet sind. An Hand dieses Planes wird man leicht den Personalbedarf ermitteln können und die jährlichen Ausgaben hierfür. Dabei sind neben den Durchschnittsgehältern und Löhnen auch etwaige Wohnungsgeldzuschüsse, Nebenbezüge, Belohnungen, Unterstützungen, Pensionslasten, Kosten für Stellvertretungen in Ansatz zu bringen. Die sachlichen Aufwendungen werden zweckmäßig nach den Jahreskosten ermittelt, die auf anderen Linien mit ähnlichen Verkehrs- und Betriebsverhältnissen dafür aufgebracht werden müssen.

Ist bei den Verkehrserhebungen festgestellt, daß die neue Bahn auf den Verkehr vorhandener Bahnen einwirkt, die mit der neuen Bahn gemeinschaftlich bewirtschaftet werden, dann müssen wie bei den Einnahmen auch die Mehr- oder Minderausgaben an Betriebskosten auf diesen Linien festgestellt und bei den Gesamtausgaben berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Ausgaben im einzelnen ist im Abschnitt „Bau- und Betriebskosten“ S. 347 gezeigt.

4. Die Bauwürdigkeit, die Wahl der Bahngattung und der Spurweite.

a) Ertrag und Bauwürdigkeit.

Bezeichnet man mit E die nachgewiesenen Jahreseinnahmen der neuen Bahn in Mark, mit A ihre Jahresausgaben, dann stellt der Unterschied $E - A$ den Betriebsüberschuß dar. Ist außer den festverzinslichen Geldwerten auch ein Aktienkapital von K Mark aufgenommen, so würde sich dieses mit einer

Rente von $r = \frac{E - A}{K} \cdot 100$ in Prozenten verzinsen.

Bleibt bei der den Einnahmen zugrunde gelegten Verkehrsstärke die errechnete Verzinsung des Aktienkapitals unzureichend, so braucht das Unternehmen trotzdem nicht als unwirtschaftlich aufgegeben zu werden, wenn nur damit zu rechnen ist, daß sich die Bahn neuen Verkehr schafft und eine Verkehrszunahme gegenüber der ersten Annahme in den folgenden Jahren zu erwarten ist. Wie die Verkehrsentwicklung sich gestalten muß, damit Mindererträge oder gar Zuschüsse in den ersten Jahren durch entsprechende Überschüsse innerhalb endlich begrenzter Zeiträume ausgeglichen werden und

dadurch die Bahn bauwürdig machen können, ist vom Verfasser an anderer Stelle gezeigt¹⁾.

Aber selbst für den Fall, daß auch dann eine ausreichende Verzinsung nicht gewährleistet ist, kann die Bauwürdigkeit der Bahn aus gemeinwirtschaftlichen Gründen oder militärischen Rücksichten gegeben sein. Nur wird sich in solchen Fällen kein Privatkapital finden, das Wagnis für den Bau und Betrieb zu übernehmen, es sei denn, daß die Gemeinschaft durch Übernahme von Zinsgarantien eine angemessene Verzinsung sicherstellt. Auch andere Formen für die Beteiligung der Gemeinwirtschaft kommen noch in Frage, Hergabe von Kapital à fonds perdu oder Übernahme von Aktien, Bau der Bahn aus öffentlichen Mitteln und Betriebsführung durch ein privatwirtschaftliches Unternehmen oder auch vollständige Übernahme von Bau und Betrieb durch die Gemeinwirtschaft. Welche von diesen Unternehmungsformen zweckmäßig zur Anwendung kommt, hängt letzten Endes davon ab, wie groß der gemeinwirtschaftliche Nutzen eingeschätzt wird.

b) Die Wahl der Bahngattung und der Spurweite.

Bei mangelndem Ertrage einer Bahn wird man sich aber weiter auch die Frage vorlegen müssen, inwieweit man die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens durch entsprechende Wahl der Bahngattung und der Spurweite beeinflussen kann. Wir haben gesehen, daß die Größe des Aktienkapitals *K* für die Größe der Rente mitbestimmend ist. Es steht in engster Beziehung zum Anlagekapital der Bahn und dieses ist wiederum abhängig von den Forderungen, die das Gesetz an die baulichen Anlagebestandteile und die Betriebsführung stellt. Die größten Kapitalaufwendungen erfordern Hauptbahnen, sie sinken bei den Nebenbahnen und werden am kleinsten bei den Kleinbahnen. Sie sind weiter größer bei den vollspurigen Bahnen als bei den schmalspurigen, wenigstens soweit die Anlagen des Bahnweges in Frage kommen.

Die Anlagekosten für 1 km eingleisiger Bahn betragen²⁾:

Geländegestaltung	Vollspurige		Schmalspurbahnen mit der Spur von		
	Hauptbahnen Mk.	Nebenbahnen Mk.	1 m Mk.	0,75 m Mk.	0,60 m Mk.
Ebene . . .	130 000—180 000	35 000— 80 000	20 000— 40 000	15 000— 30 000	} 30 000 bis 40 000 i./M.
Hügelland .	150 000—260 000	50 000—120 000	30 000— 70 000	20 000— 50 000	
Mittelgebirge	240 000—400 000	80 000—200 000	50 000—110 000	40 000— 80 000	
Hochgebirge	340 000—600 000	200 000—400 000	80 000—280 000	60 000—200 000	

Auf Grund der Statistik der Kleinbahnen verhalten sich die Baukosten von Bahnen der Spurweiten von 1,435, 1,0, 0,75 und 0,60 m im Durchschnitt wie 1:0,67:0,58:0,33 und die Einnahmen wie 1:0,78:0,72:0,55.

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die kleinere Schmalspur nicht die gleiche Leistungsfähigkeit wie die größere und diese nicht annähernd die der Regelspur aufweist.

Die Betriebs- und Unterhaltungskosten stellen sich bei gleichartigen Verhältnissen für die drei ersten Spurweiten nicht wesentlich verschieden,

¹⁾ Risch: Verkehrssteigerung und Wirtschaftlichkeit bei Verkehrsunternehmungen. Organ Fortschr. Eisenbahnwes. 1923, H. 4, S. 66.

²⁾ Röhl: Enzyklopädie, 2. Aufl., Bd. II, S. 12.

sodaß sie bei einem Vergleich unberücksichtigt bleiben können, während die Betriebs- und Unterhaltungskosten der 0,60-m-Spurbahn eher etwas höher werden.

In Bezug auf die Kapitalaufwendungen für die Betriebsmittel (Wagen und Lokomotiven) stehen die Vollspurbahnen dadurch günstiger da, daß auf ihnen u. U. vorübergehender Bedarf an Wagen und Lokomotiven durch Anmieten von den Nachbarverwaltungen gedeckt werden kann.

Solche Beschränkungen bei der Beschaffung von Betriebsmitteln für Schmalspurbahnen sind meist nicht möglich, weil hier auf Nachbarverwaltungen im Bedarfsfalle nicht zurückgegriffen werden kann, also von vornherein ein Betriebspark für Spitzenleistungen vorgesehen werden muß. Trotzdem bleiben aber die gesamten Anlagekosten für Schmalspurbahnen in der Regel niedriger als für Vollspurbahnen.

Da infolge der einfacheren Betriebsweise auf Neben- und Kleinbahnen auch die Betriebskosten auf diesen Bahngattungen in der Regel niedriger gehalten werden können als auf Hauptbahnen, so wird man tatsächlich vom rein wirtschaftlichen Standpunkt die Rente dadurch günstig beeinflussen können, daß man die niedrigste Bahngattung wählt, die unter Berücksichtigung aller sonstigen Umstände betrieblicher und verkehrspolitischer Art zulässig ist. Das gilt aber zunächst nur für vollspurige Bahnen. Bei schmalspurigen Bahnen ist das Sinken der Betriebskosten mit dem Sinken der Baukosten beim Übergang zu einer schmaleren Spur nicht ohne weiteres gegeben. Beim Wechsel in der Spur kommt verteuern hinzu, daß die Güter umgeladen oder die Wagen auf Rollböcken befördert werden müssen. Dadurch ist auch die Leistungsfähigkeit der Schmalspurbahnen im Übergangsverkehr mit Vollspurbahnen sehr beschränkt, sodaß bei der Entscheidung über die Wahl der Spurweite nicht nur die Baukosten, sondern auch die Betriebskosten und die Leistungsfähigkeit der Bahn von ausschlaggebendem Einfluß sein werden.

Wo die rein wirtschaftlichen Fragen nicht in den Mittelpunkt der Untersuchung gestellt zu werden brauchen, da wird die Wahl der Bahngattung wie auch der Spurweite durch die Stellung der Bahn im übrigen Verkehrsnetz, ihre Entwicklungsmöglichkeiten und die dadurch bestimmten gegenwärtigen und zukünftigen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit bestimmt. Näheres hierüber bringt Abschnitt V, 1.

III. Eisenbahnfahrzeuge.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

1. Eisenbahnwagen.

a) Allgemeines.

So verschiedenartig auch die einzelnen Wagengattungen, die man nach dem Verwendungszweck in Personen- und Güterwagen einteilt, sind, so sind sie doch in vielen Punkten einheitlich ausgebildet. Der Grund hierfür liegt in dem Erfordernis einer unbeschränkten Übergangsfähigkeit der Wagen von einer Bahn auf eine andere gleicher Spurweite. Die Einheitlichkeit wird hauptsächlich gewahrt durch Bestimmungen in der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BO.), in der Militär-Eisenbahnordnung, in den technischen Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebenbahnen (TV.) und den Grundzügen für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokalbahnen (Grz.), sowie durch die Bestimmungen über die technische Einheit. Die einheitlichen Ausführungen erstrecken sich hauptsächlich auf die

Ausbildung der Zug- und Stoßvorrichtungen und der Federn, auf den Radstand und den Raddruck; auch ist eine besondere Umgrenzungslinie der festen Teile der Wagen für Haupt- und vollspurige Nebenbahnen (BO. § 28, TV. § 116) und für Lokalbahnen (Grz. § 77) vorgeschriebenen und damit die Querschnittsform der Wagen an bestimmte Maße gebunden.

Je nach der Wagengattung pflegen die Wagen besondere kurze Bezeichnungen zu erhalten, von denen nachstehend die bei den Reichsbahnen gebräuchlichsten angegeben sind:

1. Bezeichnung der Personenwagen:

A	=	Personenwagen	1. Klasse;
B	=	"	2. "
C	=	"	3. "
D	=	"	4. "
D ^b	=	"	4. " mit Sitzgelegenheit für alle Reisenden;
Pw	=	Gepäckwagen	für Personenzüge;
Pwg	=	"	Güterzüge;
W. L.	=	Schlafwagen	1./2. Klasse;
W. L. C.	=	"	3. "
W. R.	=	Speisewagen;	
ü	=	Übergang	mit Faltenbälgen;
i	=	Wagen	mit Plattform.

Bei den telegraphischen Wagenmeldungen ist für Wagen mit mehr als 2 Achsen die Achsenzahl in Buchstaben, die Wagenzahl in Ziffern zu schreiben und die Wagenzahl hinter die Gattung und Achsenzahl zu setzen. Bei D-Zugwagen ist die Beleuchtungsart anzugeben.

Beispiele: AB vier ü Gas 6. — BC vier ü el 1. — D drei i 5. — Pw 3.

2. Bezeichnung der Güterwagen:

α) Gedeckte Güterwagen.

- G = 2- oder 3-achsiger gedeckter Güterwagen mit 15 t Ladegewicht;
 GG = 4-achsiger gedeckter Güterwagen mit 30 t Ladegewicht;
 V = Gedeckter Güterwagen mit 15 t Ladegewicht, Lattenwände und zwei Böden mit Einrichtung zur Veränderung der Ladefläche (Kleinvihwagen);
 K = Kalkwagen mit 15 t Ladegewicht, Satteldach und Deckklappen.

β) Offene Güterwagen.

- O = Kohlenwagen, 2-achsiger offener Güterwagen mit 15 t Ladegewicht, Wänden von mehr als 40 cm Höhe und Einrichtung zum Kippen;
 OO = 4-achsiger Kohlenwagen mit mindestens 30 t Ladegewicht, Wänden von mehr als 40 cm Höhe und Einrichtung zum Kippen;
 R = Rungenwagen (großräumiger offener Güterwagen) mit 15 t Ladegewicht, mindestens 9,9 m Ladelänge, 40 cm hohen Wänden und langen hölzernen Rungen;
 S = 2- und 3-achsiger Schienenwagen (langer offener Güterwagen) mit 15 t Ladegewicht, aushebbaren Stirnwänden bis 40 cm Höhe, eisernen Seitenrungen und 13 m Ladelänge;
 SS = 4- oder mehrachsiger Schienenwagen (langer offener Güterwagen) mit mindestens 35 t Ladegewicht, eisernen Seitenrungen und 15 m Ladelänge;
 H = Holzwagen mit mindestens 15 t Ladegewicht, eisernen Seitenrungen und Wendeschemeln mit Zinken;
 X = Arbeitswagen mit 15 t Ladegewicht, ohne Einrichtung zum Kippen.

Durch Zusätze von kleinen Buchstaben pflegen dann noch bezeichnet zu werden: die Höhe der Wände, die Ladefläche, Ladelänge und das Ladegewicht, ob nur für Güterzüge geeignet, ob mit Plattformen an den Stirnwänden, ob mit Luftbremse oder -leitung, mit Postabteil oder ähnl.

Jeder Wagen besteht aus einem eisernen Untergestell und dem Obertheil oder Kastengerippe, das für die einzelnen Wagenarten verschiedenartige Ausbildung erhält. Das Untergestell ist gebildet aus einem Rahmen (vgl. Abb. 1), der unmittelbar oder durch Drehgestelle die Achsen aufnimmt und die Zug-

und Stoßvorrichtungen trägt. Der Rahmen besteht aus Längsträgern, Kopfstücken und den die Längsträger versteifenden Querträgern und Diagonalstreben.

Die Räder sind unverrückbar auf der Achse befestigt, sie bilden also im Gegensatz zu der Bauart der Straßenfahrwerke mit der Achse ein festes

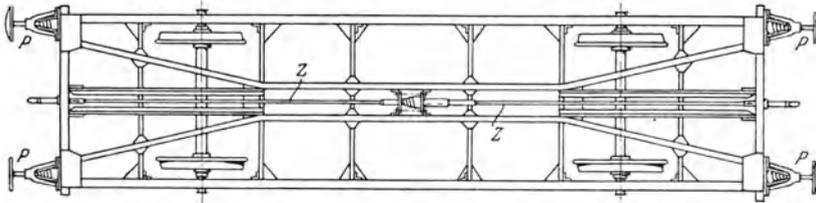


Abb. 1. Untergestell eines Eisenbahnwagens.

Ganzes. Die Räder werden nach Abb. 2 durch innenliegende Spurkränze auf den Schienen geführt. Der lichte Abstand der Räder einer Achse beträgt zwischen dem Radreifen 1360 mm. Die Laufflächen der Räder verjüngen sich in neugedrehtem Zustande von der Spurkranzhohlkehle nach außen hin kegel-

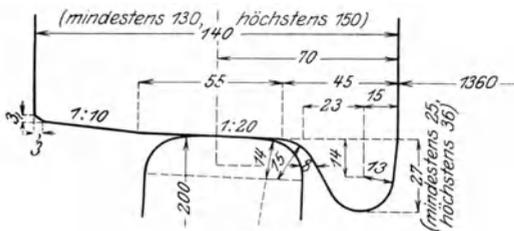
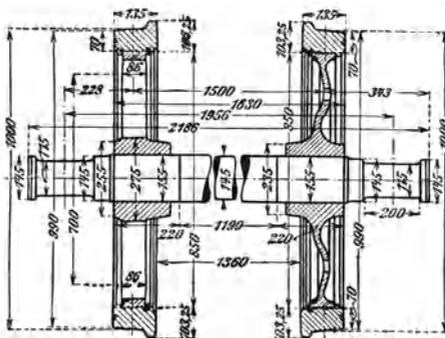


Abb. 2.

förmig. Diese Verjüngung¹⁾ erfolgt am Spurkranz in einer Neigung 1:20, weiter außen in der Neigung 1:10. Bei Kleinbahnen, so u. a. auch bei der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, ferner bei sämtlichen Bahnen in den Vereinigten Staaten von Amerika werden zylindrische Radreifen verwendet. Die Breite der Radreifen soll mindestens

130 und höchstens 150 mm, ihre Stärke mindestens 25 mm sein; der Spielraum der Spurkränze im regelspurigen Gleise soll, abgesehen von Mittelrädern, mindestens 10 mm und höchstens 25 mm betragen (BO. § 31). Abb. 3a/b stellt Räder und Wagenachse der Deutschen Reichsbahn dar. Die Räder werden als Speichenräder (Abb. 3a) oder Scheibenräder (Abb. 3b) hergestellt. Sie sind mit einem aufgezo-

gen Reifen versehen. Für die Befestigung des Radreifens auf dem Radkörper werden vorwiegend Sprengringe verwendet.



a) Speichenräder. b) Scheibenräder.

Abb. 3a/b. Räder und Wagenachse der Reichsbahn.

Auf den äußeren Schenkeln der Achse ruht bei den zwei- und dreiachsigen Wagen mit Lagern und Federn das Untergestell. Der feste Radstand der Wagen richtet sich nach den kleinsten Bahnkrümmungen. Er darf, abgesehen von Drehgestellen, bei neuen Fahrzeugen der Haupt- und Nebenbahnen 4,5 m nicht übersteigen und

muß mindestens 2,5 m betragen. Sind mehr als zwei Achsen in einem gemeinsamen Rahmen gelagert, so müssen ferner, wenn der Radstand über 4 m

¹⁾ Über den Zweck der konischen Form der Laufflächen der Räder vgl. S. 150, unten.

beträgt, die Mittelachsen derart verschiebbar sein, daß Krümmungen von 180 m Halbmesser anstandslos durchfahren werden können (BO. § 30).

Da der Raddruck für Haupt- und Nebenbahnen bei der größten Beladung im allgemeinen nicht mehr als 7 t betragen soll (vgl. S. 227), so werden neben der üblichen Bauart der zweiachsigen Wagen zur Beförderung schwerer Güter und für Personenwagen drei-, vier- und sechsachsige Wagen verwendet.

Nach der Ausbildung der Achsen mit Bezug auf das Befahren der Krümmungen unterscheidet man Wagen mit festen Achsen, ferner mit Lenkachsen, mit verschiebbaren Mittelachsen und mit Drehgestellen. Zur Vermeidung des Klemmens der Wagen in den Krümmungen muß bei langem Radstand eine gewisse Beweglichkeit möglich sein. Um diese zu erreichen, erhalten die zwei- oder dreiachsigen Wagen durch Lenkachsen so viel Spiel in den Führungen am Untergestell, daß sich jede Achse beim Befahren von Gleiskrümmungen möglichst zwanglos radial einstellen kann und nach Durchfahren der Krümmungen selbsttätig wieder in ihre gewöhnliche Stellung zurückkehrt. Der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen hat eine einheitliche Regelung der Frage der Lenkachsen durchgeführt (Vereinslenkachse). Das wesentliche Merkmal der Lenkachsen ist eine besondere Aufhängung der Tragfedern und ein Spielraum der Achsbuchse in den Achshaltern. Das Spiel, das die Achse in ihrer Führung hat, ist bei kleinem Radstande gering, bei großem bedeutend. Nach der Art der Einstellung unterscheidet man sog. freie Lenkachsen, bei denen sich jede Wagenachse unabhängig von den übrigen radial einstellen kann und gekuppelte Lenkachsen, die so miteinander verbunden sind, daß sie sich nur gleichzeitig und symmetrisch zur Mitte des Radstandes einstellen können. Die ersteren haben sich besser bewährt. Während Güterwagen mit kleinerem Radstand (bis 4 m) meist feste Achsen erhalten, werden solche mit größerem Radstand ($\geq 4,5$ m) mit Lenkachsen ausgebildet; ebenso erhalten die Endachsen der zwei- und dreiachsigen Personenwagen wegen ihres verhältnismäßig großen Radstandes meist Lenkachsen.

Bei Wagen mit mehr als zwei Achsen in einem gemeinsamen Rahmen, also besonders den dreiachsigen Wagen muß, wenn die Räder der Mittelachsen Spurkränze besitzen, außerdem noch für eine genügende Verschiebbarkeit der Mittelachse in der Querrichtung des Wagens Sorge getragen werden. Diese Querverschiebbarkeit beträgt bei dreiachsigen Wagen je nach der Größe des zwischen 4,5 und 10 mm schwankenden Radstandes 5—63 mm.

Bei Drehgestellen, die besondere Sicherheit gegen Entgleisen bieten, sind eiserne Untergestelle vorhanden, die in der Mitte auf einem Querträger einen Drehteller und an den Seiten Gleitplatten tragen, durch die das Gewicht des Untergestells mit dem Wagenkasten auf die Drehgestelle übertragen wird. Die Drehgestelle sind meist zwei-, bei den neueren preußischen Schlafwagen durchgängig und bei Speise- und Salonwagen häufig dreiachsig. Hauptsächlich sind zwei Bauarten vertreten: Drehgestelle, bei denen die Achsen die Belastung durch Blattfedern erhalten, die unmittelbar auf den Achslagern angeordnet sind (die gewöhnliche Bauart) und solche, bei denen die Achsen durch einen die Achslager verbindenden Träger (den sog. Schwanenhalsträger) belastet werden, der seinerseits die Belastung durch Spiralfedern aufnimmt (amerikanische Drehgestelle). Letztere ermöglichen im allgemeinen einen ruhigeren Lauf der Wagen als die ersteren.

Bei den meisten Eisenbahnverwaltungen werden zwei- und dreiachsige Wagen bevorzugt, weil sie leicht und daher für schwächeren Verkehr am geeignetsten sind und auch auf Strecken mit stärkeren Neigungen und Krümmungen gut laufen. Wagen mit 3 Achsen in einem gemeinsamen Rahmen laufen dagegen auf ebenen Strecken mit größerer Geschwindigkeit ruhig und werden deshalb besonders bei Flachlandbahnen und größeren Geschwindig-

keiten gern benutzt. Wagen mit Drehgestellen werden verwendet, sobald die Wagenlänge zu groß wird und ein besonders ruhiger Lauf der Wagen erwünscht ist. Die größte Wagenlänge für Drehgestellwagen soll 21 m (TV. § 125) nicht überschreiten, eine Länge, die von den sechsachsigen Personenwagen annähernd erreicht wird.

Die Zug- und Stoßvorrichtungen bestehen aus der Zugstange mit Zughaken, den Kupplungen und den Puffern.

In der Längsrichtung läuft durch das Untergestell die Zugstange (Z in Abb. 1) hindurch¹⁾. In der Regel ist in der Mitte der Zugstange — bei Drehgestellwagen oft an zwei symmetrisch gelegenen Stellen — der Wagen mit-

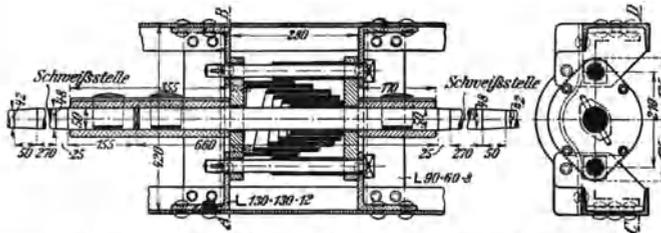


Abb. 4. Durchgehende Zugstange mit Aufhängung.

tels einer Zugvorrichtung nach Abb. 1 und 4 federnd an der Zugstange (Z in Abb. 1) befestigt, so daß die Feder nur die Zugkraft für den betreffenden Wagen zu übertragen hat. Hierdurch werden beim Anziehen Stöße auf den Wagenkasten vermieden. An den Enden der Zugstange befindet sich je ein Zughaken mit den Schrauben- und Sicherheitskupplungen (Abb. 5), die für die Fortbewegung erforderlichen Zugkräfte übertragen. Die neuen Zugvorrichtungen sollen bis zu 20 t beansprucht werden können. Durch die gebräuchlichen Kupplungen werden Fahrzeuge in doppelter und voneinander unabhängiger Weise so miteinander verbunden, daß bei Bruch der angespannten Schraubenkupplung die Sicherheitskupplung in Wirksamkeit tritt. Bei Güterzügen werden, um lange Züge leichter in Bewegung setzen zu können, die Kupplungen nicht fest angespannt, während in Personenzügen, um ein ruhiges Fahren zu sichern, die Wagen fest miteinander gekuppelt werden. Die in Amerika übliche selbsttätige Mittelkupplung, die gegenüber der in Europa gebräuchlichen manche Vorzüge, besonders die der Personalersparnis,

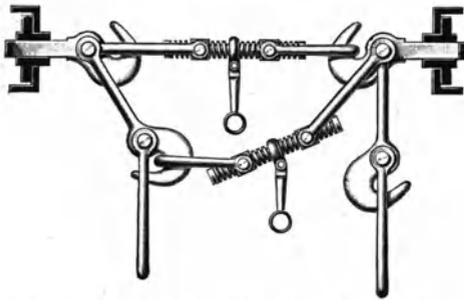


Abb. 5. Schrauben- und Sicherheitskupplung.

aber auch den Mangel der fehlenden Sicherheitskupplung als Reserve aufweist, wird sich in Europa der bedeutenden Kosten wegen nicht mehr allgemein einführen lassen. Nur auf Bahnen, bei denen ein Übergangsverkehr nicht in Betracht kommt, wie bei Schmalspurbahnen, ist sie auch in Europa vielfach angewendet werden.

Die in der Längsrichtung auftretenden Druckkräfte und Stöße werden von den Stoßvorrichtungen (Puffern, P in Abb. 1 und Abb. 6) aufgenommen. Man unterscheidet die Ein- und die in Europa im allgemeinen übliche Zweipufferanordnung. Von dem Fahrzeug aus gesehen ist die Stoßfläche des rechten

¹⁾ Die Wagen der amerikanischen Bahnen haben keine durchgehende Zugstange.

Puffer gewölbt, die des linken eben, sodaß bei zwei aneinander gekuppelten Fahrzeugen immer ein gewölbter Puffer einen ebenen berührt. Hierdurch wird eine Berührung der Puffer nach der Mitte zu gewährleistet und eine ungünstige Biegungsbeanspruchung der Puffer vermieden. Gegen den Rahmen sind die Puffer zur Aufnahme der Stöße abgefedert.

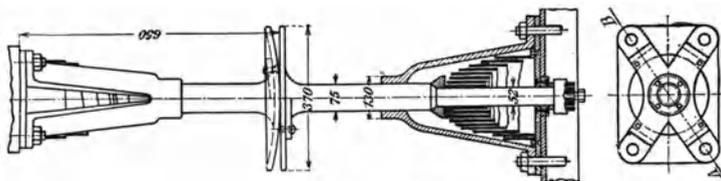


Abb. 6. Puffer.

Die Wagen sind entweder derart gebaut, daß Wagenkasten und Untergestell getrennte Teile bilden, wie bei den zwei- und dreiachsigen Wagen, oder derart, daß Untergestell und Wagenkasten ein Ganzes bilden, eine Bauart, die bei den mit Drehgestellen ausgerüsteten D-Zugwagen verwendet wird.

Die Wagen werden teils mit, teils ohne Bremsen gebaut (vgl. S. 177 u. 178).

b) Personenwagen.

Die Personenwagen, zu denen auch die Gepäck- und Postwagen gerechnet werden, werden nach der Anzahl der Achsen als zwei-, drei-, vier- und sechsachsige ausgeführt.

Der Wagenkasten besteht meist aus einem Eichenholz-, seltener, aber neuerdings in zunehmendem Maße aus einem Eisengerippe, das außen in der Regel (bei Eisengerippe immer) mit Blech, zuweilen auch mit Holz verkleidet wird, während innen an den Wänden, dem Dach und an dem Fußboden eine Holzverschalung angebracht ist. Die Zwischenwände werden zum Schutz gegen Kälte mit Holzwohle ausgefüllt, die gegen Feuersgefahr besonders imprägniert wird. Das häufig mit einem Lüftungsaufbau ausgestattete Dach ist in der Regel gewölbt und mit Segeltuch überzogen.

Bei den ohne besonderes Untergestell ausgeführten großen Drehgestellwagen müssen die Längswände tragend hergestellt werden, und zwar wird das Gerippe nach Art der Brückenfachwerksträger in Holz mit Flacheisendiagonalen, neuerdings auch in Eisen als vereinigt Fachwerk-Blechträger ausgebildet. Zur weiteren Versteifung der tragenden Wände sind bei hölzernen Wagen unter den Längsträgern Sprengwerke vorgesehen, die sich bei dem besseren Eisenverband erübrigen.

Nach der Ausstattung der Personenwagen unterscheidet man Wagen 1., 2., 3. und 4. Klasse und nach der Bauart des Wagenkastens Abteil- und Durchgangswagen.

Die Abteilwagen haben Eingänge an den Langseiten und werden besonders in den Personen- und Eilzügen verwendet. Sie bieten gegenüber den Durchgangswagen den Vorteil, daß das Ein- und Aussteigen schneller möglich ist und die im Zuge Sitzenden durch das Aufsuchen der Plätze weniger belästigt werden. Veranlaßt durch Überfälle auf Reisende werden schon seit einigen Jahren zwischen den Abteilen Verbindungstüren oder offene Durchgänge hergestellt, wodurch auch ein besserer Ausgleich der Besetzung ermöglicht wird.

Die Durchgangswagen sind mit Türen an den beiderseitigen Wagenenden versehen, sie haben stets einen inneren Gang und am Kopfe Übergangseinrichtungen, so daß man durch den ganzen Zug gehen kann. Die Wagen haben den Vorteil, daß die Fahrkartenprüfung während der Fahrt

vor sich gehen kann, daß sie im Winter wegen der geringen Türzahl nicht so schnell abkühlen und daß die Überwachung des Zuges durch die Beamten leichter möglich ist. Sie kommen in zwei Ausführungsarten vor: als zwei- und dreiachsige Durchgangswagen zur Verwendung bei geringem Verkehr (Nebenbahnen) — die meist nur für die Bahnbeamten bestimmten Übergänge an den Kopfen zwischen den Wagen sind dann offen — und als D-Zugwagen, die in die Schnellzüge eingestellt werden und mit auch für die Reisenden bestimmten Übergängen versehen sind, die durch einen ausziehbaren Faltenbalg geschlossen werden. Sie werden meistens des ruhigen Laufens wegen als lange Wagen mit Drehgestellen gebaut.

Die Abteilwagen sind schmaler als die Durchgangswagen, weil die nach außen aufschlagenden, 60—65 cm breiten Türen bei Mittelstellung im graden Gleis nicht über die Umgrenzung des lichten Raumes hinausragen dürfen (BO. § 28). Die Durchgangswagen sind an ihren Enden, wo sich die Eingangstüren befinden, verschmälert. Die größte Wagenbreite beträgt 3,15 m.

Eine Abart der D-Zugwagen sind die Schlaf-, Speise-, Salon-, Aussichts- und Besichtigungswagen, ferner die Ärzte- und Hilfsbereitschaftswagen, die bei Unfällen verwendet werden.

Nachstehende Zusammenstellung¹⁾ gibt Achs- und Platzzahl, Eigengewicht und das außerordentlich stark schwankende tote Wagengewicht auf einen Platz²⁾ für einige Wagengattungen der preußisch-hessischen Staatsbahnen an. Das tote Wagengewicht ist bei den Personenwagen, wo dem Reisenden ein ausreichender Raum zur Verfügung gestellt werden muß, mit der besseren Ausstattung der Wagen immer größer geworden.

Wagengattung	Achszahl	Anzahl der Plätze	Eigengewicht in t	Das auf 1 Platz entfallende Eigengewicht in kg
Abteilwagen 3. Kl. . . .	3	50	19,3	386
„ „ 1./2. Kl. . . .	3	30	20,4	680
„ „ 1./3. Kl. . . .	4	56	35,6	636
D-Zugwagen 3. Kl. . . .	4	68	44,2	650
„ „ 1./2. Kl. . . .	4	38	41,9	1100
Schlafwagen	6	20	55,2	2760

Die Beleuchtung der Wagen erfolgte früher allgemein durch Mischgas, das aus 75 Teilen Ölgas und 25 Teilen Acetylgas besteht. Das Ölgas wurde dem Steinkohlengas vorgezogen, weil letzteres bei Kompression an Leuchtkraft verliert. Auf der Reichsbahn ist die Mischgasbeleuchtung nach allgemeiner Einführung der Gasglühlichtbeleuchtung beseitigt worden. Diese wird jetzt in großem Umfange verwendet, und zwar nach der Bauart Pintsch mit hängendem Glühlicht, dessen Gasverbrauch und Lichtmenge sich günstiger als beim stehenden Glühlicht gestaltet. Während des Krieges ist man in Deutschland zur Steinkohlengasbeleuchtung übergegangen; wie bei dem kurz zuvor versuchsweise eingeführten Preßgas und wie beim Glühlicht überhaupt, ist das Gas nur noch Wärmeerzeuger; das Preßgas gestattet sehr kleine Glühkörper bei hoher Leuchtkraft. Als dritte Beleuchtungsart ist die elektrische Beleuchtung unter Verwendung von Metallfadenlampen im Gebrauch. Sie kommt besonders bei den Schlafwagen, in Deutschland jetzt ziemlich allgemein bei den D-Zugwagen, in Betracht.

¹⁾ vgl. Merkbuch für die Fahrzeuge der preußisch-hessischen Staatseisenbahnverwaltung. Ausgabe 1915, Neudruck 1921.

²⁾ Das Gewicht für einen Reisenden veranschlagt man im Durchschnitt zu 75 kg, einschl. Gepäck zu 85 kg.

Man unterscheidet im einzelnen:

1. Die Einzelwagenbeleuchtung durch Sammler (Akkumulatoren); sie hat den Vorteil der Einfachheit, aber den Nachteil der Abhängigkeit von Ladestationen. Sie wird in Post- und D-Zugwagen verwendet.

2. Die Einzelwagenbeleuchtung durch Stromerzeuger, indem für jeden Wagen eine vollständige Stromerzeugungs- und Verteilungsanlage angeordnet wird; sie ist bei den Schlaf- und Salonwagen der preußisch-hessischen Staatsbahn in Gebrauch.

Die Heizung der Wagen geschieht durch Wärmflaschen, Öfen, Gas, Warmwasser; in der Regel wird jedoch mit Dampf geheizt, der der Lokomotive oder besonderen in langen Zügen mitgeführten Heizkesselwagen entnommen wird. Die Lüftung geschieht durch Lüftungsklappen über den Fenstern und durch Sauger, die die verbrauchte Luft an den höchsten Stellen des Daches abziehen.

Um die Leitungen für Bremsen, Heizung, Beleuchtung und Klingeleitung von einem Wagen zum anderen durchführen zu können, werden die Wagen durch Brems-, Heiz- und Kabelkuppelungen verbunden.

Die Gepäckwagen werden als zwei-, drei- und vierachsige Wagen, die letzteren nach Art der D-Zugwagen mit Drehgestellen gebaut. Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Personen- und Güterzuggepäckwagen. Die Güterzuggepäck- oder Packwagen kommen im Gegensatz zu den Personenzuggepäckwagen für den eigentlichen Gepäckverkehr kaum in Betracht, sie dienen vielmehr zur Beförderung des Zugbegleitpersonals und zu dessen Unterbringung während des Aufenthalts auf den Stationen. Sie sind daher mit einem heizbaren Dienstraum für den Zugführer und Packmeister ausgerüstet. Der Sitz für den Zugführer ist hoch angebracht, um ihm die Möglichkeit zu geben, durch die Fenster des erhöhten Daches die Signale während der Fahrt beobachten zu können. Die Personenzuggepäckwagen sind meist mit seitlichen Schiebetüren versehen und mit einem Hundeabteil und Abort ausgerüstet.

Die Postwagen sind in der Regel Eigentum der Postverwaltung. Auch sie werden als zwei-, drei- und vierachsige, als Abteil- und D-Zugpostwagen gebaut und haben besondere Räume für den Brief- und für den Paketdienst.

Bei geringem Verkehr kommen gemeinsame Gepäck- und Postwagen vor.

c) Güterwagen.

Unter Güterwagen versteht man die zur Beförderung von Gütern und Tieren bestimmten Eisenbahnwagen. Nach der Bauart teilt man sie ein in offene und gedeckte Güterwagen, letztere mit geschlossenem Wagenkasten und festem Dach.

Die offenen Güterwagen werden unterschieden nach dem Vorhandensein oder Fehlen von Bordwänden. Plattformwagen haben ganz niedrige Bordwände oder gar keine, zuweilen sind sie mit Rungen aus Holz oder Eisen ausgerüstet. Sie werden für die Beförderung von Trägern, Schienen, Holz u. dergl. verwendet. Niederbordige Wagen werden zur Verladung von schweren Gütern von geringer Höhe, hochbordige Wagen für sperrige Ladungen und Großvieh benutzt. Die Mehrzahl der Wagen hat eine mittlere Bordhöhe von 1—1,2 m. Die Bordwände werden bei Kohlen- und Kokswagen in der Regel aus Preßblech oder Buckelplatten hergestellt.

Zu den offenen Wagen gehören im besonderen die Schienenwagen, Geschützwagen, Langholz- oder Schemelwagen und die verschiedenen Selbstentlader (Boden-, Seitenentlader, Trichterwagen usw.), wie sie seit einigen Jahren für Schüttgüter (Kohle, Erze und ähnliches) vielfach Verwendung finden.

Bei ihnen ist der Wagenkasten durch schräge Wände so ausgebildet, daß die Güter durch seitliche oder Bodenklappen selbsttätig herausrutschen können, wodurch die Entladung sehr schnell vor sich geht.

Den offenen Wagen werden auch die mit schließenden Klappdeckeln versehenen Deckelwagen zugerechnet, die hauptsächlich für den Versand von Salz und Kalk verwendet werden. Für die Beförderung von Flüssigkeiten und Gas stehen besondere Kessel-, Säure- und Gaswagen in Benutzung.

Die gedeckten Güterwagen (vgl. Abb. 7) sind hauptsächlich zur Beförderung von Stückgütern und Tieren bestimmt. Die Wagenkästen bestehen aus einem Holz- oder häufiger Eisengerippe mit innenliegender Verschalung und Schiebetüren. Die Wagen sind meist darauf eingerichtet, nach Bedarf zur Beförderung von Militär und Pferden verwendet zu werden, und weisen daher Latten zur Aufnahme von Sitzbrettern, Vorkehrungen zum Aufhängen von Gepäckstücken, Anbinderinge für Vieh und ähnliches auf. Die Viehwagen erhalten größere Luftöffnungen und meist Wände mit Fugen; für Kleinvieh werden Wagen mit Lattenwänden und Böden in verschiedenen Höhen, sogenannte doppelbödigte Wagen gebaut.

Als gedeckte Wagen besonderer Art kommen vor: Wärmeschutz- und Kühlwagen zur Beförderung von Fleisch, Butter usw., ferner Fisch-, Bier-, Milchwagen u. a.

Zu den Güterwagen gehören auch die meisten Bahndienstwagen, die die Bahnverwaltungen für ihre eigenen dienstlichen Zwecke gebrauchen. Es sind dies Arbeits- und Bauwagen zur Beförderung von Boden, Schotter, Schwellen, ferner Kies- und Schlackenwagen, Profil-, Kran-, Bahnmeister- und Tunnelbeleuchtungswagen sowie Schneeschleudern.

Wagengattung	Abgekürzte Gattungsbezeichnung	Achszahl	Größter und Drehgestellradstand m	Gewicht		Eigengewicht auf 1 t Ladung in kg
				Eigengewicht t	Ladegewicht t	
Offener Güterwagen	O	2	4,0	8,4	15,0	560
Rungenwagen (Verbandswagen)	R	2	6,5	9,79	15,0	653
Holzwagen	Hos	2	4,5	8,5	15,0	567
Schienenwagen . .	SS	4	12,0	17,1	35,0	489 ¹⁾
Kohlentrichterwagen mit Bodenentladung	Otw	2	2,8	7,5	12,5	600
Talbotscher Selbstentlader	Omt	2	4,5	9,5	20,0	475
Kalkwagen (Verbandswagen) . .	K	2	3,0	8,15	15,0	543
Offener Viehwagen (Hochbordwagen)	Ovw	2	4,0	7,3	10,0	730
Gedeckter Viehwagen für Großvieh	Gvwn	2	4,0	10,5	10,0	1050
Gedeckter Güterwagen	G	2	4,5	9,3	15,0	620
Wärmeschutzwagen	Gkwn	3	7,0	17,45	10,0	1745

Das Ladegewicht der Güterwagen, d. h. das Gewicht der größten zulässigen Nutzlast ist dauernd gestiegen. Es betrug früher 10 t, während die neuen Wagen selten mit weniger als 15 t Nutzlast gebaut werden. Das Ladegewicht einiger Wagen besonderer Art geht sogar bis auf 35 t herauf. Wagen mit mehr als 20 t Ladegewicht müssen drei- und vierachsrig gebaut werden. Das Eigengewicht ist im Verhältnis zum Ladegewicht und Laderaum

¹⁾ 15 m Ladelänge.

möglichst klein zu halten. Jedoch ist das durchschnittliche Eigengewicht mit Rücksicht auf einen festen und sicheren Bau der Wagen im Zunehmen begriffen. Immerhin ist es im Verhältnis zu den Personenwagen gering, bei

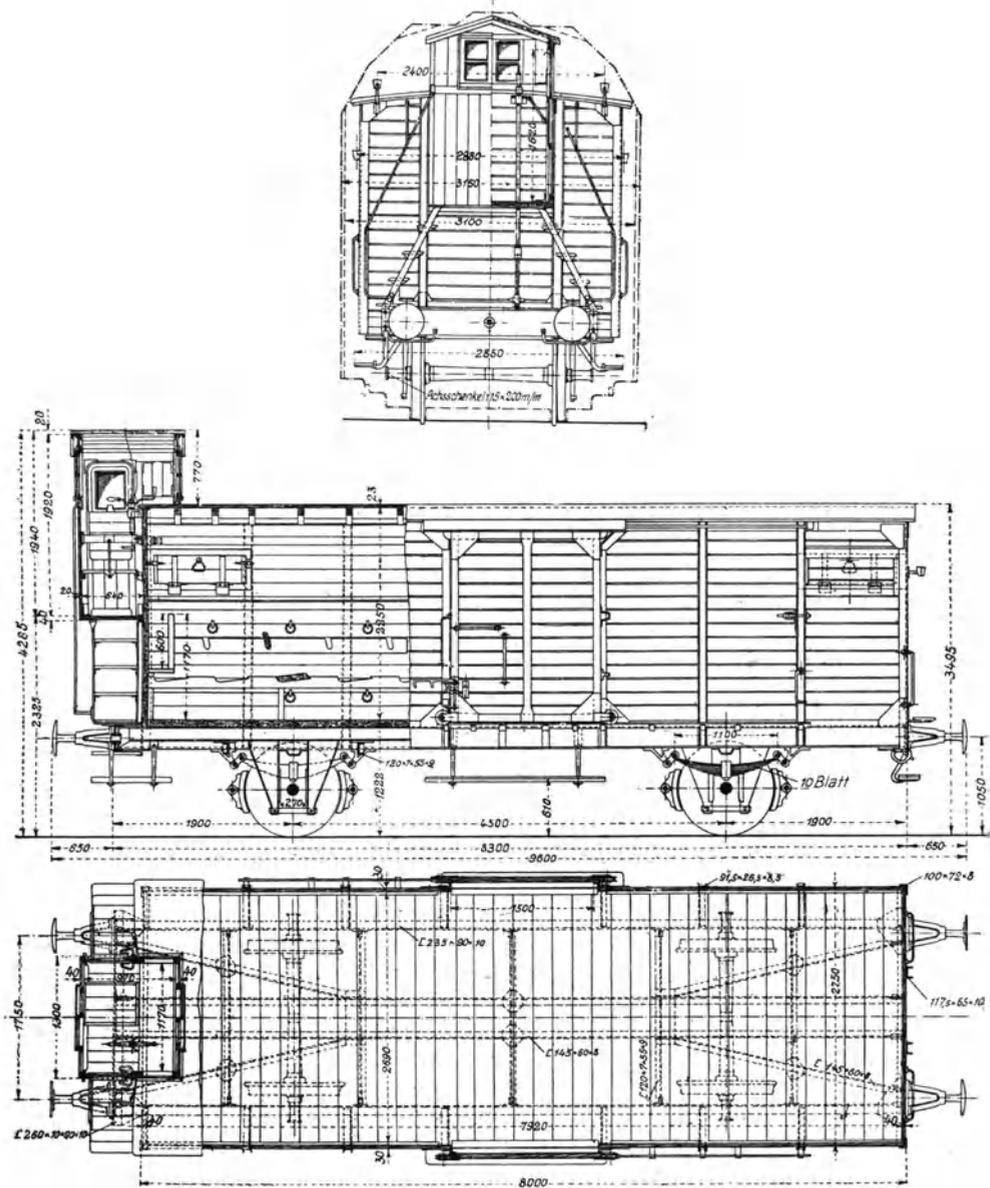


Abb. 7. Gedeckter Güterwagen.

denen auf das gleiche Gesamtgewicht berechnet nur $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{40}$ der Nutzlast der Güterwagen befördert wird. Die nebenstehende Tafel (S. 122) gibt in den letzten drei Spalten das Eigen- und Ladegewicht, sowie das auf eine t Ladung kommende Eigengewicht einiger üblicher Wagenbauarten der Deutschen Reichsbahn an.

Um Ausbesserungen der Wagen an jeder beliebigen Stelle leichter vornehmen zu können, werden innerhalb des deutschen Staatsbahn-Wagenverbandes neuerdings einheitliche Wagengattungen angestrebt, von denen einige bereits eingeführt und in der obigen Zusammenstellung angegeben sind.

Etwa ein Drittel aller Güterwagen ist als Bremswagen mit Bremsvorrichtungen ausgerüstet. Durchgehende Bremsen für Güterzüge, die in den Vereinigten Staaten von Amerika in großem Umfange angewendet sind, werden auch in Deutschland jetzt eingeführt (vgl. S. 178).

Die Wagen der Schmalspurbahnen weisen vielfach wegen der engen Umgrenzungslinien und der Notwendigkeit einer möglichst tiefen Anordnung des Schwerpunktes (zur Erzielung ausreichender Standsicherheit in Kurven) von den regelspurigen Wagen abweichende Bauarten auf. Mit Rücksicht auf die kleineren Krümmungen, stärkeren Steigungen und den geringen zulässigen Raddruck bei Schmalspurbahnen werden die Schmalspurwagen leichter und entweder mit sehr geringen, festen Radständen, mit Lenkachsen oder am besten mit Drehgestellen ausgerüstet. Der Bau der Personenwagen ist besonders mit Rücksicht auf einen ruhigen Gang der Fahrzeuge nicht immer ganz leicht. Zu breite Wagenkästen können leicht ein Schwanken der Wagen verursachen. Die Personenwagen erhalten in der Regel einen Mittelgang mit Längs- oder Quersitzen und äußere, meist für den Aufenthalt der Reisenden bestimmte Plattformen. Da für die Lokalbahnen der Spurweiten von 0,60, 0,75 und 1,0 m Raddrucke von 3,5, 4,0 und 4,5 t empfohlen werden (Grz. § 41), so beträgt das Ladegewicht der Güterwagen nur selten 10—15 t, meist 5—7,5 t. Das Verhältnis zwischen Ladegewicht (Nutzlast) und Eigengewicht der Wagen läßt sich auf Bahnen mit Schmalspur im allgemeinen¹⁾ günstiger gestalten als auf regelspurigen Bahnen, weil man bei ersteren die Wagen leichter bauen kann.

Über Rollböcke und Breitsprechers Umsetzvorrichtung im Verkehr mit Bahnen verschiedener Spur s. S. 188.

2. Lokomotiven und Tender.

a) Allgemeines.

Die Lokomotive ist eine sich selbst und den angehängten Zug fortbewegende Kraftmaschine, die bei den Reibungsbahnen hauptsächlich durch Dampf und Elektrizität betrieben wird. Die Dampflokomotive beherrscht noch heute die Zugförderung auf den Haupt- und Nebenbahnen, wenn auch der elektrische Bahnbetrieb neuerdings mit ihr in Wettbewerb zu treten beginnt.

Von den nicht durch Dampf betriebenen Lokomotiven sind neben den Seite 139 besonders behandelten elektrischen Lokomotiven folgende zu erwähnen: Die feuerlosen Lokomotiven, die auf Strecken, wo durch Dampflokomotiven leicht Feuer entstehen kann (Pulverfabriken, große Holzlager u. ähnl.) oder wo Rauchbelästigung vermieden werden soll (Bergwerke und Tunnel) verwendet werden; sie werden durch Dampf, aus hochoberem Wasser, das in einem Kessel aufgespeichert wird, betrieben. Ferner Druckluftlokomotiven, bei denen die angesammelte Druckluft von hoher Spannung als Betriebskraft verwendet wird. Benzin, Spiritus- und Petroleumlokomotiven

¹⁾ Eine Ausnahme bilden Wagen für besonders kleine Spurweiten, die zur Erzielung der erforderlichen Standfestigkeit gegen Wind mit Ballast ausgerüstet werden müssen (vgl. S. 186, unten).

kommen nur für Bahnen untergeordneter Bedeutung (Feld- und Grubenbahnen) vor.

Bei den Dampflokomotiven kann man nach der Betriebsart für Eisenbahnen unterscheiden zwischen Reibunglokomotiven, Zahnradlokomotiven und vereinigte Reibungs- und Zahnradlokomotiven. Die Reibungsdampflokomotiven teilt man wiederum ein in solche für Haupt-, Neben- und Kleinbahnen (besonders Schmalspurbahnen), nach dem Verwendungszweck ferner in Schnellzug- und Personenzuglokomotiven, Güterzug-, Verschiebe- und Tenderlokomotiven sowie in Gebirgslokomotiven und nach der Dampfart in Naßdampf- und Heißdampflokomotiven und nach der Art der Dampfausnutzung in Zwillings- und Verbundlokomotiven.

Auch für die Bauart der Lokomotiven und Tender sind ebenso wie für die Eisenbahnwagen mit Rücksicht auf einen Übergang auf andere Bahnen gleicher Spurweite Vorschriften in der BO., den TV., den Grz. und den Bestimmungen für die technische Einheit festgelegt. Insbesondere ist der größte Raddruck für Hauptbahnen neuerdings auf 8,5 t begrenzt und eine Umgrenzungslinie für die festen Teile der Lokomotiven und Tender für Haupt- und vollspurige Nebenbahnen (BO. § 28 und TV. §§ 86 und 108) sowie für Lokalbahnen (Grz. §§ 49 und 69) vorgeschrieben.

Die Lokomotiven werden nach den vorhandenen Trieb- und Laufachsen benannt, und zwar gab man nach der älteren deutschen Bezeichnung die Zahl aller gekuppelten Achsen zur Zahl der Gesamtachsen als Bruch an (vgl. Tabelle S. 130/131, Spalte 3). Nach einer im Jahre 1908 innerhalb des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen eingeführten zweckmäßigeren Bezeichnung — weil auch die Stellung der Laufachsen darin zum Ausdruck gelangt — drückt man die Laufachsen durch Zahlen, die Kuppelachsen durch große Buchstaben aus, indem „1“ eine Laufachse, „2“ zwei Laufachsen usw., „A“ eine Triebachse, „B“ zwei usw. bezeichnen. In der Tabelle, Spalte 5 geben die kleinen Kreise die Lauf-, die großen die Triebachsen an, der Schornstein der Lokomotive ist hierbei links gedacht. Dann bezeichnet z. B. 2 C eine Lokomotive mit zwei vorderen Lauf- und drei hinteren Triebachsen. Im Bereich der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn wird diese Bezeichnungsweise zuweilen noch ergänzt durch H für Heißdampf, SL für Schnellzuglokomotiven, PL für Personenzuglokomotiven, GL für Güterzuglokomotiven und TL für Tenderlokomotiven; man schreibt also z. B. 2 B HSL; ferner bezeichnet die Reichsbahn neuerdings z. B. die 4/6 gekuppelte Personenzuglokomotive von 17 t Achsdruck (bisher P 10 benannt) mit P 46₁₇.

Die Hauptteile der Dampflokomotive sind: Der Kessel mit Feuerung und Zubehörteilen, die Dampfmaschine (Triebwerk und Steuerung) und der Rahmen mit Achsen, Rädern, Achslagern und Federn. Zu der Lokomotive gehört ferner noch, da größere Wasser- und Brennstoffvorräte mitzuführen sind, ein eng mit der Lokomotive gekuppelter besonderer Wagen, der Schlepp-tender. Lokomotiven, die den Kohlen- und Brennstoffvorrat mit sich führen, nennt man Tenderlokomotiven; sie haben den Vorteil, daß sie ohne Drehung bei gleich guter Streckenübersicht vor- und rückwärts fahren können.

Das Leergewicht der Lokomotiven schwankt bei regelspurigen Bahnen zwischen 25 und 80 t, während das Gewicht der dienstbereiten Lokomotiven 30—100 t beträgt.

b) Lokomotivkessel.

Der Lokomotivkessel besteht aus einem Heizrohrkessel und einer hinten liegenden Feuerkiste mit Feuerbuchse, d. i. ein rechteckiger Kasten, der unten mit dem Rost abschließt; darunter hängt der Aschkasten. Die Menge des Brennstoffes, der in der Zeiteinheit verbrannt werden kann, hängt

von der Größe der Rostfläche ab, die demnach auch die Leistungsfähigkeit der Lokomotive bestimmt. Der zylindrische Kessel ist mit etwa 5 cm weiten Heizrohren ausgestattet, durch welche die Feuergase zu der vorn an den Kessel anschließenden Rauchkammer und in den Schornstein ziehen. Die durch die Feuerbuchse gegebene Heizfläche nennt man die direkte Heizfläche, die Flächen der Heizrohre bilden die indirekte, beide zusammen die gesamte Heizfläche, deren Größe bei regelspurigen Lokomotiven zwischen 100 und 280 qm schwankt.

In der Rauchkammer sitzt senkrecht unter dem Schornstein das Blasrohr, aus dem der in dem Zylinder verarbeitete Dampf auspufft. Hierdurch werden gleichzeitig die Rauchgase aus der Rauchkammer angesaugt und durch den Schornstein ins Freie befördert, wodurch der erforderliche Zug erzeugt wird. Um das Mitreißen von Funken durch den Schornstein möglichst zu verhindern, werden Funkenfänger in die Rauchkammer eingebaut, meist als Drahtsiebe um die Blasrohrmündung. Die Dampffentnahme muß an einer Stelle erfolgen, wo die Dampfentwicklung nicht zu heftig vor sich geht, damit möglichst trockner Dampf entnommen und möglichst wenig Wasser mitgerissen wird. Der Dampf wird daher aus einem erhöht angebrachten zylindrischen Dom entnommen.

Zu der Ausrüstung des Kessels (Armaturen) gehören: Die Dampfstrahlpumpen (Injektoren), die zum Ersatz des vom Kessel verdampften Wassers Tenderwasser in den Kessel speisen, Wasserstandzeiger, Sicherheitsventil, Manometer und die Dampfpeife. Die Kesselspeisung wird neuerdings häufig durch eine Kolbenspeisepumpe ähnlich der Luftpumpe der Bremse bewirkt, die das Speisewasser durch einen Abdampfvorwärmer drückt. Der Abdampf zum Beheizen ist ein Teil ($\sim \frac{1}{6}$) des Auspuffdampfes der eigentlichen Lokomotivmaschine und derjenige der Pumpen. Die Vorwärmung bewirkt eine Kohlenersparnis von etwa 10 v. H. im Dauerbetrieb oder bei gleichem Kohlenverbrauch eine entsprechende Leistungszunahme.

Als Brennstoffe für den Kessel werden verwendet: Steinkohle, Braunkohle, Briketts, Torf, Holz und Petroleum. Die Ölfuerung hat den Vorteil, daß sich kein Rauch und keine Funken entwickeln, was zur Vermeidung von Waldbränden und auf Strecken mit vielen Tunneln von Bedeutung ist. Der Regelbrennstoff sind jedoch Steinkohle und Steinkohlenbriketts, neuerdings auch ein Gemisch von Steinkohle und Koks.

Eine bedeutende Vervollkommnung hat der Lokomotivbau durch Verwendung von Heißdampf erfahren. Bei den Heißdampflokomotiven wird der Naßdampf — d. i. der gewöhnliche mit dem Kesselwasser in Berührung stehende Dampf — vor der Verwendung durch Dampfüberhitzer von der Temperatur von 190—200° auf 300° C und darüber erwärmt. Der hierdurch erzielte Vorteil ist die Vermeidung der Niederschläge beim Eintritt des Dampfes in den durch den Abdampf abgekühlten Zylinder. Für gleiche Arbeitsleistung treten demnach bei Heißdampflokomotiven gegenüber Naßdampfmaschinen sehr beträchtliche Dampfersparnisse (bis zu 33 v. H. herauf) ein. Die Verwendung von Heißdampf empfiehlt sich besonders für Lokomotiven, die im Betriebe dauernd gleichmäßig beansprucht und voll ausgenützt werden.

c) Dampfmaschine.

Als Triebwerk der Lokomotive wird eine Kolbendampfmaschine verwendet. Soll diese wirtschaftlich arbeiten, so muß der Dampf hohen Anfangsdruck aufweisen und einer genügenden Dehnung unterworfen werden, wobei noch der Dampfniederschlag, der infolge der Abkühlung des Dampfes im Zylinder bei Naßdampf unvermeidlich ist, möglichst gering gehalten werden muß.

Die verschiedenen Ausführungen des Triebwerks einer Lokomotive unterscheiden sich hauptsächlich durch die Anzahl und Lage der Zylinder.

Die einfachste Form der Lokomotivdampfmaschine ist eine Zwillingsmaschine mit einfacher Dampfdehnung. Hierbei sind zwei gleich große, zu beiden Seiten des Kessels und meist außerhalb des Rahmens angebrachte Zylinder vorhanden, von denen jeder die Räder auf einer Seite der Lokomotive antreibt. Die beiden Zylinder erhalten gleichzeitig aus dem Kessel Frischdampf, indem das vom Dampfdom kommende Dampfentnahmerohr in der Rauchkammer verzweigt und in die mit dem Trickschen Kanalschieber oder mit Kolbenschieber, der bei Heißdampf allein verwendbar ist, ausgerüsteten Schieberkästen der beiden Zylinder eingeleitet wird. Hier tritt der Dampf abwechselnd vor und hinter die Kolben und bewirkt so deren Bewegung, wobei der Druck auf die Ausströmung sinkt, und entweicht alsdann durch das Blasrohr in den Schornstein.

Die Kraft, die der Dampf auf den Kolben ausübt, wird nach Abb. 11 S. 157 durch die Kolbenstange, die durch den Kreuzkopf gerade geführt wird, im Kreuzkopfbolzen auf die Schubstange übertragen, die die gradlinige Bewegung des Kolbens in eine drehende Bewegung des Kurbelzapfens umsetzt. Durch Kuppelstangen sind die übrigen Kuppelachsen, deren Zahl durch die Größe der Zugkraft bedingt ist, mit der Triebachse verbunden. Die Kurbeln der Triebräder sind auf beiden Seiten um 90° versetzt, wodurch die eine Kurbel sich immer in günstiger Stellung befindet, wenn die andere im toten Punkt steht. Das Vor- und Rückwärtsfahren der Lokomotive wird durch eine vom Führerstand durch die Steuerungsschraube eingestellte Steuerung, die heute meist nach Heusinger-Walschaert nur selten noch nach Stephenson, Allan oder Goch ausgeführt wird, ermöglicht. Sie leitet jeder der beiden Kolbenseiten zur erforderlichen Zeit und mit der gewünschten Dehnung Frischdampf zu oder führt den verbrauchten Dampf ab.

Um die bei der Zwillingsmaschine durch den Dampfnierschlag auftretenden Füllungsverluste zu vermindern, werden sogenannte Verbund-(Compound-)lokomotiven verwendet. Bei ihnen erfolgt die Dehnung des Dampfes in zwei Zylindern hintereinander, indem der Frischdampf zunächst in einen Hochdruckzylinder gelangt, hier unter entsprechendem Spannungsabfall Arbeit leistet und dann mit verminderter Spannung in einen Niederdruckzylinder geleitet wird, wo sich der Dampfdruck weiter bis auf die Auspuffspannung ermäßigt. Durch diese Verteilung der Dampfdehnung auf zwei Zylinder werden deren Temperaturgefälle nicht so groß und somit die Dampfnierschläge und der Kohlen- und Wasserverbrauch verringert. Damit die von jedem Zylinder geleistete Arbeit möglichst gleich wird, muß der Durchmesser des Niederdruckzylinders dem geringeren Dampfdruck entsprechend größer werden als der des Hochdruckzylinders.

Die Verbundlokomotiven sind, wenn gleichbleibende Leistungen verlangt werden — also bei voller Fahrt —, den Zwillingslokomotiven überlegen, weil sie durch sparsamere Verwendung des Dampfes bei gleicher Kesselanlage größere Leistung, d. h. größere Zugkraft bei gleicher Geschwindigkeit aufweisen. Sie sind aber, da die Leistung weniger steigerungsfähig, nicht so zweckmäßig für Strecken mit wechselnden Steigungen. Sie haben insbesondere die Nachteile, daß zum Anfahren besondere Anfahrvorrichtungen erforderlich werden, die auch dem Niederdruckzylinder (gedrosselten) Frischdampf zuführen, falls die Hochdruckkurbel im toten Punkte steht, und daß die Anzugskraft geringer ist als bei der Zwillingswirkung, sofern nicht durch Wechselventile auch der Auspuff des Hochdruckzylinders unmittelbar ins Freie geleitet wird.

Verbundlokomotiven werden entweder als Zweizylindermaschinen mit einem Hoch- und einem Niederdruckzylinder gebaut oder als Vierzylinder-

maschinen mit zwei Hochdruck- und zwei Niederdruckzylindern. Bei letzteren liegen zwei Zylinder außen und zwei Zylinder innen; die Kurbeln der Hoch- und Niederdruckzylinder sind um 180° und die der beiden Seitenzylinder um 90° gegeneinander versetzt.

Die Ersparnis der Naßdampf-Verbundmaschinen an Wasser und Kohle gegenüber den Naßdampf-Zwillingslokomotiven dürfte durchschnittlich etwa 10 v. H. betragen.

Bei der Reichsbahn wird bei Heißdampflokomotiven die Verbundbauart im allgemeinen nur für Vierzylinder-Schnellzuglokomotiven angewendet, während sonst die einfache und in weiten Leistungsgrenzen gleich sparsame Zwillingsmaschine in Gebrauch ist. Bei großen Leistungen von Schnellzug- und schweren Güterzuglokomotiven wird in Preußen die einfache Dehnung auch in 3 Zylindern mit Kurbeln unter 120° verwertet. Diese Maschinen weisen eine sehr gleichmäßige Anzugkraft auf.

d) Lokomotivrahmen.

Der Rahmen dient zur Lagerung des Kessels, zur Anbringung der Dampfzylinder, des Triebwerks, der Zug- und Stoßvorrichtungen und des Führerstandes. Er besteht hauptsächlich aus zwei durch Querverbindungen und die Pufferbohlen versteiften Blechlängsrahmen oder Barrenrahmen, die bei regelspurigen Lokomotiven innerhalb der Räder gelegen sind. Der Lokomotivkessel wird nur vorn an der Rauchkammer mit dem Rahmengestell fest verbunden und sonst so gelagert, daß er sich bei Erwärmung ungehindert ausdehnen kann. In dem Rahmen sind Achslager — in senkrechter Richtung verschiebbar — angebracht, die das Gewicht der Lokomotive vermöge der Federn auf die Achsen übertragen. Die Räder sind wie bei den Eisenbahnwagenrädern auf die Achsen fest aufgedreht. Zwischen dem Achslager und dem Rahmen befinden sich Federn, um eine Übertragung der auf die Räder kommenden Stöße auf den Kessel und die Maschine abzuschwächen.

Man unterscheidet Treib-, Kuppel- und Laufachsen. Die Treibachse ist die von der Dampfmaschine unmittelbar angetriebene Achse, die Kuppelachse die mit ihr gekuppelte, deren notwendige Zahl sich aus der für die Zugförderung erforderlichen Zugkraft der Lokomotive ergibt.

Der Radstand, worunter man den Abstand der Endachsen versteht, ist von den auf den Strecken vorkommenden kleinsten Krümmungen abhängig, und zwar wird nach den TV. § 87 für Haupt- und Nebenbahnen empfohlen, den festen Radstand der Lokomotiven nicht größer zu wählen als

3,2	bei Krümmungen von	180 m
3,5	„	210 m
3,8	„	250 m
4,1	„	300 m
4,8	„	400 m
5,4	„	500 m.

Ähnliche Bestimmungen sind auch in den Grz. § 50 für Lokalbahnen für kleinere Halbmesser enthalten. Bei Lokomotiven mit größeren Radständen wird die Anwendung von einstellbaren Achsen oder Drehgestellen empfohlen (TV. § 88 und Grz. § 51). Im allgemeinen sind nur bei Lokomotiven von zwei, zuweilen auch drei Treibachsen die gekuppelten Achsen fest gelagert, bei drei Treibachsen jedoch zur Vermeidung des Klemmens in scharfen Bogen zuweilen auch die Spurkränze der mittleren Achsen schwächer gedreht oder, wie besonders in Amerika, ganz fortgelassen. Bei Lokomotiven mit mehr als drei gekuppelten Achsen werden dagegen verwendet:

verschiebbare Kuppelachsen, bei denen sich die Zwischenachse in dem Lager seitlich verschieben kann,

parallel verschiebbare Laufachsen, die sich bei der Fahrt der Lokomotiven in Krümmungen frei in die Richtung des Halbmessers (radial) einstellen können; sie werden mit sogenannten Rückstellvorrichtungen, wie Keilflächen, Gehängen oder Federn versehen, die die Laufachsen bei Auslenkung aus der Mittellage in diese zurückzuführen suchen. Sie werden meist als Adamachsen ausgeführt.

Drehgestelle mit 2,0—2,7 m Abstand; sie werden im allgemeinen mit seitlichem Spiel hergestellt. Die verschiebbaren Drehgestelle haben stets Rückstellvorrichtungen, Keil- oder Schraubenflächen, Wiege oder meist Federn. Bei der Bauart von Krauß ist die vordere radial einstellbare Laufachse mit der seitlich verschiebbaren ersten oder zweiten Kuppelachse zu einem Drehgestell mit mittlerem Zapfen verbunden.

Störende Bewegungen der Lokomotive nennt man die durch verschiedene Ursachen hervorgerufenen Nebenbewegungen der Lokomotive. Sie sind eine unerwünschte Beigabe und werden im einzelnen durch folgende Ursachen veranlaßt:

1. Unebenheiten an den Radreifen und am Gleis, besonders die gegenüberliegenden Schienenstöße üben auf die fahrende Lokomotive Stoßwirkungen aus, die den abgefederten Teil in senkrechte Schwingungen versetzen — Wogen genannt. Da die Stöße meist außerhalb des Schwerpunktes angreifen, so verursachen sie ferner Schwingungen um eine wagerechte Schwerpunktsquerachse — Nicken — sowie um eine wagerechte Längsachse — Wanken.

2. Dieselben Bewegungen entstehen durch die veränderlichen Kreuzkopfdrucke auf die Gleitbahnen.

3. Die wechselnde Stärke der Zugkräfte der einzelnen Zylinder hat eine ruckweise Bewegung der ganzen Lokomotive — das Zucken — sowie eine Drehbewegung um die senkrechte Schwerachse — das Drehen — zur Folge.

4. Das Zucken und das Drehen wird in stärkerem Maße noch durch die Massenkräfte der hin- und hergehenden Triebwerksteile verursacht. Die Größe dieser störenden Bewegungen ist abhängig von der Größe der bewegten Massen und der Kurbelversetzung; sie wird gemildert durch (teilweisen) Ausgleich mit Gegengewichten oder gegenläufige Massen bei Vierzylinderanordnung.

Während die unter 1 und 2 genannten Ursachen Veränderungen der Federdrucke, also der Achsbelastungen zur Folge haben, die bei führenden Achsen unerwünscht sind, befördern die unter 3 und 4 erwähnten Ursachen den unruhigen Gang im Gleis.

5. Unabhängig von diesen Bewegungen ist endlich das Schlingern, das, wie auch die störenden Bewegungen zu 1, bei jedem Eisenbahnfahrzeug — nicht nur den Lokomotiven — durch die Schiefstellung im Gleis infolge der unvermeidlichen Zwischenräume zwischen Spurkranz und Schienen entsteht. Hierbei veranlaßt das Anlaufen an der einen Schiene die Abweisung des Vorderrades des Fahrzeuges nach der anderen Seite, dort wieder einen Anprall, abermaliges Zurückwerfen usw. Die Schlingergefahr kann durch langen Achsstand und Vermeidung von schweren, über die vorderen Achsen überhängenden Massen (Feuerkiste, Zylinder) verringert werden.

e) Gebräuchliche Lokomotivgattungen.

Für den Personenzugverkehr werden z. Zt. bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn die älteren 2 B-gekuppelten Lokomotiven

	1	2	3		4	5	6	7
			Bezeichnung					
Benennung	Lokomotivgattung	frühere	neuer im Ver. deutsch. Eis. Verwaltg.	Achs- anordnung	Achsstände	Lokomotivlänge einschl. Puffer		
							vorn ←	m
Schnellzug- und Personenzuglokomotiven	S ₆ ³⁾	Heißdampf-Schnellzug-Lokomotive	² / ₄	2 B	○○○○	2,20 + 2,80 + 3,00	10,95	
	S ₁₀ ²⁾	Heißdampf-Dreizylinder-Schnellzug-Lokomotive	³ / ₅	2 C	○○○○○	2,20 + 2,25 + 2,10 + 2,60	12,20	
	P ₄ ²⁾	Verbund-Personenzug-Lokomotive	² / ₄	2 B	○○○○	2,20 + 2,60 + 2,60	10,16	
	P ₈	Heißdampf-Personenzug-Lokomotive	³ / ₅	2 C	○○○○○	2,20 + 1,57 + 1,88 + 2,70	11,20	
Güterzuglokomotiven	G ₅ ²⁾	Verbund-Güterzug-Lokomotive	³ / ₄	1 C	○○○○	2,30 + 2,00 + 2,00	9,82	
	G ₇ ²⁾	Verbund-Güterzug-Lokomotive	⁴ / ₄	D	○○○○	1,55 + 1,35 + 1,60	10,27	
	G ₈ ¹⁾	Heißdampf-Güterzug-Lokomotive m. Vorwärmer	⁴ / ₄	D	○○○○	1,57 + 1,56 + 1,57	10,88	
	G ₁₀	Heißdampf-Güterzug-Lokomotive	⁵ / ₅	E	○○○○○	4 × 1,50	11,50	
	G ₁₂	Dreizylinder-Heißdampf-Güterzug-Lokomotive	⁵ / ₆	1 E	○○○○○○	2,80 + 3 × 1,50 + 1,70	12,95	
Tenderlokomotiven	T ₉ ³⁾	Güterzug-Tender-Lokomotive	³ / ₄	1 C	○○○○	2,70 + 1,65 + 1,65	10,70	
	T ₁₄	Heißdampf-Güterzug-Tender-Lokomotive	⁴ / ₆	1 D 1	○○○○○○	2,40 + 4 × 1,50 + 2,40	13,80	
	T ₁₆	Heißdampf-Güterzug-Tender-Lokomotive	⁵ / ₅	E	○○○○○	4 × 1,45	12,66	
	T ₁₈	Heißdampf-Personenzug-Tender-Lokomotive	³ / ₇	2 C 2	○○○○○○	2,20 + 1,60 + 2,05 + 2,05 + 1,60 + 2,20	14,80	

¹⁾ Abmessungen weiterer Lokomotiven s. u. a. das Merkbuch für die Fahrzeuge d. preuß.-hess.

²⁾ Die in dieser Spalte hinter dem Pluszeichen stehende Zahl gibt die Überhitzerheizfläche

³⁾ Diese Benennungen sind nach der Mitteilung auf S. 125 inzwischen abgeändert; sie wer-

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Rostfläche <i>R</i>	Kessel		Dampfzylinder			Durchmesser der Triebräder <i>D</i>	Gewicht			Zugkraft berechnet	Höchstgeschwindigkeit <i>V</i>	Vorrat der Tenderlokomotiven an	
	Heizfläche, gesamt (vom Feuerberührt) ²⁾ <i>H</i>	Dampfüberdruck <i>p</i>	Durchmesser <i>d</i>		Kolbenhub <i>l</i>		im Dienste		Reibungsgewicht <i>L_r</i>			Wasser	Kohle
qm	qm	at	Hochdruck	Niederdruck	cm	cm	leer <i>L_{lr}</i>	insgesamt <i>L</i>	t	kg	km/Std.	obm	t
2,29	136,89 + 40,32	12	2 × 55	—	63	210	55,69	60,69	34,50	8200	110	—	—
2,82	153,09 + 61,50	14	3 × 50	—	63	198	73,78	79,99	51,37	8352	110	—	—
2,27	118,85	12	46	68	60	175	45,98	51,28	30,24	4750	90	—	—
2,62	149,36 + 58,90	12	2 × 57,5	—	63	175	69,18	75,28	50,28	7500	100	—	—
2,25	137,0	12	48	68	63	135	43,73	50,01	40,61	7800	65	—	—
2,25	139,0	12	53	75	63	125	47,40	52,9	52,9	10200	45	—	—
2,63	144,42 + 51,88	14	2 × 60	—	66	135	61,83	67,93	67,93	11000	55	—	—
2,62	149,64 + 53,00	12	2 × 63	—	66	140	65,29	71,49	71,49	11200	60	—	—
3,25	214,34 + 79,00	14	3 × 56	—	66	140	—	—	—	—	60	—	—
1,53	107,20	12	2 × 45	—	63	135	46,85	60,39	45,58	6800	60—65	7,0	2,0
2,50	133,64	12	2 × 60	—	66	135	73,13	94,41	63,03	10000	65	11,0	4,0
2,25	132,93 + 45,27	12	2 × 61	—	66	135	63,77	80,82	80,82	—	50	8,0	3,0
2,42	138,61 + 49,20	12	2 × 56	—	63	165	83,17	105,03	46,47	8000	90	12,0	4,5

Staatseisenbahnverwaltg., Ausg. 1915, Neudruck 1921 u. Hütte d. Bauingenieurs, 24. Aufl. Berlin 24. in qm an.
den aber zur Zeit noch angewendet.

und neuerdings meist 2 C-gekuppelte Lokomotiven verwendet. Für leichtere Schnellzüge auf Flachlandbahnen ist auch die 2 B-Heißdampfschnellzuglokomotive, gelegentlich noch die 2 B-Verbund-Naßdampflokomotive gebräuchlich, während für schwere Schnellzüge nicht nur bei Steigungen, sondern auch meist im Flachland die 2 C-Heißdampfschnellzuglokomotive, im ausgesprochenen Flachland auch schwere 2 B 1-Vierzylinder-Verbundlokomotiven verwendet werden. Diese Maschinen haben vorn ein verschiebbares Drehgestell und die zuletzt genannte Maschine hinten noch eine radial verschiebbare Laufachse. Bei den schwierigen Geländebedingungen Süddeutschlands und im Auslande kommen vielfach 2 C 1-Schnellzuglokomotiven vor.

Zur Beförderung leichter Güterzüge mit größerer Geschwindigkeit oder in günstigem Gelände auch für schwerere Güterzüge ist bei den Bahnen in Preußen die ältere 1 C-Lokomotive mit vorderer radial verschiebbarer Laufachse oder Kraußgestell gebräuchlich. Neuerdings bildet die D-Heißdampfgüterzuglokomotive die Regel, bei der die zweite und vierte Kuppelachse seitlich verschiebbar ist. Bei besonders ungünstigen Steigungsverhältnissen sind mehrfach 1 D-, sonst namentlich in Deutschland und Österreich E-Heißdampflokomotiven in Gebrauch, während als sechssachsige Lokomotive in Elsaß-Lothringen die 1 E-Verbundgüterzuglokomotive, in Preußen neuerdings die wesentlich schwerere und leistungsfähigere 1 E-Dreizylinder-Heißdampflokomotive vorkommt. Die Gebirgslokomotiven bedingen eine große Leistungsfähigkeit von Kessel und Dampfmaschine und gute Einstellung in Krümmungen. Die vorgenannten E- und 1 E-Lokomotiven können als Gebirgslokomotiven für Güterzüge angesehen werden. Für Personen- und Schnellzüge kommt man bisweilen noch mit 3 Kuppelachsen aus, doch werden dazu neuerdings häufig 1 D- und 2 D-Lokomotiven verwandt, in Österreich selbst 1 E-Lokomotiven.

Die Bauart der Tenderlokomotiven, die im Verschiebedienst, im Vorortverkehr, auf kurzen Hauptbahnstrecken und allgemein auf Kleinbahnen anzutreffen sind, hängt von ihrer Verwendung ab. Als Personenzugtenderlokomotive ist bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn neben der im Berliner Vorortverkehr ausschließlich herrschenden 1 C-Heißdampftenderlokomotive mit Kraußgestell für den Verkehr auf kurzen Hauptbahnstrecken eine 2 C 2-Heißdampflokomotive mit ziemlich großen Vorräten auch für die Schnellzüge in Gebrauch, während in Süddeutschland besonders 1 B 1-, 1 B 2-, 1 C 1-, 1 C 2- und 2 C 2-Personenzugtenderlokomotiven verwendet werden.

Die Güterzugtenderlokomotiven, die neben der Beförderung von Güterzügen auf kurzen Strecken für den Verschiebedienst Verwendung finden, werden ausgeführt als 1 C-, für schweren Verschiebedienst als D- und für besonders ungünstige Verhältnisse als E-Güterzugtenderlokomotiven mit Naß- oder Heißdampf. Für kurze Hauptbahnstrecken mit nicht übermäßigen Steigungen ist neuerdings bei der Zweigstelle Preußen-Hessen eine 1 D 1-Heißdampflokomotive gebräuchlich, so auch im Güterverkehr der Berliner Ring- und Vorortstrecken.

In der Tabelle S. 130/131 sind Angaben über Bauart und Gewicht einiger, bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn gebräuchlicher Lokomotivgattungen gemacht. Gebaut werden z. Zt. nur noch die Schnellzuglokomotiven S10², die Personenzuglokomotiven P8 und P10, die Güterzuglokomotiven G8¹, G8², G10 und G12 und die Tenderlokomotiven T14, T16 und T18, ferner soll T12 wieder beschafft werden. Endlich ist die Beschaffung einer 1 D 1-HPL geplant, die Schnellzug-, Personenzug- und Güterzuglokomotive in sich vereinigen soll.

Für die verschiedenen Lokomotivgattungen pflegt man Belastungstafeln aufzustellen, aus denen man entnehmen kann, wieviel Lastachsen jede Lokomotivgattung bei einer bestimmten Geschwindigkeit auf den einzelnen Strecken befördern kann (vgl. S. 164/165). Auch kann man Belastungskurven als Funktion der Fahrgeschwindigkeit und Steigung darstellen, aus denen jede der drei Größen: Fahrgeschwindigkeit, Steigung und Zuglast, unmittelbar entnommen werden kann, sobald die beiden anderen gegeben sind¹⁾.

f) Schlepptender.

Schlepptender werden verwendet, wenn die mitzuführenen Kohlen- und Wasservorräte auf der Lokomotive nicht mehr untergebracht werden können. Besondere Tender sind für die meisten Maschinen des Personen- und Güterfernverkehrs in Gebrauch. Die Größe der Tender hängt von dem Zuggewicht und von der Länge der ohne Aufenthalt zu durchfahrenden Strecken ab. Mit dem Anwachsen dieser hat auch das Gewicht der Tender im Laufe der Jahre mehr und mehr zugenommen. Da Schnell- und Personenzüge längere Strecken ohne Aufenthalt durchfahren als Güterzüge, so sind auch ihre Tender im allgemeinen größer. Die Tender der Personen- und Schnellzüge werden mit einem Fassungsraum für etwa 20, zuweilen bis 31,5 cbm Wasser und 5 bis 8 t Kohle, die der Güterzuglokomotiven bisher häufig nur für 12, neuerdings bis zu 21,5 cbm Wasser und 3 bis 5 t Kohle gebaut. Ein leerer Tender wiegt 15 bis 25 t, ein gefüllter 30 bis 64 t. Die neueren Normaltender der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn fassen 16,5 cbm Wasser für Güterzüge, 21,5 für Personen- und Schnellzüge sowie für die schweren 1 E-Güterzuglokomotiven und 31,5 cm für die fünfachsigen Schnellzuglokomotiven und 5 und 7 t Kohle; sie erhalten 3 oder 4 Achsen. Die dreiachsigen werden mit festen Achsen ausgeführt. Die vierachsigen sind mit zwei zweiachsigen Drehgestellen ausgerüstet.

Das Obergestell des Tenders besteht meist aus einem kastenförmigen Wasserbehälter mit nach vorn geneigter Decke, auf der die Kohlen gelagert werden, die durch eine seitliche Wand am Herunterfallen gehindert werden. Der hufeisenförmige Wasserkasten mit darin liegendem Kohlenraum ist in Deutschland ausgestorben. Die 16,5- und 31,5 cbm-Tender in Preußen haben nicht oder nur wenig geneigte Wasserkastendecke und die Kohlen in einem besonderen Aufbau gelagert, der schmaler als der Wasserkasten ist, so daß man zu beiden Seiten am Aufbau vorbei nach rückwärts beobachten kann. Auch die übrigen neueren Tender haben zur Vergrößerung des Kohlenraumes einen derartigen Aufbau nachträglich erhalten.

Die Kuppelung der Lokomotive mit dem Schlepptender hat die Zugkraft der Lokomotive auf den Tender zu übertragen und dabei eine gegenseitige Verschiebung und ein Drehen der beiden Fahrzeuge in jeder Richtung zu gestatten. Die Kuppelung wird in der Regel durch einen Haupt- und zwei Neben-Zugeisen bewirkt, die durch Bolzen an jedem Zugkasten befestigt sind und von denen die Neben-Zugeisen durch seitliche Langlöcher so ausgebildet sind, daß eine gegenseitige Drehung der Fahrzeuge möglich ist. Zum Ausgleich der schlingernden Bewegung beider Fahrzeuge legen sich keilförmige Puffer gegen entsprechend gestaltete Stoßpufferplatten der Lokomotive.

¹⁾ vgl. Strahl, Verfahren zur Bestimmung der Belastungsgrenzen der Dampflokomotiven. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1913. S. 251 u. ff.

3. Eisenbahntriebswagen.

Die Eisenbahntriebswagen sind Fahrzeuge, zur Beförderung von Personen und Gütern bestimmt, die von einer im Wagen befindlichen Kraftquelle fortbewegt werden. Bei ihnen bildet also Lokomotive und Wagen ein Ganzes. Da der Lokomotivbetrieb nur wirtschaftlich ist, wenn die Zugkraft der Lokomotive voll ausgenutzt ist, so ist es bei kurzen, eine nur geringe Zugkraft und unverhältnismäßig kleine Lokomotive erfordernden Zügen wirtschaftlich oft günstiger, wenn der Wagen ohne Lokomotive mit eigener Kraftquelle fortbewegt wird. Solche Triebwagen erfordern geringes Gewicht, geringen Personalbedarf und es entfällt bei ihnen das Umsetzen der Lokomotive. Sie haben aber den Nachteil, daß bei Ausbesserungen an dem Triebwerk auch der Wagen außer Dienst gestellt werden muß.

Sie dienen meist zur Personenbeförderung, sind zweckmäßig bei schwachem Verkehr, ferner zur Schaffung häufiger Fahrgelegenheiten zwischen Städten, zur Ausfüllung von Lücken im Fahrplan verkehrsreicher Strecken und zur Ermöglichung von Schnellzuganschlüssen.

Nach der Antriebsart unterscheidet man Dampftriebswagen, Akkumulatortriebswagen, dieselelektrische und benzoelektrische Triebwagen und Öltriebwagen.

In Preußen hat sich der Verkehr zunächst mit elektrischen und benzoelektrischen Triebwagen mehr und mehr eingebürgert, auch in Baden ist mit der Einführung solcher Wagen vorgegangen.

4. Elektrische Zugförderung.

Elektrische Eisenbahnen sind Bahnen, deren Betriebsmittel (Lokomotive oder Wagen) durch Elektromotoren bewegt werden. Zu ihrer Betriebsführung wird durch Dampfmaschinen, Gasmaschinen oder Wasserkraftanlagen in besonderen Zentralen die elektrische Energie erzeugt und den in den Fahrzeugen angeordneten Elektromotoren durch Leitungen zugeführt. Die elektrischen Bahnen sind in Deutschland entstanden. 1879 wurde die erste elektrische Bahn von Werner v. Siemens gelegentlich der Berliner Gewerbeausstellung ausgeführt. Der elektrische Betrieb eroberte sich zunächst ziemlich schnell den Straßenbahnverkehr, diesem folgten die städtischen Schnellbahnen, Vorort- und Städtebahnen. In der Einführung gingen die Vereinigten Staaten von Amerika führend voran, wo die elektrischen Bahnen auch eine erheblich schnellere Entwicklung nahmen als in Europa. Die elektrische Zugförderung blieb zunächst auf die Straßenbahnen, Stadt- und Vorortbahnen beschränkt, weil zum Antrieb der Fahrzeuge nur Gleichstrom von niedriger Spannung zur Verfügung stand, der für Hauptbahnen zu kostspielig ist. Eine Erweiterung erfuhr die elektrische Zugförderung durch die Einführung des Drehstromes. Aber erst durch Verwendung des einphasigen Wechselstromes und des hochgespannten Gleichstromes hat sich eine Triebform der elektrischen Zugförderung entwickelt, die für Hauptbahnen geeignet ist, bereits zahlreiche Verwendung gefunden hat und eine große Verbreitung für die Zukunft verspricht.

a) Stromzuführung (oberirdische, unterirdische, Bahnen mit dritter Schiene).

Nach der Art der Stromzuführung unterscheidet man Bahnen mit oberirdischer Stromzuführung, mit unterirdischer Stromzuführung und mit dritter Schiene.

1. Oberirdische Stromzuführung. Bei der einfachsten Ausführung der Oberleitung ist der Fahrdraht isoliert an Querdrähten aus Stahl und mittels dieser nochmals isoliert an Rohr-, Gitter-, Beton- oder Holzmasten, an Auslegermasten oder Wandrosetten aufgehängt (einfache Aufhängung). Diese Aufhängung ist bei Straßenbahnen und Drehstrombahnen gebräuchlich. Vom Fahrdraht wird der Strom mittels Bügel- oder Rollen-Stromabnehmer über den Fahrschalter und durch Sicherungen den Elektromotoren zugeführt. Die Rückleitung erfolgt durch die Fahrschienen, die mittels Schienenverbinder leitend miteinander verbunden sind, sofern nicht die Schienen bei Straßenbahnen zusammengeschweißt sind.

Rolle oder Bügel sind wegen der verschiedenen Höhenlage des Fahrdrachtes federnd auf dem Wagendach befestigt. Für die Rolle muß die Oberleitung, um das Herausspringen der Rolle möglichst einzuschränken, genau über Gleismitte gespannt sein, was in den Gleiskrümmungen und Weichen nicht leicht zu erreichen ist. Beim Bügel-Stromabnehmer, dessen Einführung 1887 durch Siemens & Halske erfolgte und der einen großen Fortschritt bedeutete, führt man die Oberleitung über dem geraden Gleis im langem Zickzack, um eine gleichmäßige Abnutzung der Bügelschleifstücke herbeizuführen. Für größere Geschwindigkeit ist nur die Ausführung mit Bügel empfehlenswert.

Bei der gewöhnlichen Aufhängung des Fahrdrachtes tritt infolge des großen Abstandes der Aufhängepunkte ein ziemlich starker Durchhang ein, wodurch die Stromabnahme besonders bei höheren Geschwindigkeiten erschwert wird. Um den Durchhang möglichst zu beseitigen, hat man die sog. Vielfachaufhängung eingeführt, die im wesentlichen darin besteht, daß oberhalb des Fahrdrachtes mit stärkerem Durchhang und unter Zugrundelegung großer Mastentfernungen ein Tragseil gespannt wird, an dem der Fahrdraht mit Hängedrähten in kurzen Abständen befestigt ist.

Eingeführt hat sich eine Vielfachaufhängung — Bauart Siemens-Schuckert —, die den Vorzug der Leichtigkeit besitzt und Mastabstände von 100 m gestattet. Zur Verhinderung von Seitenschwankungen des Fahrdrachtes ist dieser zusammen mit dem Hilfsstragdraht an jedem Hilfsstützpunkt des Tragseiles durch eine Strebe gefaßt. Bei dem Aufhängungssystem der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin wird im Gegensatz zu dem letzterörterten System nicht nur der Fahrdraht, sondern auch das Tragseil selbsttätig nachgespannt. Eine Anordnung von 2 Tragseilen oberhalb des Fahrdrachtes hat wegen der schweren Ausführung wenig Verwendung gefunden.

Wesentlich sind bei allen Fahrdrahtaufhängungen die Isolatoren und Vorrichtungen für das Nachspannen des Fahrdrachtes, die in Abständen von 1 bis 1,5 km angeordnet und so ausgebildet werden, daß der Fahrdraht seine Zugspannung durch Gewichte erhält, die durch einen über Rollen laufenden Kettenzug mit dem Fahrdraht verbunden sind.

Bei Hauptbahnen wird die Leitung in der Regel an schmiedeeisernen Gittermasten aufgehängt, auf eingleisigen Strecken mit Hilfe von Auslegern, auf zweigleisigen mit Hilfe von Querträgern, die zwei gegenüberstehende Maste miteinander verbinden.

Die Stromzuführung durch Oberleitung wird unbeschränkt für jede Stromart und für die höchsten bisher benutzten Betriebsspannungen verwendet. Für Fernbahnen und Bahnen mit hoher Spannung kommt sie allein in Betracht.

2. Unterirdische Stromzuführung. Hierbei liegen 2 isolierte Arbeitsleitungen (Hin- und Rückleitung) unter der einen Fahrschiene in einem Kanal im Erdreich. Der Kanal hat im Scheitel einen Schlitz für die Einführung des unterirdischen, aus zwei beweglichen Leitungen bestehenden Stromab-

nehmers. Diese Stromzuführung ist zuerst im Jahre 1889 und nur bei Straßenbahnen ausgeführt worden. Sie hat den Vorteil, das das Straßenbild nicht durch Maste und Leitungsdrähte beeinträchtigt wird, aber den Nachteil, daß bei Schnee und Regen leicht ein Versagen eintritt. Sie wird daher nur noch ganz selten ausgeführt; in Berlin ist sie jetzt überall beseitigt worden.

3. Bahnen mit dritter Schiene. Wenn die Stromstärken der Arbeitsleitungen für Gleichstrom sehr groß werden, reichen Kupferdrähte nicht mehr aus. Man ordnet dann neben dem Gleis auf Isolatoren eine dritte eiserne Schiene für die Stromzuleitung an. Als Profil dieser Schiene wird der Vignoles-Querschnitt oder besser Rechteckquerschnitt verwendet, der den Vorteil hat, daß er der Stromstärke entsprechend verstärkt werden kann. Die Stromabnehmer befinden sich dann auf der einen Seite der Wagenuntergestelle. Der Strom wird in der Regel nicht von oben, sondern von der Seite aus abgenommen. Die Schiene wird mit einer Schutzwand umgeben, die dachartig über die Schiene ragt, um sie vor Berührung durch das Streckenpersonal und vor Schnee und Vereisung zu schützen. An den Weichen werden die Stromschienen unterbrochen. Neuerdings sind (z. B. bei der Hamburger Hoch- und Untergrundbahn Anordnungen gebräuchlich, bei denen die dritte Schiene von unten aus bestrichen wird, so daß die Schiene von oben völlig isoliert werden kann. Die durch Schienenverbindungen gut leitungsfähig gemachten Fahrschienen leiten den Strom zurück. Um beide Gleise für die Schienenrückleitung benutzen zu können, werden auch die parallel laufenden Schienenstränge und Gleise mittels Quer- und Gleisverbinder in Abständen von 100 bis 400 m verbunden.

Die Stromzuführung mittels dritter Schiene ist lediglich bei Gleichstrom mit Spannungen von 500 bis 800 (höchstens 2400) Volt geeignet, weil bei größeren Spannungen die Gefahr für das Betriebspersonal, das mit der Schiene trotz der Überdeckung leicht in Berührung kommen kann, zu groß wird.

b) Stromsysteme (Gleich-, Dreh- und Wechselstrom).

1. Gleichstrom. Bei Bahnen von geringer Streckenausdehnung wird die elektrische Energie als Gleichstrom zugeführt. Die Motoren sind Hauptstrommotoren mit einfacher Zahnradübersetzung, bei Bahnen mit höherer Geschwindigkeit zuweilen auch ohne Übersetzung, bei besonders hohen Geschwindigkeiten sind sie stets ohne Übersetzung unmittelbar um die Wagenachse gebaut. Für Züge, die aus mehreren Motor- und Anhängerwagen bestehen, verwendet man die sog. Vielfachsteuerung. Bei Bergbahnen sind Nebenschlußmotoren im Gebrauch, um bei der Talfahrt Strom zurückzugewinnen zu können. Bei Gleichstromfahrzeugen wird, weil keine besonders hohen Spannungen verwendet werden, der Strom nie umgeformt. Die Höhe der Spannung ist lediglich durch den Stromwender der Motoren und die dritte Schiene begrenzt. Der Strom wird bei Spannungen bis 1000 Volt durch Oberleitung oder durch eine dritte Schiene, bei höherer Spannung lediglich durch Oberleitung zugeführt. Der Betrieb mit Gleichstrom, der noch heute am meisten angewendet wird, ist das älteste Stromsystem. Alle Straßenbahnen und ein Teil der Stadt-, Vorort- und Überlandbahnen wird mit diesem System betrieben.

Während bei Einführung der elektrischen Bahnen nur Gleichstrom mit geringer Spannung (350 bis 750, ausnahmsweise 1000 Volt) besonders für Straßenbahnen, daneben auch für Stadt-, Vorort- und Überlandbahnen in Betracht kam, ist man neuerdings besonders in Amerika bemüht gewesen, das Gleichstromsystem unter Anwendung höherer Spannungen (1200, ausnahms-

weise 2400 Volt) auszubilden. Dieses System ist, wenn auch nicht für Fernbahnen, so doch bei Bahnen mit dichtem Verkehr und mit geringen Streckenlängen (Stadt-, Vorort- und Städtebahnen) den anderen Systemen an Wirtschaftlichkeit und Vollkommenheit überlegen. Die neueren Gleichstrombahnen sind meist nebenbahnähnliche Vorortbahnen mit einer Ausladung von höchstens 50 km von der Kraftquelle. Die vom Fahrdraht abgegebene Arbeit schwankt zwischen 200 und 400 KW. Höhere Arbeitsmengen lassen sich im allgemeinen besser und wirtschaftlicher mit Wechselstrom (s. S. 138) übertragen.

Einige ausgeführte Bahnen mit der gewählten Spannung und Stromzuführungsart gibt die folgende Zusammenstellung:

Bahnstrecke	Spannung Volt	Stromzuführung
Elektrische Vorortbahn Berlin (Potsdamer Bahnhof) — Lichterfelde-Ost	500	Dritte Schiene
Elektrische Hoch- und Untergrundbahn Berlin	780	„ „
Hamburger Hochbahn	800	Dritte Schiene von unten bestrichen
Fildernbahn bei Stuttgart	600	Oberleitung
Heddernheim—Homburg und Heddernheim—Hohe Mark b. Frankfurt a. M.	350 (in der Stadt) 1000 (auf der freien Strecke)	„
Rheinuferbahn Cöln—Bonn	500 (in den Städten) 1000 (auf der freien Strecke)	„

Bei Bahnen mit größeren Streckenlängen, besonders bei den Fernbahnen, wird die Zuführung des Gleichstromes wegen der hohen Kosten der starken Leitungsanlage unwirtschaftlich. Man erzeugt dann Wechsel- oder Drehstrom mit Hochspannung in Kraftzentralen. Diesen wandelt man entweder in besonderen, an der Strecke gelegenen Unterstationen in Gleichstrom um, der den Arbeitsleitungen zugeführt wird, oder man führt endlich die Hochspannung in Arbeitsleitungen den Fahrzeugen unmittelbar zu und wandelt im Wagen nur den erforderlichen Strom in Gebrauchsspannung um.

2. Drehstrom oder dreiphasiger Wechselstrom. Der Wunsch nach Schaffung eines für Fernbahnen geeigneten Stromsystems hat zur Verwendung des Drehstromes geführt. Der erste bedeutende Versuch mit Drehstrom ist bei dem für eine Geschwindigkeit von 200 km/Std. gebauten Schnellbahnwagen der Studiengesellschaft (Versuchsbahn Berlin-Zossen) gemacht worden. Hierbei wurde Hochspannung von 12000 und 15000 Volt mittels dreier Fahrdrähte Drehstrommotoren ohne Zahnradübersetzung unmittelbar zugeführt. Der Vorteil dieses Stromsystems liegt in der Einfachheit, mit der sich hierbei Strom wieder gewinnen läßt, und in der sehr einfachen Bauart der Motoren (ohne Stromwender). Dagegen sind folgende Nachteile vorhanden: die Betriebsspannung ist im allgemeinen auf 3000 Volt zu beschränken; die Geschwindigkeit läßt sich nur in bestimmten Grenzen regeln; die Anlage mehrfacher Fahrdrähte ist kostspielig. Aus diesen Gründen ist Drehstrom trotz der guten Betriebsergebnisse bei den neuesten Bahnen nur sehr vereinzelt — vorzugsweise in Italien — verwendet worden. Auch hierbei wird vielfach Hochspannung erzeugt und in Strom von geringerer Spannung umgeformt, der alsdann den Arbeitsleitungen zugeführt wird.

Mit Drehstrom ausgerüstet sind unter anderem die Giovibahn (3000 Volt), Veltlinbahn (3000 Volt) und die Simplontunnelbahn (1000—3000 Volt).

3. Einwellen-Wechselstrom. Das Bestreben, an Stelle der kostspieligen zwei oder drei Fahrdrähte des Wechselstromsystems mit nur einem Oberleitungsdraht auszukommen, hat die Einführung des Einphasen-Wechselstromsystems veranlaßt. Dieses beruht auf der Anwendung des Einphasenstromwendermotors, der wie die Gleichstrom-Hauptstrommotoren arbeitet, aber ohne Widerstandsregelung beim Anfahren. Diese Betriebsform gestattet elektrische Leistung mit sehr hoher Spannung und daher praktisch mit fast unbegrenzter Größe auf weite Entfernungen zu übertragen und den Triebfahrzeugen durch eine einfache oberirdische Fahrleitung ähnlich wie bei den Straßenbahnen zuzuführen. Sie ist auch weder an enge räumliche Grenzen oder mäßige Zuggewichte und Fahrgeschwindigkeiten, noch an bestimmte Geschwindigkeitsstufen und Verkehrsarten gebunden. Ihre Überlegenheit für den Hauptbahnbetrieb ist fast allgemein anerkannt.

Nach Erprobung dieser Stromart beginnt seit 1911 die Durchführung des eigentlichen elektrischen Hauptbahnbetriebes. Die Entwicklung dieses Systems ist besonders von der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn gefördert worden, findet aber daneben in fast allen Ländern, insonderheit in den Vereinigten Staaten von Amerika, Frankreich, Italien, Österreich, Schweiz, Schweden, Rußland, Norwegen, Spanien und England Verwendung. Während die üblichen Fahrdrachtspannungen hier 10 000—15 000 Volt betragen, werden auch hier in den Fernleitungen wesentlich höhere Spannungen (30 000 bis 60 000 Volt und mehr) angewendet. Die Verwendung des Einwellenwechselstromsystems, von dem im Jahre 1913 rund 3500 km Streckenlänge ausgebaut waren, erhellt aus folgender Zusammenstellung:

Bahn und Strecke	Bahngesellschaft, Land	Spannung im Fahrdraht Volt
Stubaitalbahn bei Innsbruck	Österreich	2500
Niederschönweide-Spindlersfeld bei Berlin (Probestrecke, nicht mehr im Betrieb)	Deutsche Reichsbahn (Preußen)	6000
Blankenese-Ohlsdorf	"	6000 (in den Fernleitungen 30 000 Volt)
Wiesentalbahn (Basel-Zell und Schopfheim-Säckingen), 55 km	Deutsche Reichsbahn (Baden)	10 000
Rjukanbahn	Norwegen	10 000—11 000
Boston-Providence	Newyork, New Haven und Hartfordbahn (Verein. Staaten v. Amerika)	11 000
Magdeburg-Leipzig-Halle mit Anschlußlinien (im Bau)	Deutsche Reichsbahn (Preußen)	15 000
Lauban-Königszell (im Bau) 129 km	"	15 000
Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen (im Bau)	"	15 000
Salzburg-Berchtesgaden, 40 km	Deutsche Reichsbahn (Bayern)	15 000 { (in den Fernleitungen 50 000 Volt)
Garmisch-Partenkirchen-Landesgrenze	"	15 000
Mittenwaldbahn	Österreich	15 000
Lötschbergbahn-Frutigen-Brig	Berner Alpenbahngesellschaft	15 000
Riksgränsenbahn	Schweden	15 000

Gemischter Betrieb mit Gleich- und Wechselstrom, bei dem etwa für eine Stadtstrecke Gleichstrom bis zu 500 Volt, für die Außenstrecken Einwellenstrom von höherer Spannung gewählt wird, ist im allgemeinen nicht

zu empfehlen, weil die elektrische Ausrüstung verwickelt und schwer wird; er ist jedoch in den Vereinigten Staaten von Amerika mehrfach ausgeführt worden.

c) Antriebfahrzeuge (Triebwagen, elektrische Lokomotiven, Akkumulatorwagen).

Die elektrische Zugförderung kommt mit drei verschiedenen Antriebfahrzeugen vor: mit Trieb- oder Motorwagen, mit elektrischen Lokomotiven und mit Akkumulatorwagen.

1. Trieb- oder Motorwagen. Hierbei haben einzelne oder alle Wagen Triebmaschinen, die von dem jeweilig an der Spitze laufenden Wagen aus geregelt werden. Bei elektrischen Triebwagenzügen besteht in der Regel der erste und letzte Wagen aus Triebwagen, die mit Führerstand und Motoren ausgerüstet sind. Die Motoren eines ganzen Zuges können von jedem Führerstande aus durch die sog. Vielfachsteuerung in Gang gesetzt werden. Zwischen den ersten und letzten Triebwagen laufen dann häufig ein bis zwei Beiwagen ohne Motoren. Bei größeren Zügen mit zahlreichen Beiwagen schaltet man zwischen diese auch noch in der Mitte weitere Motorwagen ein oder man bildet größere Züge aus zwei oder mehreren der beschriebenen kleinen Einheiten. Man kann dann die Wagenzüge schnell teilen und sich so bequem den sich ändernden Verkehrsverhältnissen anpassen. In jedem Triebwagen werden Fahrschalter angeordnet.

Der außerordentliche Vorteil der Triebwagen besteht in der Schaffung zahlreicher Triebachsen; denn, wenn notwendig, kann jede Zugachse als Triebachse ausgebildet werden. Viele unter dem Zuge verteilte Motoren ermöglichen ein schnelles Anfahren der Züge, eine große Beschleunigung und damit dichte Zugfolge und kurze Fahrzeit. Diese Zugförderungsart ist gebräuchlich bei Stadt-, Vorort- und Schwebbahnen, wo es sich um dichten Verkehr bei kleiner Stationsentfernung handelt und mäßig schwere Züge gefahren werden. Sie setzt aber voraus, daß alle Fahrzeuge für den elektrischen Betrieb besonders eingerichtet sind und ist daher für eine allgemeine Einrichtung der Fernbahnen, wo Wagen jeder Gattung verkehren, nicht geeignet.

2. Elektrische Lokomotiven. Dies sind durch elektromotorische Kraft betriebene Fahrzeuge, die ebenso wie die Dampflokomotiven lediglich zur Beförderung von Eisenbahnzügen dienen. Sie unterscheiden sich von der Dampflokomotive nur dadurch, daß bei ihnen die Erzeugung der zur Beförderung des Zuges notwendigen Energie nicht auf der Lokomotive selbst erfolgt, sondern in einem Kraftwerk, von dem aus sie mittels Leitungen den Lokomotiven zugeführt wird.

Die großen Vorteile des Motorwagenbetriebes ließen die elektrische Lokomotive in den ersten Jahren der Entwicklung des elektrischen Betriebes nur dort zur Anwendung kommen, wo der Motorwagen nicht am Platze war, die elektrische Betriebsweise aber besondere Vorteile bot, wie z. B. bei Bergwerkbetrieb und bei Industriebahnen. Seitdem aber neuerdings mit der Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Fernbahnen begonnen ist, sind auch die elektrischen Lokomotiven zahlreich zur Verwendung gekommen, weil bei Fernbahnen der elektrische Betrieb nur wirtschaftlich durchführbar ist, wenn er sich dem Dampfbetriebe ohne weiteres angliedern läßt und insbesondere die verschiedenen Wagengattungen beibehalten werden können. Man ist daher bestrebt gewesen, elektrische Lokomotiven zu bauen, die den Dampflokomotiven an Leistungsfähigkeit nicht nachstehen, ja sie noch übertreffen. Für die neuen Fernzugstrecken mit Einwellen-Wechselstrom kommen fast ausschließlich elektrische Lokomotiven in Betracht. Bei der Zweigstelle Preußen-

Hessen der Deutschen Reichsbahn sind elektrische Lokomotiven von folgender Bauart in Benutzung 2 B 1, 1 C 1, D, 1 D 1, B + B, B + B + B und C + C. Bei der Lötschbergbahn werden 1 E 1-Lokomotiven mit Zahnradantrieb verwendet.

3. **Akkumulatorwagen.** Unter diesen versteht man selbstfahrende Wagen, die durch mitgeführte elektrische Energie, die in Sammlern aufgespeichert ist, bewegt werden. Sie sind demnach von Fahrleitungen unabhängig. Sie haben bisher nur wenig Verwendung gefunden, weil die Batterien etwa eine Tagesleistung aufspeichern müssen und daher sehr schwer werden. Immerhin wurden in Preußen, Ungarn und in den Vereinigten Staaten von Amerika mit solchen Wagen günstige Ergebnisse erzielt. Sie sind noch wirtschaftlich für Rangierlokomotiven, die häufig geladen werden können.

Es gibt zwei Haupttypen derartiger Triebwagen: solche mit Akkumulatorbetrieb, die als Kraftquelle Akkumulatorenbatterien mit sich führen. Diese werden unter Rücksichtnahme auf den Fahrplan an geeigneten Punkten der Bahnstrecke gespeist, sobald der Arbeitsvorrat durch den Betrieb der Wagen annähernd erschöpft ist. Zuweilen wird die erschöpfte Batterie auch durch eine betriebsfähige ausgetauscht. Die zweite Art sind die sog. benzin- oder benzolelektrischen Triebwagen, bei denen ein Explosions- oder Verbrennungsmotor, wie ihn die Automobile besitzen, ein Generator und Elektromotoren zusammenwirken. Solche Fahrzeuge werden von der elektrischen Ladestation unabhängig, sie benötigen keine Ladezeit und es wird die Mitführung des beträchtlichen toten Gewichtes der Akkumulatoren erspart.

d) Vorteile der elektrischen Zugbeförderung gegenüber dem Dampfbetrieb.

Um die Frage zu entscheiden, ob elektrischer oder Dampfbetrieb zu wählen ist, muß man die Vorzüge kennen, die die elektrische Zugförderung gegenüber dem Dampfbetrieb auf betrieblichem und wirtschaftlichem Gebiet aufweist. Sie sind im wesentlichen folgende:

1. Die Möglichkeit der Überwindung großer Steigungen, weil die Zugkraft auf beliebig viele Achsen verteilt und daher die Reibung beliebig erhöht werden kann.

2. Erzielung einer größeren Anfahrbeschleunigung und höheren mittleren Geschwindigkeit infolge der gleichmäßigeren Anzugskraft.

3. Ermöglichung eines leichteren Ober- und Unterbaues, weil die Trieblast auf zahlreiche Achsen verteilt und daher für die Triebfahrzeuge ein geringer Raddruck vorgesehen werden kann. Dies ist besonders bei Hochbahnen von großer Bedeutung.

4. Bessere Anpassungsfähigkeit an das Gelände und dadurch Ersparnis an Baukosten, insbesondere deshalb, weil die elektrischen Lokomotiven sich besser als Dampflokomotiven so herstellen lassen, daß kleine Halbmesser durchfahren werden können.

5. Ersparnisse durch Wegfall der Kohlenlager auf den Bahnhöfen, ferner der Wasserwerke (Wassertürme), Gasanstalten und besonderen Elektrizitätswerke zur Beleuchtung der Bahnhöfe.

6. Bessere Ausnutzung des ganzen Bahnnetzes und Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Bahnlinie durch Verdichtung der Zugfolge, Erhöhung der Zugbelastung und der Geschwindigkeit. Durch die Einführung der elektrischen Zugförderung können Bahnen mit ungünstigen Steigungs- und Krümmungsverhältnissen (stark geneigte Gebirgsbahnen) dem großen Verkehr, dem sie sonst schwer zugänglich sind, noch dienstbar gemacht werden. Die Möglichkeit der Verdichtung des Verkehrs hat besonders für den städtischen Schnell- und Vorortverkehr große Vorteile.

7. Die Möglichkeit die Energie auszunutzen, die von der Natur in den Wasserkraften geboten wird, sowie in manchen sonst unverwertbaren Brennstoffen (wie schlechte Braunkohle und Torf, deren Beförderung sonst nicht lohnt) vorhanden ist. Dies hat besonders in kohlenarmen Ländern, wie z. B. in Schweden, in der Schweiz und in Italien große Bedeutung.

8. Wesentliche Ersparnis an Brennstoff bei dichter Zugfolge, kurzen Abständen der Haltepunkte, schwerem Verkehr und großer Fahrgeschwindigkeit, sowie auf Strecken mit starken und langen Steigungen (Gebirgsbahnen). Die stetig steigenden Kohlenpreise

können Veranlassung geben, der großzügigen Umgestaltung von ganzen Bahnnetzen näher zu treten.

9. Rückgewinnung von Strom besonders bei Bergbahnen, wo die Gefällarbeit die Reibungsarbeit stark übersteigt. Bei Vollbahnbetrieb auf Flachbahnstrecken hat die Rückgewinnung von Strom keine Bedeutung.

10. Bessere Ausnutzung der Lokomotivbestände wegen der kürzeren Betriebsaufenthalte und der kürzeren Ruhepausen, infolge Wegfall der Kesselreinigung, der Kohlen- und Wasserentnahme. Eine elektrische Lokomotive kann selbst bei gleicher Geschwindigkeit im gleichen Zeitraum ungefähr doppelt soviel Kilometer zurücklegen wie eine Dampflokomotive. Ferner kann die Anzahl der Lokomotivgattungen eingeschränkt werden, weil die elektrische Ausrüstung bei Güter- und bei Personenzuglokomotiven die gleiche ist und im allgemeinen nur für den Schnellzugsdienst besondere Lokomotiven erforderlich sind.

11. Ruhiger und gleichmäßiger Gang der Triebfahrzeuge ohne allzu störendes Geräusch, weil die elektrischen Lokomotiven im Gegensatz zu den Dampflokomotiven an den Triebrädern ein gleichbleibendes Drehmoment ausüben.

12. Leichte und gute Beleuchtung der Wagen.

13. Geringe Aufwendungen für das Fahrpersonal, weil elektrisch betriebene Fahrzeuge nur mit einem Mann besetzt zu werden brauchen. Ferner bessere Ausnutzung des Personals bei dem Vorbereitungs- und Abschlußdienst, der bei elektrischem Betrieb erheblich kürzer ist als bei Dampflokomotiven und weil jeder Fahrer unbedenklich im Güter-, Personen- und Schnellzugsdienst verwendet werden kann.

14. Wegfall von Rauch und Dampf, der die elektrischen Bahnen bei längeren Tunneln (städtischen Untergrundbahnen und Bergbahnen mit zahlreichen Bergtunneln) und in Bergwerken besonders vorteilhaft erscheinen läßt; daher Fortfall des Funkenschadens. Bei städtischen Untergrundbahnen ist auch die Möglichkeit, das Tunnelprofil auf den von den Wagen in Anspruch genommenen Raum zu beschränken, ein erheblicher Vorzug.

15. Die Betriebssicherheit läßt sich dadurch verbessern, daß die Züge zur Streckensicherung herangezogen werden.

Wenn sonach der elektrische Betrieb gegenüber dem Dampftrieb große Vorzüge aufweist, so ist doch bei Prüfung der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes im Vergleich zum Dampftriebe zu berücksichtigen, daß die Kraftwerke und Leitungen bedeutende Anlagekosten und daher einen großen Aufwand an Zinsen und Rücklagen beanspruchen. Daraus ergibt sich, daß diese Betriebsart auf Bahnen mit schwachem Verkehr wegen der unzureichenden Ausnutzung der kostspieligen Anlagen dem Dampftrieb im allgemeinen wirtschaftlich nachsteht. In erster Linie ist er daher für Bahnen mit erheblicheren Leistungen in Aussicht zu nehmen und besonders dort, wo die elektrische Arbeit aus Wasserkräften und billigen Brennstoffen gewonnen werden kann. Hierbei wird alsdann der Mehraufwand für Zinsen und Rücklagen durch die Ersparnisse an Kohlen und Personal und zwar in um so höherem Maße ausgeglichen, je stärker der Verkehr ist. Die gewaltige, durch den Krieg verursachte Steigerung der Kohlenpreise hat die Einführung des elektrischen Betriebes begünstigt.

Neuerdings ist eine Vereinigung des Dampfbetriebes mit dem elektrischen Betrieb für Hauptbahnen vorgeschlagen worden. Diese kann in manchen Fällen in der Weise wirtschaftlich vorteilhaft sein, daß man für den regelmäßigen Hauptverkehr der Bahnstrecke die elektrische Zugförderung einführt und die den Durchschnittsverkehr übersteigenden Zuggewichte (die „Spitzen des Verkehrs“) und Sonderzüge durch Dampflokomotiven befördert.

Die Zuverlässigkeit des elektrischen Betriebes kann neuerdings bei Bereithaltung von Aushilfsmaschinen für ebenso groß wie bei Dampftrieb erachtet werden.

Besteht vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus im allgemeinen kein Hindernis, die elektrische Zugbeförderung einzuführen, so gebot doch bisher die Rücksicht auf die Landesverteidigung eine gewisse Zurückhaltung, weil hier die Gefahr bestand, daß durch die Zerstörung eines großen Kraftwerkes der Betrieb eines großen Bahnnetzes und durch Unterbrechung

der Streckenleitung der Betrieb auf einer großen Länge lahmgelegt werden kann. Inwieweit diese Bedenken demnächst zurückzustellen sind, wird die nächste Zukunft lehren. Aber selbst wenn man die elektrische Zugförderung im allgemeinen auf Strecken beschränken würde, die nicht von ausschlaggebender Bedeutung für die Landesverteidigung sind und wo die Möglichkeit vorliegt, für militärische Zwecke ohne weiteres auf Dampflokomotiven zurückzugreifen, so würden diese Linien ausreichend sein, um dem elektrischen Betriebe für die nächsten Jahre eine bedeutende Ausdehnung sicherzustellen (vgl. S. 278).

Für die Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Eisenbahnen kann man diese gliedern:

in Durchgangslinien für den Fernverkehr; bei diesen herrscht zurzeit der Dampfbetrieb noch vor, doch ist eine gewisse Erweiterung der elektrischen Zugförderung zu verzeichnen;

in die örtlichen Städteverbindungen und Überlandbahnen, für die sich der elektrische Betrieb empfiehlt;

in die Gruben- und Industriebahnen, ferner Straßen- und Schnellbahnen der Großstädte; bei diesen hat sich der elektrische Betrieb als die allein in Betracht kommende Betriebsart erwiesen, so daß z. B. die zunächst für Dampf eingerichteten Liniennetze der Großstädte mit außerordentlich hohen Kosten, soweit noch nicht geschehen, nachträglich für elektrische Zugförderung umgewandelt werden mußten.

Bei Zahnbahnen ist die elektrische Zugförderung am Platze, wenn die zur Beförderung der Last notwendigen Kräfte sich mit der Reibung zwischen Schiene und Rad überhaupt nicht mehr oder nicht mit genügender Sicherheit übertragen lassen.

Bei Seilbahnen beschränkt sich die elektrische Ausrüstung in der Regel auf die motorische Einrichtung der Antriebstation.

IV. Betriebstechnische Grundlagen der Linienführung.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

1. Bewegungswiderstände der Eisenbahnfahrzeuge.

Die Leistungsfähigkeit einer Bahn und ihre Betriebskosten, deren annähernde Ermittlung auch zu den vor dem Bau einer Bahn auszuführenden Arbeiten gehört, sind abhängig von den Widerständen, die bei der Zugförderung zu überwinden sind.

Auf einem in Krümmung und Neigung liegendem Gleis setzt sich der Bewegung eines Fahrzeuges ein Widerstand W entgegen, der aus drei Teilen besteht, nämlich

- a) dem Widerstand W_g (in kg) auf grader, wagerechter Bahn, — Reibungs(Lager- und Rollreibungs-)widerstand und Geschwindigkeits-(Luft-)widerstand — in der Regel Laufwiderstand genannt,
 - b) dem Widerstand W_r (in kg), der durch die Krümmung des Gleises verursacht wird (Krümmungswiderstand)
- und c) dem Widerstand W_s (in kg), der durch die Schwerkraft des Fahrzeuges auf der geneigten Bahn hervorgerufen wird (Steigungswiderstand).

Der Gesamtbewegungswiderstand eines Zuges ist dann

$$W^{\text{kg}} = W_g^{\text{kg}} + W_r^{\text{kg}} \pm W_s^{\text{kg}},$$

wobei W_s bei der Talfahrt negativ zu setzen ist; und der auf eine t Zuggewicht entfallende Widerstand beträgt

$$w_{kg/t} = w_g^{kg/t} + w_r^{kg/t} \pm w_s^{kg/t} \dots \dots \dots (1)$$

Der Krümmungswiderstand W_r nimmt mit kleiner werdendem Halbmesser, der Steigungswiderstand W_s mit Vergrößerung der Steigung zu. Da die Leistungsfähigkeit einer Bahnlinie hauptsächlich von den Zugwiderständen abhängig ist, so ist es zweckmäßig, durch günstige Linienführung die Widerstände möglichst klein zu halten, d. h. scharfe Krümmungen und starke Steigungen zu vermeiden. Da aber weiter die Leistung einer Lokomotive am besten ausgenutzt wird, wenn die Widerstände möglichst gleich bleiben, weil dann auch eine gleichmäßige Ausnutzung der Zugkraft der Maschine eintritt, so besteht die Aufgabe der technischen Linienführung ferner in dem Aufsuchen einer Linie mit möglichst gleichbleibendem Widerstand.

Für die folgenden Betrachtungen sei:

- L das betriebsfähige Gewicht der Lokomotive ohne Tender in t,
- T das Gewicht des Tenders in t,
- G das Gewicht des Wagenzuges (ohne Lokomotive und Tender) in t,
- $Q = L + T + G$ das Gesamtgewicht des Zuges in t,
- w_g^L der Laufwiderstand auf ebener, gerader Strecke für Lokomotiven mit Tender in kg für eine t Lokomotivlast,
- w_g^G der Laufwiderstand auf ebener, gerader Strecke für Wagen in kg für eine t Zuggewicht,
- w_g der mittlere Laufwiderstand des ganzen Zuges (Lokomotiven und Wagen) auf ebener gerader Strecke in kg für eine t Zuggewicht,
- w_r^L der Bewegungswiderstand in einer Krümmung vom Halbmesser R für Lokomotiven mit Tender in kg für eine t Lokomotivlast,
- w_r^G der Bewegungswiderstand in einer Krümmung vom Halbmesser R für Wagen in kg für eine t Zuggewicht,
- w_r der mittlere Bewegungswiderstand in einer Krümmung vom Halbmesser R in kg für eine t Zuggewicht,
- w_s der Widerstand auf einer Neigung s in kg für eine t Zuggewicht,
- w^L der gesamte Bewegungswiderstand (Lauf-, Krümmungs- und Steigungswiderstand) für die Lokomotive mit Tender in kg für eine t Lokomotivlast,
- w^G der gesamte Bewegungswiderstand (Lauf-, Krümmungs- und Steigungswiderstand) für die Wagen in kg für eine t Zuggewicht,
- w der mittlere gesamte Bewegungswiderstand (Lauf-, Krümmungs- und Steigungswiderstand) des ganzen Zuges (Lokomotiven und Wagen) in kg für eine t Zuggewicht,
- W der gesamte Bewegungswiderstand (Lauf-, Krümmungs- und Steigungswiderstand) des ganzen Zuges in kg.
- $\pm s$ die Steigung oder das Gefälle in m auf 1000 m Streckenlänge.
- V die Geschwindigkeit des Zuges in kg/Std.,
- v die Geschwindigkeit des Zuges in m/Sek.

a) Laufwiderstand.

Der Laufwiderstand wird in der Hauptsache verursacht durch die Zapfenreibung in den Achslagern, durch die rollende Reibung der Räder auf den Schienen, wozu auch der durch die Schienenstöße und Unebenheiten des Gleises und der Räder hervorgerufene Widerstand zu rechnen ist, und durch den von der Geschwindigkeit des Fahrzeuges und von der Windstärke und Richtung abhängigen Luftwiderstand. Die Zapfenreibung der Räder (gleitende Reibung), sowie ein Teil der rollenden Reibung zwischen Rad und Schiene sind von der Geschwindigkeit des Fahrzeuges annähernd unabhängig; ein anderer Teil, so der Einfluß der Schienenstöße und der Unebenheiten des Gleises und der Räder nimmt mit wachsender Geschwindigkeit zu und kann etwa dem Quadrate der Geschwindigkeit verhältnismäßig gesetzt werden, ebenso wie der Luftwiderstand im Verhältnis zum Quadrate der Geschwin-

digkeit steht. Man kann daher den Laufwiderstand auf ebener, grader Strecke ausgedrückt in kg für eine t Last des Fahrzeuges setzen

$$w_g^{\text{kg/t}} = a + b (V^{\text{km/Std}})^2, \dots \dots \dots (2)$$

worin a den Eigenwiderstand des Zuges, verursacht durch die Zapfenreibung und die rollende Reibung, b den Einfluß der Stoßwirkungen und des Luftwiderstandes und V die Geschwindigkeit des Zuges in km/Std darstellt.

Die Ermittlung der Werte a und b ist auf rechnerischem Wege nicht möglich, weil dabei Einflüsse maßgebend sind, die sich zahlenmäßig nicht festlegen lassen. Die Werte lassen sich vielmehr nur durch Versuche ermitteln; aber auch die Versuche geben kein einwandfreies allgemein gültiges Ergebnis, weil das Ergebnis der Versuche eigentlich nur für das Fahrzeug gilt, für das die Versuche ausgeführt sind. Jedes anders gebaute Fahrzeug wird einen anderen Widerstand ausüben, weil er wechselt mit dem Radstand, der Anordnung der Achsen¹⁾, dem Größenverhältnis von Rad- und Achsschenkeln, der Achszahl, der Schwerpunktslage und dem Belastungsverhältnis der Fahrzeuge. Besonders wird der Widerstand der Lokomotive ein ganz anderer sein als der der Wagen, weil der Widerstand bei den Lokomotiven durch die Reibung der bewegten Teile des Triebwerks und durch die Steuerung wesentlich vermehrt wird. Aber auch der Widerstand der einzelnen Lokomotiven wird verschiedenartig sein und von ihrer Bauart, insbesondere von der Zugkraft, der Zahl der gekuppelten Achsen, von dem Verhältnis des Dienstgewichtes zum Reibungsgewicht und von der Zahl der Zylinder abhängen. Der Wirklichkeit am nächsten würde es daher kommen, wenn man für die einzelnen Lokomotivgattungen besondere Formeln anwenden würde.

Die erste brauchbare, für alle späteren Versuche grundlegende Formel für den Laufwiderstand eines Zuges hat auf Grund von Versuchen bei den schottischen Eisenbahnen auch unter Berücksichtigung eines mäßigen Gegenwindes der Engländer D. K. Clark (für engl. Meilen und Pfund) in der Form

$$w = 8 + \frac{V^2}{171} \text{ aufgestellt, die in kg. t und km umgerechnet lautet:}$$

$$w = 3,63 + 0,001 (V^{\text{km/Std}})^2 \dots \dots \dots (3)$$

Eine ähnliche Formel hat Launhardt auf Grund der bei dem preußischen Bahnnetz vorkommenden mittleren Zugbelastung in der Form

$$w_g^{\text{kg/t}} = 2,8 + 0,00124 (V^{\text{km/Std}})^2 \dots \dots \dots (4)$$

ermittelt²⁾.

Die in der Clarkschen Formel und in ähnlichen anderen vorhandenen Werte für a und b haben den damaligen Verhältnissen im allgemeinen entsprechen. Infolge von Verbesserungen in der Bauart der Betriebsmittel ergeben sie jedoch besonders unter Annahme großer Geschwindigkeiten zu hohe Werte, so daß die Formeln für die heutigen Verhältnisse nicht mehr ganz zutreffend sind. Nach Clark wird z. B.

für $V = 25$ km/Std	. . .	$w_g = 4,25$ kg/t
„ $V = 50$ „	. . .	$w_g = 6,13$ „
„ $V = 100$ „	. . .	$w_g = 13,63$ „

¹⁾ Nach Versuchen, die Hoffmann bei den sächsischen Bahnen anstellte (vgl. Organ f. d. Fortschritte 1885 S. 204 u. ff.) ist der Widerstand der Lenkachsen in der Gradene bei geringster Geschwindigkeit etwa 20 v. H. geringer als der der Steifachsen.

²⁾ vgl. Launhardt, Theorie des Trassierens, II, S. 36, wo die Formel in der Form $w^{\text{t/t}} = 0,0028 + 0,000016 (v^{\text{m/sek}})^2$ angegeben ist.

Die Form der Clarkschen Formel ist aber noch jetzt für Überschlagsrechnungen gebräuchlich. Sie wird mit den für heutige Verhältnisse passenden Zahlenwerten als sogenannte Erfurter Formel bei den preussischen Staatsbahnen für den Widerstand ganzer Züge (einschließlich der Lokomotive) in der Form

$$w_{\text{kg/t}} = 2,4 + \frac{(V^{\text{km/Std}})^2}{1300} = 2,4 + 0,08 \left(\frac{V^{\text{km/Std}}}{10} \right)^2 \dots (5)$$

angewendet. Diese ergibt

für $V = 25 \text{ km/Std}$. . . $w_g = 2,88 \text{ kg/t}$
 " $V = 50$ " . . . $w_g = 4,30$ "
 " $V = 100$ " . . . $w_g = 10,10$ "

vgl. auch die Linie I in Abb. 8.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß die Geschwindigkeit des Zuges auf den Widerstand einen großen Einfluß ausübt; sie sind zahlenmäßig allerdings für heutige Verhältnisse stark übertrieben. Immerhin ist die Höchstgeschwindigkeit eines Zuges schon bei dem Entwurf festzulegen.

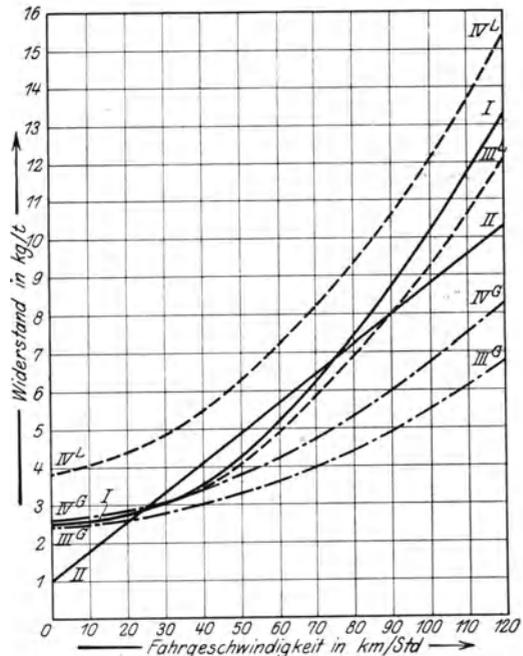
In den Vereinigten Staaten von Amerika wird vielfach die Clarksche Formel in der Form

$$w_{\text{kg/t}} = 1 + 0,078 V^{\text{km/Std}} \dots (6)$$

angewendet¹⁾ (vgl. auch die Linie II in Abb. 8).

Die vorstehenden Formeln berücksichtigen nicht, daß der Luftwiderstand von der Zusammensetzung des Zuges abhängig und der Reibungswiderstand der Lokomotiven und Wagen verschieden ist.

Neuere Versuche unterscheiden sich daher von den älteren im wesentlichen dadurch, daß, während letztere für Lokomotiven und Wagenzüge gemeinsam durchgeführt worden waren, jene für Lokomotiven und Wagenzüge getrennt vorgenommen worden sind. Auf Grund der neueren Versuche sind dann besondere Werte w_g^L für Lokomotiven und w_g^G für Wagen ermittelt worden. Hierbei ist der Widerstand der Tender, weil praktisch schlecht anders durchführbar, in der Regel mit der Lokomotive gemeinsam ermittelt worden, obgleich es richtiger wäre, den Widerstand des Tenders mit dem Widerstand der Wagen zusammen zu behandeln, weil der Widerstand des Tenders nur wenig von dem der Wagen abweichen kann. Das Verfahren bei den Versuchen besteht im allgemeinen darin, daß man die Lokomotiven



- I, Gleichung (5) = Erfurter Formel
- II, " (6) = Amerikanische Formel
- III^L Gl. (9) und III^G Gl. (10)¹ = Formeln von Frank
- IV^L Gl. (13)² und IV^G Gl. (15) = " Strahl
- Linien für ganze Züge
- Lokomotiven
- - - - - " " Wagen

¹ Für $b = 0,033$.

² Für die Heißdampf-Schnellzug-Lokomotive S 6 (vgl. Tabelle S. 130/131) mit 2 gekuppelten Achsen und 2 Dampfzylindern. $L = 60,69 \text{ t}$; $L_p = 34,50 \text{ t}$; $T = 30 \text{ t}$.

Abb. 8. Bildliche Darstellung des Laufwiderstandes nach verschiedenen Formeln.

¹⁾ vgl. Engineering News 1892. Juni-Nr.

auf langen Gefällstrecken bei abgesperrtem Dampf laufen läßt und aus der Geschwindigkeitsänderung die wirkende Kraft berechnet. Der Laufwiderstand ist dann gleich der aus der Geschwindigkeitsabnahme berechneten verzögern- den Kraft vermehrt um den Gefällschub.

Wohl die eingehendsten auf wissenschaftlicher Grundlage fußenden Ver- suche — getrennt für den Widerstand der Lokomotiven und den der Wagen- züge — hat A. Frank (Hannover) durchgeführt¹⁾, der insbesondere auch den Einfluß der Zusammensetzung des Zuges (Bauart und Stellung der Wagen im Zuge) auf die Größe des Luftwiderstandes rechnerisch nachgewiesen hat. Frank ging davon aus, daß der Luftwiderstand in der Hauptsache durch den Druck auf die Stirnflächen entsteht und daher am vordersten Fahrzeuge (der Lokomotive) am stärksten und an den nachfolgenden Wagen, die durch die voranfahrende Lokomotive und etwaige vorstehende Wagen gegen die Einwirkung der Luft zum Teil geschützt sind, entsprechend geringer ist. Im besonderen ist der Einfluß des Windes bei langen Wagen am geringsten, und er wird ferner durch Verbindung der Wagen mit Faltenbälgen, die das Durchblasen des Windes zwischen den Wagen hindern, eingeschränkt.

Frank hat zur Berücksichtigung der verschiedenartigen Zusammensetzung der Züge bei Berechnung des Luftwiderstandes an Stelle der wirklichen Querschnittsflächen der Fahrzeuge Rechnungsflächen f eingeführt, die er in gute Übereinstimmung mit der Erfahrung brachte.

Die von Frank für den Laufwiderstand ermittelten Formeln lauten: für Lokomotiven mit Tender von den Gewichten L^t und T^t :

$$w_g^{L^{kg/t}} = 2,5 + 0,0142 \left(\frac{V^{km/Std}}{10} \right)^2 + \frac{0,54 f_l^{qm}}{L^t + T^t} \left(\frac{V^{km/Std}}{10} \right)^2 \dots (7)$$

für Wagenzüge nebst Gepäckwagen:

$$w_g^{G^{kg/t}} = 2,5 + 0,0142 \left(\frac{V^{km/Std}}{10} \right)^2 + 0,54 \frac{f_1^{qm} + n f_2^{qm}}{n q^t} \left(\frac{V^{km/Std}}{10} \right)^2 \dots (8)$$

Hierin bedeuten:

- f_l = die Rechnungsfläche für die Lokomotive = $1,1 F_l^{qm}$, wenn unter F_l die Querprojektionsfläche der Lokomotive verstanden ist,
- $f_1 = 2,0 \text{ qm}$ = die Rechnungsfläche des ersten, der Lokomotive folgenden Wagens (Gepäckwagen),
- f_2 = die mittlere Rechnungsfläche der einzelnen Wagen. Sie beträgt:
 - für jeden leeren offenen Güterwagen $f_2 = 1,62 \text{ qm}$,
 - für jeden beladenen Güterwagen $f_2 = 0,32 \text{ qm}$,
 - für jeden bedeckten Güterwagen oder Personenwagen $f_2 = 0,56 \text{ qm}$,
- n = die Anzahl der Wagen,
- q = das mittlere Gewicht eines Wagens in t.

Aus vorstehenden Formeln lassen sich für die üblichen Zugarten folgende Näherungsformeln²⁾ ableiten:

für Lokomotiven mit Tender gebräuchlicher Bauart (vgl. auch die Linie III^L in Abb. 8):

$$w_g^{L^{kg/t}} = 2,5 + 0,067 \left(\frac{V^{km/Std}}{10} \right)^2 \dots \dots \dots (9)$$

Diese Formel gibt ebenso wie die Formel (7) nur den Fahrzeug- widerstand an, wie er beim Auslaufe mit warmen Zylindern ohne Dampf-

¹⁾ vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1907 S. 94; 1906 S. 593; 1904 S. 46; 1903 S. 460; ferner A. Frank, Die Widerstände der Lokomotiven und Bahnzüge. Wiesbaden 1886.

²⁾ vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1907, S. 96.

schieber ermittelt wurde, berücksichtigt also die Maschinenreibung nicht.

Für Wagenzüge nebst Gepäckwagen (vgl. auch die Linie III^g in Abb. 8):

$$w_g^{kg/t} = 2,5 + b \left(\frac{V^{km/Std}}{10} \right)^2 \dots \dots \dots (10)$$

Hierin ist für *b* — ähnlich wie von Frank¹⁾ selbst angegeben — für die üblichen Zugarten zu setzen²⁾:

- b* = 0,025 für Schnell- und Personenzüge (300 bis 500 t) aus D-Zug- oder vierachsigen Abteilwagen;
- b* = 0,033 für Personenzüge (300 bis 400 t) aus zwei- oder dreiachsigen Abteilwagen;
- b* = 0,023 für Güterzüge (800 bis 1300 t) aus vollbeladenen offenen Güterwagen (Kohlenzüge);
- b* = 0,033 für Güterzüge (Eilgüterzüge) aus halbbeladenen bedeckten Güterwagen;
- b* = 0,05 für Güterzüge (800 bis 1000 t) aus Wagen, die zur Hälfte bedeckt, zur Hälfte beladen oder leer sind;
- b* = 0,10 für Güterzüge (400 bis 600 t) aus leeren Wagen zur Hälfte bedeckt, zur Hälfte offen;
- b* = 0,14 für leere Kohlenwagenzüge (300 bis 500 t).

Man sieht hieraus, daß je schwerer die einzelnen Wagen sind, desto kleiner der auf 1 t bezogene Fahrwiderstand des Wagenzuges wird. Er ist am kleinsten für schwere Güterzüge und D-Züge und am größten für Leerwagen-Güterzüge.

Von den sonstigen zahlreichen Versuchen für die Ermittlung der Laufwiderstände seien hervorgehoben die von Aspinall³⁾ in den Jahren 1899 und 1900 bei der Lancashire- und Jorkshireisenbahn und die von Barbier⁴⁾ in den Jahren 1891 bis 1897 bei der französischen Nordbahn.

Die von letzterem aufgestellten Formeln haben die Form

$$w = a + bV + cV^2 \dots \dots \dots (11)$$

die zum erstenmal von W. Harding und Gooch angewendet wurde und im Gegensatz zu der Form $w = a + bV$ der Clarkschen Formel in neueren Formeln vielfach zu finden ist. Bei den preußischen Staatsbahnen stellten Leitzmann und v. Borries⁵⁾ eingehende Untersuchungen an.

Ferner seien erwähnt die wertvollen Versuche für große Geschwindigkeiten, die von der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen in Berlin ausgeführt worden sind, bei denen auch der Wert der Zuspitzung der vorderen Fläche der Lokomotive mittels Luftschneiden festgestellt wurde.

Strahl⁶⁾ hat die gebräuchlichsten Widerstandsformeln einer beachtenswerten Kritik unterworfen und eine neue Formel ermittelt, die für die Lokomotive im Gegensatz zu der Frankschen Formel den Widerstand der gekuppelten Achsen, also der Maschinenreibung besonders berücksichtigt. Daher ist diese Formel für die Zwecke der Linienführung am besten zu verwerfen; denn die die Maschinenreibung nicht berücksichtigenden Formeln könnten leicht zu einer Überschätzung der am Tenderzuhaken verfügbaren nutzbaren Zugkraft verführen.

¹⁾ vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1907, S. 96.
²⁾ vgl. Hütte des Bauingenieurs, 24. Aufl., Berlin 1924.
³⁾ vgl. Bulletin des internationalen Eisenbahnkongresses, 1903, S. 188.
⁴⁾ vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1898, S. 1191 und Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens 1900, S. 25.
⁵⁾ vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1904, S. 810.
⁶⁾ Strahl, „Verfahren zur Bestimmung der Belastungsgrenzen der Dampflokomotiven“ in der Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1913, S. 251 u. ff.

Nach der Strahlschen Formel beträgt der Lokomotivwiderstand bei mittelstarkem Seitenwind in kg (vgl. auch die Linie IV^L in Abb. 8):

$$W_g^L = 2,5 L_t^t + c L_r^t + 0,6 F_l \left(\frac{V^{km/Std} + 12}{10} \right)^2 \dots (12)$$

und in kg für eine t Last

$$w_g^L = \frac{2,5 L_t^t + c L_r^t + 0,6 F_l \left(\frac{V^{km/Std} + 12}{10} \right)^2}{L^t + T^t} \dots (13)$$

Hierin bedeuten:

- L_t = das Gewicht der Lokomotive mit Tender auf den Laufachsen in t,
- L_r = das Gewicht der Lokomotive auf den gekuppelten Achsen,
- F_l = 10 qm für die neuzeitlichen Schnell- und Personenzuglokomotiven und die großen Güterzuglokomotiven der Gattung G_8 bis G_{10} (vgl. Tafel S. 130/131),
- c = 5,8 für 2 gekuppelte Achsen bei 2 Dampfzylindern,
- c = 6,0 " 2 " " 4 " ,
- c = 7,3 " 3 " " 2 " ,
- c = 7,5 " 3 " " 4 " ,
- c = 8,4 " 4 " " 2 " ,
- c = 8,6 " 4 " " 4 " ,
- c = 9,3 " 5 " " 2 " ,
- c = 9,5 " 5 " " 4 " .

Die von Strahl für den Widerstand der Wagen ermittelten Formeln passen sich im allgemeinen den Frankschen an, tragen aber auch dem Einfluß des Windes Rechnung. Ihre Zuverlässigkeit hat sich durch Versuchsfahrten erwiesen. Die Formeln lauten für mittelstarken Wind (vgl. auch die Linie IV^G in Abb. 8):

1. für D-Züge, Eil- und Schnellzüge, sowie schwere Güterzüge:

$$w_g^{Gkg/t} = 2,5 + \frac{1}{40} \left(\frac{V^{km/Std} + 12}{10} \right)^2 \dots (14)$$

2. für gewöhnliche Personenzüge:

$$w_g^{Gkg/t} = 2,5 + \frac{1}{30} \left(\frac{V^{km/Std} + 12}{10} \right)^2 \dots (15)$$

3. für Eilgüterzüge:

$$w_g^{Gkg/t} = 2,5 + \frac{1}{25} \left(\frac{V^{km/Std} + 12}{10} \right)^2 \dots (16)$$

4. für gewöhnliche Güterzüge gemischter Zusammensetzung:

$$w_g^{Gkg/t} = 2,5 + \frac{1}{20} \left(\frac{V^{km/Std} + 12}{10} \right)^2 \dots (17)$$

5. für Leerwagengzüge aus zweiachsigen Güterwagen:

$$w_g^{Gkg/t} + 2,5 + \frac{1}{10} \left(\frac{V^{km/Std} + 12}{10} \right)^2 \dots (18)$$

In diesen Formeln, ebenso wie in den Gleichungen (12) und (13) ist bei Windstille für $V + 12$ „ V “, bei besonders starkem Wind für $V + 12$ „ $V + 23$ “ zu setzen.

Nach Versuchen, die v. Glinski¹⁾ ausgeführt hat, ist der Laufwiderstand

¹⁾ Vortrag im Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure am 18. Sept. 1917. Annalen für Gewerbe und Bauwesen.

weniger von der Zusammensetzung und vom Gewicht des Zuges abhängig. Immerhin empfiehlt er für Personen- und Schnellzüge die Formeln von Frank und Strahl; für Güterzüge dagegen schlägt er die Berechnung des Laufwiderstandes nach der Achszahl vor und empfiehlt für eine Achse $0,55 V^{\text{km/Std}}$ zu setzen.

Im allgemeinen genügt für die Zwecke der Linienführung — zumal bei überschläglichen Berechnungen und mittleren Fahrgeschwindigkeiten — die Anwendung der Erfurter Formel (5), die allerdings für große Geschwindigkeiten und schwere Züge zu hohe Werte liefert¹⁾. Bei hohen Geschwindigkeiten und genaueren Berechnungen rechnet man daher mit den Frankschen Formeln (9) und (10) oder besser mit den Formeln von Strahl. Abb. 8 zeigt eine bildliche Gegenüberstellung der Ergebnisse der gebräuchlichsten, oben angegebenen Formeln. Bei der Wahl der Formel wird man bei günstigen Verhältnissen (gutem Oberbau, geringer Geschwindigkeit, Vorhandensein von Lenkachsen oder Drehgestellen, günstigen Windverhältnissen²⁾) die Formeln bevorzugen, die geringere Werte ergeben, dagegen bei ungünstigen Verhältnissen (schlechtem Oberbau, großer Geschwindigkeit, festen Achsen, starkem Gegenwind) die einen größeren Widerstand ergebenden Formeln anwenden, und ferner bei Einsetzen des Wertes für V gegebenenfalls einen Gegenwind von 10 bis 20 km/Std in Rechnung stellen.

Der Laufwiderstand bei den auf Rillenschienen laufenden Straßenbahnen ist größer als bei den auf Vignoles-Schienen verkehrenden Zügen. Er schwankt bei Straßenbahnen auf Rillenschienen zwischen 8 und 12 kg/t³⁾, während man für Straßenbahnen auf Vignoles-Schienen bei mäßigen Geschwindigkeiten mit einem mittleren Widerstand von 5 bis 8 kg/t rechnen kann.

Zur Ermittlung der Widerstände für Schmalspurbahnen fehlt es an Versuchen. Guter Oberbau und gute Fahrzeuge vorausgesetzt, wird in der Formel $w = a + b V^2$ der Wert a sich gegen die Vollspur nur für Lokomotiven etwas wegen ihrer engeren Bauart vergrößern, während der Wert b sich infolge Verkleinerung der der Luft dargebotenen Fläche verringern wird.

Haarmann⁴⁾ empfiehlt für

Spurweite m	Lokomotivwiderstand w_L kg/t	Wagenwiderstand w_G kg/t
1,0	$4\sqrt{k} + 0,0025 V^2$	$1,7 + 0,0013 V^2$
0,75	$4\sqrt{k} + 0,0030 V^2$	$2,0 + 0,0015 V^2$
0,60	$4\sqrt{k} + 0,0035 V^2$	$2,2 + 0,0017 V^2$

. . . (19)

worin k die Anzahl der starr gekuppelten Triebachsen bedeutet. Diese Formeln ergeben besonders für Lokomotiven etwas hohe Werte.

O. Blum empfiehlt daher⁵⁾

Spurweite m	Lokomotivwiderstand w_L kg/t
1,0	$3\sqrt{k} + 0,0015 V^2$
0,75	$3\sqrt{k} + 0,0020 V^2$
0,60	$3\sqrt{k} + 0,0025 V^2$

. (20)

¹⁾ Die Formel gilt daher vorwiegend für Güterzüge.
²⁾ Die Zunahme des Widerstandes infolge Seitenwind beträgt rund 0,5 bis 1 kg für 1 t des beförderten Gewichtes.
³⁾ Die Berliner Straßenbahn rechnet mit einem Laufwiderstand von 8 kg/t.
⁴⁾ A. Haarmann, Die Kleinbahnen, Berlin 1896, S. 116.
⁵⁾ vgl. Zeitschr. f. Bauwesen 1903, S. 515.

Nach Angabe in der Hütte des Bauingenieurs wird häufig gerechnet mit

Spurweite m	Lokomotivwiderstand w_g^L kg/t	Wagenwiderstand w_g^G kg/t
1,0	$2,7 \sqrt{a} + 0,0015 V^2$	$2,6 + 0,0003 V^2$
0,75	$2,8 \sqrt{a} + 0,0010 V^2$	$2,7 + 0,0002 V^2$
0,60	$2,9 \sqrt{a} + 0,0008 V^2$	$2,8 + 0,0002 V^2$

. . . (21)

wo für schwerere Güterzuglokomotiven $a = 3$ und für Personenzuglokomotiven $a = 2$ zu setzen ist.

Der Laufwiderstand von reinen Zahnradlokomotiven wird wegen der verwickelten Bauart wesentlich größer als bei Reibungsbahnen, wenn auch die Geschwindigkeit meist sehr gering ist (7 bis 15 km/Std). Er kann etwa zu:

$$w_g^L = 16 \text{ bis } 18 \text{ kg/t für 2-Zylinderlokomotiven}$$

$$w_g^L = 20 \text{ bis } 24 \text{ " " 4- " "}$$

angenommen werden. Für den durchschnittlichen Widerstand des ganzen Zuges, einschließlich Zahnradlokomotiven, rechnet Dolezalek bei Zahnbahnen mit etwa 12 bis 15 kg/t¹⁾.

Für Lokomotiven mit gemischtem Antrieb kann nach O. Blum gesetzt werden:

bei 2 Triebachsen der Reibunglokomotive	$w_g^L = 7,3 \text{ kg/t,}$
" 3 " " "	$w_g^L = 8,2 \text{ " ,}$
" 4 " " "	$w_g^L = 9,0 \text{ " .}$

b) Krümmungswiderstand.

In Krümmungen erfährt der Laufwiderstand eine Erhöhung, die abhängig ist von dem Halbmesser des Gleisbogens, dem Achsstand, von der Form der Radflanschen und ihrem seitlichen Spielraum, dem Raddurchmesser, der Spurweite und Spurerweiterung, von der Schienenüberhöhung und der Geschwindigkeit der Züge.

Die wesentlichsten Ursachen des Krümmungswiderstandes sind folgende:

1. Infolge der Fliehkraft wird bei fehlender Überhöhung ein Fahrzeug mit einer Kraft $\frac{m v^2}{R}$ nach außen gedrückt und dadurch eine Reibung der Spurkränze an der

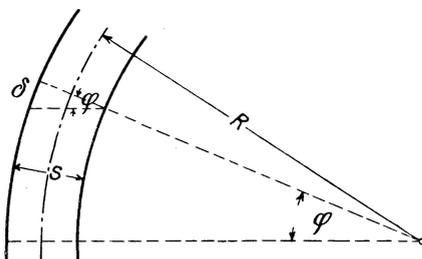


Abb. 9.

äußeren Schiene herbeigeführt, gegen die die Überhöhung der äußeren Schiene nur ein bedingt wirksames Mittel ist. Durch die Zugkräfte benachbarter Fahrzeuge, die nach innen wirken, wird der Krümmungswiderstand allerdings vermindert.

Das äußere Rad hat nach Abb. 9 einen um $\delta = s\varphi$ größeren Weg zurückzulegen, da die Eisenbahnräder fest auf den Rädern aufgekeilt sind, durch Gleiten zurückgelegt werden muß. Ein wenn auch nicht vollkommenes Mittel hiergegen ist die Kegelgestalt der Radreifen; denn da in den Krümmungen der Spurkranz des äußeren Rahmens durch

die Fliehkraft gegen den Schienenkopf gedrängt wird, so läuft das äußere Rad infolge der kegelförmigen Lauffläche auf einem größeren, das Innere auf einem kleineren Durchmesser.

¹⁾ vgl. Eisenbahntechnik d. Gegenwart, 4. Bd., Abschn. A, Zahnbahnen, 1905, S. 119.

3. Durch das nicht freie Einstellen zweier Achsen mit festem Radstand wird das äußere Vorder- und das innere Hinterrad an die Schiene stark angepreßt. Teilweise Mittel dagegen sind die Spurerweiterung, die Anordnung freier Lenkachsen und Drehgestelle.

Rechnungsmäßig ist der Krümmungswiderstand von Redtenbacher(1855), und Boedecker¹⁾ ermittelt worden. Letzterer errechnet für einen Wagen bei Vollspur und 4 m Achsstand den Krümmungswiderstand zu

$$w_r^{G\text{ kg/t}} = \frac{859,38}{R^m} - \frac{\sigma^{mm}}{134} \dots \dots \dots (22)$$

hierbei bezeichnen R den Halbmesser des Gleises und σ den Spielraum der Radflanschen zwischen den Schienenköpfen. Wenn auch diese Formel im allgemeinen praktisch richtige Ergebnisse liefert, so wird sie doch wenig verwendet, weil andere Formeln, die die Frage des Krümmungswiderstandes auf dem Wege der Versuche gelöst haben, einfachere Formen aufweisen.

Am meisten Beachtung haben die in den Jahren 1877/78 bei den bayrischen Staatsbahnen von v. Röckl ausgeführten Versuche gefunden²⁾, obgleich die von ihm ermittelte Formel

$$w_r^{G\text{ kg/t}} = \frac{650,4}{R^m - 55} \dots \dots \dots (23)$$

keine Rücksicht auf den Achsstand der Wagen und die Geschwindigkeit der Züge nimmt. Diese Formel gilt eigentlich nur für diejenigen Wagen, mit denen die Versuche vorgenommen worden sind. Sie liefert aber annähernd gleiche Ergebnisse, wie die auf rechnerischen Ermittlungen beruhende Formel von Boedecker.

Ähnliche Versuche sind u. a. von Baum, Jähns und Scheffler ausgeführt worden. Launhardt³⁾ rechnet mit der einfachen Formel

$$w_r^{\text{kg/t}} = \frac{1000}{R^m}, \dots \dots \dots (24)$$

die aber zu hohe Werte ergibt.

Auf Grund von Versuchen bei den sächsischen Staatsbahnen hat ferner Hoffmann unter Berücksichtigung des Achsstandes l für Fahrzeuge mit festen Achsen folgende Formel⁴⁾ aufgestellt:

$$w_r^{\text{kg/t}} = 21 \cdot \frac{4l^m + (l^m)^2}{R^m - 45} \dots \dots \dots (25)$$

Sie setzt die Kenntnis des Achsstandes jedes einzelnen im Zuge laufenden Fahrzeuges voraus und ist daher in dieser Form praktisch schwer verwertbar, liefert aber für einen mittleren Achsstand von 4 m ein der Röcklschen Formel nahekommendes Ergebnis.

Neuere Versuche, die besonders von Hoffmann und Frank ausgeführt sind, tragen der neuerzeitlichen Bauart mit Lenkachsen und Drehgestellen Rechnung, die eine wesentliche Verringerung des Krümmungswiderstandes herbeigeführt hat. Nach den Versuchen von Hoffmann ermäßigt sich nämlich der Krümmungswiderstand für Wagen mit Lenkachsen und Drehgestellen bei 5 m Radstand auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$, bei 7 m Radstand auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{6}$ des Widerstandes der steifachsigen Wagen. Auf Bahnen mit scharfen Krümmungen sollte man daher entweder steifachsige Wagen nur mit kurzem Radstand oder am besten Lenkachsen oder Drehgestellwagen verwenden. Für Fahrzeuge mit Lenkachsen schlägt Hoffmann auf Grund seiner bei den sächsischen Staatsbahnen mit 0,75 m Spurweite angestellten Versuche, wenn l der Radstand der Fahrzeuge ist, die Formel vor:

$$w_r^{\text{kg/t}} = \frac{40l^m + 0,4R^m}{R^m} \dots \dots \dots (26)$$

die wesentlich geringere Werte als seine Formel für feste Radstände ergibt.

1) Boedecker, Die Wirkungen zwischen Rad und Schiene. Hannover 1887, S. 60.
 2) vgl. Zeitschr. f. Baukunde, München 1880, S. 541 u. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwes. 1881, S. 262.
 3) Launhardt, Theor. d. Trassierens II, S. 36.
 4) vgl. Org. f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwes. 1885, S. 174.

Der Krümmungswiderstand für Lokomotiven wird im allgemeinen nach denselben Formeln wie der Krümmungswiderstand für Wagen ermittelt, wenn schon der Krümmungswiderstand der Lokomotiven durch die ausgeübte Zugkraft beeinflußt und bei großen Zugkräften wesentlich höher als der der Krümmungswiderstand der Wagen wird. Man berechnet ihn meist nach der Röcklschen Formel:

$$w_r^{L\text{kg/t}} = \frac{650}{R^m - 55} \dots \dots \dots (27)$$

Für genauere Berechnungen empfiehlt Frank¹⁾ mit Rücksicht darauf, daß der Widerstand auch von der von der Zugvorrichtung auf den Wagen ausgeübten Zugkraft und dem Gewichte des Fahrzeuges abhängig ist, besondere Formeln für Personen- und Güterzüge und zwar:

für Personenzüge (ohne Lokomotive) $w_r^G = \frac{l^m}{R^m} \left(180 - \frac{1000 l^m}{R^m} \right) \dots \dots (28)$

für Güterzüge (ohne Lokomotive) $w_r^G = \frac{l^m}{R^m} \left(180 - \frac{2000 l^m}{R^m} \right) \dots \dots (29)$

Da im allgemeinen die Formel (27) von v. Röckl noch zu ausreichend richtigen Ergebnissen führt und den Vorzug großer Einfachheit aufweist, wird meist noch sowohl für Lokomotiven wie für Wagen nach dieser gerechnet, soweit man nicht für die Personen- und Güterwagen die genaueren Frankschen Formeln anwendet.

Krümmungen, die so schwach sind, daß der Bogenwiderstand vernachlässigt werden kann, nennt man unmerkliche Krümmungen. Sie werden in bezug auf den Widerstand den Geraden gleich erachtet. Als solche Krümmungen betrachtet man alle Bogen mit einem Halbmesser von über 1500—2000 m.

Auch für den Krümmungswiderstand fehlt es bei Schmalspurbahnen an ausreichenden Versuchen. Die gebräuchlichen Formeln für diesen sind der Röcklschen Formel nachgebildet. Goering²⁾ rechnet in annähernder Übereinstimmung mit den von Haarmann³⁾ angegebenen Werten mit folgenden Formeln:

Spurweite m	Krümmungswiderstand w_r kg/t
1,0	$\frac{400}{R - 20} \dots \dots \dots (30)$
0,75	$\frac{350}{R - 10}$
0,60	$\frac{200}{R - 5}$

Es ist jedoch auch hier zu berücksichtigen, daß der Krümmungswiderstand wesentlich durch den Achsstand und die Anordnung der Achsen (ob Steif- oder Lenkachsen und Drehgestelle) beeinflußt wird.

¹⁾ vgl. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1903, S. 460 u. Org. f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwes. 1892, Heft 2.
²⁾ vgl. Hütte des Bauingenieurs, 24. Aufl. Berlin 1924.
³⁾ A. Haarmann, Die Kleinbahnen, Berlin 1896, S. 116.

c) Steigungswiderstand.

Die Steigung einer Bahnlinie bezeichnet man in Verhältniszahlen (1:n) oder besser in Tausendsteln der Länge (s ‰ oder v. T.), man spricht daher von der Neigung 1:200, wenn auf 200 m Länge 1 m Hebung vorhanden ist oder von 5 ‰ oder 5 v. T., wenn auf 1000 m Länge die Hebung 5 m beträgt.

In der Steigung erfährt nach Abb. 10 der Lauf- und der etwa vorhandene Krümmungswiderstand noch einen Zusatz durch die Seitenkraft $Q \sin \alpha$, die das Fahrzeug nach unten zieht. Der gesamte Steigungswiderstand W_s^{kg} für ein Fahrzeug vom Gewicht G^t ist daher

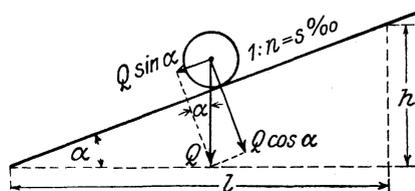


Abb. 10.

$$W_s^{kg} = G^{kg} \cdot \sin \alpha \quad \dots (31)$$

da bei Reibungsbahnen der Winkel α im allgemeinen sehr klein ist (bis 4°), so ist annähernd genau genug $\sin \alpha = \text{tg } \alpha$ zu setzen¹⁾. Ist s die Neigung der Bahn in Tausendsteln, h die überwundene Höhe und l ihre Länge, so ist

$$\text{tg } \alpha = \frac{h}{l} = \frac{s}{1000}$$

sodaß

$$W_s^{kg} = \frac{G^{kg} \cdot s \text{ ‰}}{1000} = G^t \cdot s \text{ ‰}.$$

Bezeichnet ferner w_s den durch die Schwerkraft auf geneigter Bahn verursachten Widerstand in kg für eine t Zuggewicht, so ist

$$w_s^{kg/t} = \pm s \text{ ‰} \quad \dots \dots \dots (32)$$

Dieser Neigungswiderstand ist bei der Bergfahrt mit positivem, bei der Talfahrt, wo er fördernd wirkt, mit negativem Vorzeichen einzusetzen. Der Zugwiderstand wächst also auf einer Bahnlinie mit geringen Steigungen bei der Bergfahrt für jedes m/km Steigung um 1 kg/t. Die Bauart der Wagen hat auf den Steigungswiderstand keinen Einfluß.

d) Gesamtbewegungswiderstand.

Der gesamte Bewegungswiderstand, bestehend aus Lauf-, Krümmungs- und Steigungswiderstand, beträgt demnach für eine t Zuggewicht unter Zugrundelegung der auf S. 143 angegebenen Bezeichnungen:

$$\text{für Lokomotiven und Tender } w^L = w_g^L + w_r \pm s \quad \dots \dots (33)$$

$$\text{für Wagen } w^G = w_g^G + w_r \pm s \quad \dots \dots (34)$$

und demnach der Gesamtwiderstand für den ganzen Zug

$$\begin{aligned} W^{kg} &= (L^t + T^t) w^{L(kg/t)} + G^t w^{G^{kg/t}} \\ &= (L^t + T^t) w_g^{L(kg/t)} + G^t w_g^{G(kg/t)} + Q^t (w_r^{kg/t} \pm s \text{ ‰}) \quad \dots \dots (34a) \end{aligned}$$

¹⁾ Bei Zahnbahnen und Seilbahnen, bei denen der Steigungswinkel α bis zu 15° und 35° ansteigt, kann $\sin \alpha$ nicht durch $\text{tg } \alpha$ ersetzt werden.

Der mittlere Laufwiderstand des ganzen Zuges ist also (für $w_r = 0$; $s = 0$)

$$w_g = \frac{(L^t + T^t) w_g^{L^{(kg/t)}} + G^t w_g^{G^{(kg/t)}}}{Q^t} \dots \dots \dots (35)$$

Daher ergibt sich aus Gleichung (34a) und (35)

$$W^{kg} = Q^t (w_g^{kg/t} + w_r^{kg/t} \pm s^{0/00}) \dots \dots \dots (36)$$

Da nun die Zugkraft Z der Lokomotive am Triebbradumfang dem Widerstand entsprechen muß, so muß sein $Z^{kg} \geq W^{kg}$

$$Z^{kg} = Q^t (w_g^{kg/t} + w_r^{kg/t} \pm s^{0/00}) \dots \dots \dots (37)$$

$$Z^{kg} = (L^t + T^t) w^{L^{(kg/t)}} + G^t w^{G^{(kg/t)}} \dots \dots \dots (38)$$

woraus das gesamte Gewicht des Wagenzuges bei einer bestimmten vorhandenen Zugkraft der Maschine sich errechnet zu

$$G^t = \frac{Z^{kg} - (L^t + T^t) w^{L^{(kg/t)}}}{w^{G^{(kg/t)}}} \dots \dots \dots (39)$$

Dieses Gewicht G des Wagenzuges schwankt bei Personenzügen zwischen 150 und 500 t, bei Güterzügen zwischen 600 und 2000 t. Ist m die Achszahl des Zuges ohne Lokomotive und Tender und g das durchschnittliche

Gesamtgewicht einer Wagenachse in t, so ist $m = \frac{G^t}{g^t}$.

2. Lokomotiveleistung.

Die Leistung einer Lokomotive — d. i. das Produkt aus Zugkraft mal Geschwindigkeit — ist von drei Größen abhängig:

1. Von der Dampfentwicklungsfähigkeit des Kessels.
2. Von der Bauart und den Abmessungen der Dampfmaschine nebst dem Triebraddurchmesser.
3. Für die Erreichung einer gewissen Zugkraft auch von dem Reibungsgewicht der Lokomotive; bei höheren Geschwindigkeiten ist das Reibungsgewicht jedoch ohne Einfluß auf die Leistung.

Aus der Heizfläche des Kessels ergibt sich die größte Zugkraft, die bei andauernder Beanspruchung der Lokomotive nutzbar gemacht werden kann. Ihr muß die Maschinenzugkraft angepaßt werden, d. h. es müssen die Dampfzylinder so groß sein, daß sie den Dampf wirtschaftlich verarbeiten können; auch müssen die Triebraddurchmesser und der Kolbenhub im richtigen Verhältnis zum Zylinderdurchmesser stehen. Beide Werte können aber nur so weit ausgenutzt werden, als es die Reibung der Triebräder auf den Schienen ermöglicht; denn die Reibungszugkraft ist die größte Kraft, die die Lokomotive überhaupt (z. B. beim Anfahren) leisten kann. Die Größtwerte der drei Zugkräfte müssen bei zweckmäßig gebauten Lokomotiven einander möglichst nahe kommen, weil z. B. eine einseitige Vergrößerung des Reibungsgewichtes wertlos ist, wenn es durch die Maschinenzugkraft nicht ausgenutzt werden kann; und eine zu große Maschinenzugkraft wiederum ist überflüssig, wenn der Kessel nicht den zum Betreiben der Maschine erforderlichen Dampf erzeugen kann.

Da nie eine größere Zugkraft als die Reibungszugkraft Z_r nutzbar gemacht werden kann, so ist

$$Z_{\max} \leq Z_r \dots \dots \dots (40)$$

Will man mit mäßigem Lokomotivgewichte bei starker Steigung eine hohe Zugkraft ausüben, so bleibt nur die Möglichkeit, die Reibung — etwa durch eine Zahnstange — künstlich zu erhöhen.

Die Leistung der normalspurigen Lokomotive schwankt zwischen 300 und 2000 PS.

Bei den folgenden Erörterungen soll bezeichnen¹⁾:

- Z_k die Zugkraft aus der Kesselleistung in kg,
 Z_m die Zugkraft am Umfange des Triebrades (Maschinenzugkraft) in kg,
 Z_r die Reibungszugkraft in kg,
 μ den Reibungswert zwischen Triebbad und Schiene auf der offenen Bahnstrecke,
 μ_t den Reibungswert zwischen Triebbad und Schiene im Tunnel,
 L_{lr} das Leergewicht der Lokomotive in t,
 L das betriebsfähige Gewicht (Dienstgewicht) der Lokomotive ohne Tender in t,
 L_r das Reibungsgewicht der Lokomotive (d. i. Gewicht der Trieb- und Kuppelachsen) in t,
 T das Gewicht des Tenders in t,
 G das Gewicht des Wagenzuges (ohne Lokomotive und Tender) in t,
 $Q = L + T + G$ das Gesamtgewicht des Zuges in t,
 α den Neigungswinkel der Bahnstrecke,
 d den Durchmesser des Dampfzylinders in cm,
 l den Kolbenhub in cm,
 D den Durchmesser der Triebräder in cm,
 p_i die mittlere (indizierte) Dampfspannung im Zylinder in $\text{kg/cm}^2 = \text{at}$,
 p den am Manometer abzulesenden Kesselüberdruck in $\text{kg/cm}^2 = \text{at}$,
 η den Wirkungsgrad der Maschine unter Berücksichtigung der Reibungswiderstände,
 V die Geschwindigkeit des Zuges in km/Std,
 v die Geschwindigkeit des Zuges in m/Sek = $\frac{V \text{ km/Std}}{3,6}$,
 N die Kesselleistung der Lokomotive in Pferdestärken (PS),
 H die gesamte, vom Feuer berührte Heizfläche des Kessels in qm ,
 a die Anzahl der durch 1 qm Heizfläche durchschnittlich entwickelten Pferdestärken,
 R die gesamte Rostfläche des Kessels in qm .

a) Zugkraft aus der Kessel- und Maschinenleistung.

Die Ermittlung der Zugkraft aus der Kesselleistung ist von Bedeutung, weil die Dampferzeugung des Kessels ausreichend sein muß, um während der Fahrt die nötige Dampfmenge sicher zu liefern. Denn um den Zug in der Fahrt zu erhalten, muß dauernd der mittlere Dampfdruck p_i im Zylinder zur Verfügung stehen. Dampferzeugung und Dampfverbrauch sollen sich während der Fahrt das Gleichgewicht erhalten, auch soll der Dampfdruck auf einer bestimmten Höhe verbleiben. Vorbedingung für eine ausreichende Dampferzeugung ist eine gute Verbrennung. Da diese um so vollkommener und lebhafter ist, je gleichmäßiger und stärker die Saugwirkung des Blasrohres ist, so nimmt die Leistungsfähigkeit der Verbrennung und Verdampfung mit wachsender Fahrgeschwindigkeit zu.

Ist Z_k die Zugkraft aus der Kesselleistung in kg und W der Gesamtwiderstand des Zuges in kg, so ist, da die Arbeitsleistung das Produkt aus Zugkraft mal Geschwindigkeit darstellt,

$$N^{PS} = \frac{Z_k^{kg} v^{m/Sek}}{75} = \frac{Z_k^{kg} V^{km/Std}}{270} = \frac{W^{kg} V^{km/Std}}{270} \dots \dots \dots (41)$$

Je nachdem der Gesamtwiderstand W aus einer Formel berechnet wird, die die Maschinenreibung berücksichtigt (Strahl) oder nicht (Frank), ergibt

¹⁾ vgl. auch die Bezeichnungen auf S. (143).

die vorstehende Formel Dampfleistungen in den Zylindern oder Nutzleistungen am Triebbradumfang.

Im allgemeinen ist die Nutzleistung N_n am Triebbradumfang 7 bis 10 v.H. kleiner als die Dampfleistung N_i , also

$$N_n^{PS} = 0,90 \text{ bis } 0,93 N_i^{PS} \dots \dots \dots (42)$$

Man sieht aus der Formel (41), daß dieselbe Leistung N erreicht werden kann mit einer mäßigen Zugkraft und einer großen Geschwindigkeit, wie bei Schnellzuglokomotiven, oder mit einer großen Zugkraft und mit einer kleinen Geschwindigkeit, wie bei Güterzuglokomotiven. Von Schnellzuglokomotiven pflegt man jetzt ein rasches Anfahren zu verlangen, wozu ein großes Reibungsgewicht notwendig ist; deshalb werden auch die preußischen Schnellzuglokomotiven trotz des überwiegenden Flachlandcharakters mit drei gekuppelten Achsen gebaut.

Die Kesselleistung hängt in erster Linie von der Größe der Heizfläche des Kessels ab. Sie ist daher auch im allgemeinen der Heizfläche H des Kessels verhältnismäßig. Es ist demnach, wenn a die Anzahl der durch 1 qm Heizfläche durchschnittlich entwickelten Pferdestärken bedeutet:

$$N^{PS} = a^{PS/qm} H^{qm} \dots \dots \dots (43)$$

$$\text{und } Z_k^{kg} = \frac{270 N^{PS}}{V^{km/Std}} = \frac{270 a^{PS/qm} H^{qm}}{V^{km/Std}} \text{)} \dots \dots \dots (44)$$

Der Wert a ist von der Umlaufzahl der Triebräder (3 bis 6 in der Sekunde) oder der Geschwindigkeit und von der Art der Dampfausnutzung — ob Zwilling- oder Verbundwirkung — abhängig. Als Beispiel von Formeln zur Ermittlung des Wertes a seien die von Frank angegeben:

$$\text{für Personen- und Schnellzuglokomotiven } a = 0,617 \sqrt{V} \dots \dots \dots (45)$$

$$\text{für Güterzuglokomotiven } \dots \dots \dots a = 0,6 + 0,527 \sqrt{V} \dots \dots \dots (46)$$

sodaß sich ergibt:

$$\text{für Personen- und Schnellzuglokomotiven } Z_k = \frac{166,5 \cdot H}{\sqrt{V}} \dots \dots \dots (47)$$

$$\text{für Güterzuglokomotiven } \dots \dots \dots Z_k = \left[\frac{162}{V} + \frac{142}{\sqrt{V}} \right] H \dots \dots \dots (48)$$

Da nun durch die Heizfläche des Kessels auch die Größe der Rostfläche bestimmt wird, so kann man zur Ermittlung der Kesselleistung auch von der Rostfläche ausgehen. Es wird daher neuerdings nach Strahl²⁾ die Leistung einer Lokomotive besser auf 1 qm der Rostfläche R anstatt der Heizfläche H bezogen. Strahl ermittelt die Höchstleistung der Lokomotive zu

$$N_i = C R \dots \dots \dots (49)$$

worin für C je nach der Bauart der Lokomotiven (ob Zwilling- oder Verbundwirkung, Naßdampf oder Heißdampf usw.) 314 bis 642 zu setzen ist. Im besonderen können die günstigsten Werte aus nebenstehender Zusammenstellung (S. 157) ermittelt werden.

Vielfach wird für neuzeitlichen Lokomotiven als Mittelwert mit $C = 500$ und 550 gerechnet.

¹⁾ Ein anderes Verfahren zur Ermittlung der Kesselzugkraft gibt Hinnenthal in Göschen, Band 107, Die Dampflokomotiven, 2. Aufl. 1921, S. 108—116.

²⁾ Die Anstrengung der Dampflokomotiven, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwes. 1908, S. 337; vgl. ferner Strahl, Verfahren zur Bestimmung der Belastungsgrenzen der Dampflokomotiven, Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1913, S. 251.

Zylinder gerechnet wird, ist, wenn d_n der Durchmesser des Niederdruckzylinders ist, bei Zweizylinder-Lokomotiven zu setzen:

$$Z_m^{kg} = \eta p_i \frac{(d_n^{cm})^2 l^{cm}}{2 D^{cm}} \dots \dots \dots (52)$$

und

$$d_n^{cm} = \sqrt{\frac{2 Z_m^{kg} D^{cm}}{\eta p_i \frac{kg}{cm^2} l^{cm}}} \dots \dots \dots (53)$$

Entsprechend wird bei Vierzylinder-Verbundlokomotiven mit Rücksicht auf die zwei Niederdruckzylinder

$$Z_m^{kg} = \eta p_i \frac{(d_n^{cm})^2 l^{cm}}{D^{cm}} \dots \dots \dots (54)$$

und

$$d_n^{cm} = \sqrt{\frac{Z_m^{kg} D^{cm}}{\eta p_i \frac{kg}{cm^2} l^{cm}}} \dots \dots \dots (55)$$

Die wirtschaftliche Leistung der Lokomotive ist hauptsächlich von dem richtigen Verhältnis der Zylindergröße zu der maßgebenden Kesselgröße (Heiz- und Rostfläche) abhängig. Bei der Unsicherheit, die Dampfspannung p_i im Zylinder ohne Rücksicht auf den Kessel zu schätzen, ist es daher heute üblich, statt dessen den Zylinderinhalt zur Heiz- oder Rostfläche der Lokomotive in ein richtiges Verhältnis zu bringen. Es geschieht dies unter Zugrundelegung der meist vorkommenden Geschwindigkeit der Lokomotive mit Hilfe von Konstanten, die aus bewährten Lokomotivbauarten abgeleitet sind.

b) Zugkraft mit Rücksicht auf die Reibung.

Die Zugkraft der Lokomotive entsteht dadurch, daß die Dampfmaschine die Triebräder in Bewegung setzt. Erfahren diese dann an den Schienen eine Reibung, die größer ist als der Widerstand von Maschine und Zug, so beginnen die Räder zu rollen und der Zug setzt sich in Bewegung.

Die größte Zugkraft, die auf der Wagerechten ausgeübt werden kann, ist daher gleich der Reibung der Trieb- und Kuppelräder auf den Schienen, so daß

$$Z_r^{kg} = \mu L_r^{kg}$$

und

$$Z_r^{kg} = n \mu L, \tag{56}$$

wenn $n = \frac{L_r}{L}$ den von dem Gesamtlokomotivdienstgewicht auf die Trieb- und Kuppelachsen entfallenden Gewichtsanteil angibt.

Auf geneigter Bahn ist

$$Z_r^{kg} = \mu \cdot L_r^{kg} \cdot \cos \alpha.$$

Da aber α bei Reibungsbahnen mit einer Maximalsteigung von höchstens $s = 70$ v.T. im allgemeinen sehr klein ist (etwa 4^0), so ist annähernd genau genug zu setzen $\cos \alpha = 1$, so daß auch auf geneigter Bahn

$$Z_r^{kg} = \mu L_r^{kg} \dots \dots \dots (56a)$$

wird.

Soll die Zugkraft erhöht werden, so kann dies geschehen durch Vergrößerung des Reibungsgewichtes L_r , oder durch Erhöhung des Reibungswertes μ .

Das Reibungsgewicht L_r der Lokomotiven ist das Gewicht der Lokomotive, das auf die Triebachsen entfällt, also meist nur ein Teil des Gesamtgewichtes. Der Rest wird von den ohne Antrieb laufenden Laufrädern getragen. Um das Reibungsgewicht zu erhöhen — dem zu großen Gewicht einer Achse ist durch die Tragfähigkeit des Oberbaues eine Grenze gesetzt (vgl. S. 227) —, kuppelt man die unmittelbar von der Dampfmaschine betriebenen Achsen mit mehreren anderen (Kuppelachsen). Während man bei Personen- und Schnellzuglokomotiven mit weniger gekuppelten Achsen (2 bis 3) auskommt, weil hier geringere Zugkräfte notwendig werden, baut man die Lokomotiven der eine große Zugkraft erfordernden schweren Güterzüge so, daß, wenn notwendig, das ganze Lokomotivgewicht (3 bis 5, zuweilen auch 6 Achsen) zur Erzeugung der Zugkraft ausgenutzt ist. Die Gesamtzahl der Lokomotivachsen schwankt in der Regel zwischen 2 und 8, geht in Amerika aber sogar bis auf 12 herauf. Das Reibungsgewicht für vollspurige Lokomotiven liegt etwa zwischen 20 und 70 t, für Schmalspurlokomotiven zwischen 8 und 40 t. Das Reibungsgewicht der Tenderlokomotiven wird durch das Gewicht von Kohle und Wasser erhöht; es ist daher schwankend und erhält am Ende der Fahrt seinen kleinsten Wert. Für die gekuppelten Achsen ist eine gleichmäßige Belastung anzustreben und gegebenenfalls sind zum Ausgleich der Raddrucke Hebel einzuschalten; jedoch wird empfohlen, die vorangehende (führende Achse) weniger zu belasten als die folgenden (TV. § 90). Die Raddurchmesser aller gekuppelten Achsen müssen gleich groß sein. Die Personenzuglokomotiven erfordern entsprechend ihrer größeren Geschwindigkeit größere Triebräder, damit die Umdrehungszahl und entsprechend die Kolbengeschwindigkeit sowie die Massenkräfte der Triebwerksteile nicht zu groß werden. In Deutschland erreichen die Triebräder der Personenzuglokomotiven einen Durchmesser bis zu 2,2 m, während die der Güterzuglokomotiven in der Regel nur Durchmesser von 1,2 bis 1,5 m aufweisen.

Der Reibungswert μ ist sehr veränderlich, er ist abhängig von der Höhenlage der Bahn, von den Witterungs- und Feuchtigkeitsverhältnissen, von der Jahreszeit (ob Sommer oder Winter), mit der Geschwindigkeit abnehmend und mit der Zahl der gekuppelten Triebachsen zunehmend. Auch kommt er bei Vierzylindermaschinen infolge ihrer besonders gleichmäßigen Triebbradumfangskraft günstiger zur Wirkung als bei Zweizylindermaschinen. Er ist am kleinsten bei Glatteis und wenn ölige Bestandteile sich auf den Schienen befinden. Der Reibungswert μ beträgt etwa

bei Glatteis	$\frac{1}{20} = 0,050$
bei nassem Wetter	$\frac{1}{11} = 0,091$
bei günstiger trockener Witterung	$\frac{1}{6} - \frac{1}{4} = 0,167 - 0,25$
als Höchstwert bei geringen Geschwindigkeiten und besonders günstigen Verhältnissen min- destens	$\frac{1}{4} = 0,25$
im Mittel bei nicht zu ungünstigen Verhältnissen	$\frac{1}{6,7} = 0,15$.

Der Berechnung von Personen- und Schnellzuglokomotiven wird besonders mit Rücksicht auf das erforderliche häufigere und raschere Anfahren ein etwas kleinerer Reibungswert zugrunde gelegt als der Berechnung der Güterzuglokomotiven, und zwar nimmt man in Deutschland¹⁾ an

¹⁾ In England und Amerika rechnet man mit Reibungswerten bis zu $\mu = \frac{1}{3} = 0,20$.

bei Personen- und Schnellzuglokomotiven

$$\mu = 1/6,7 \text{ bis } 1/5,5 = 0,15 \text{ bis } 0,18,$$

bei Güterzuglokomotiven

$$\mu = 1/6 \text{ bis } 1/5,5 = 0,165 \text{ bis } 0,18$$

und bei Gebirgsbahnen mit feuchten Tunneln und scharfen Krümmungen

$$\mu = 1/6,7 = 0,15.$$

Es kann somit 15 bis 18 v. H. des Reibungsgewichtes als Zugkraft ausgenutzt werden und demnach z. B. eine Lokomotive von 14 t schweren Triebachsen eine Zugkraft von 2100 bis 2500 kg ausüben. Die mit 5 Triebachsen ausgerüstete Güterzugtenderlokomotive T 16 (vgl. Tabelle S. 130/131) mit einem Dienst- und Reibungsgewicht von 80,82 t kann also etwa eine Zugkraft von rd. 13300 kg hervorrufen.

Die Reibung wird in Krümmungen durch das seitliche Gleiten der Räder, namentlich der vorderen, nicht unerheblich verringert.

Besonders klein wird der Reibungswert μ_t im Tunnel infolge der hier vorhandenen Feuchtigkeit, des Wasserdampfes und der hier auf den Schienen stets lagernden fettigen Bestandteile. Er nimmt mit der Länge des Tunnels ab. Im allgemeinen kann man etwa setzen $\mu_t = 0,8 \mu$.

Bei Straßenbahnen ist der Reibungswert μ wegen der geringen Geschwindigkeit verhältnismäßig groß; günstig ist er sonst bei elektrischen Bahnen — man rechnet hier meist mit $\mu = 1/5,5 = 0,18$ —, weil hier die Zugkraft nicht von der Kurbelstellung abhängig ist.

Ist die Reibung zwischen Triebrädern und Schienen kleiner als die auf die Triebräder übertragene Kraft der Dampfmaschine, so drehen sich die Triebräder auf der Stelle, ohne daß eine Fortbewegung des Zuges erfolgt. Man spricht dann von dem Schleudern der Räder. Es muß daher auch stets die Zugkraft aus dem Reibungsgewicht μL_r noch größer als die Anfahrzugkraft Z_a sein (vgl. nachstehend unter c)).

Zur Erhöhung des Reibungswertes werden die Schienen zuweilen durch einen Wasserstrahl gewaschen, wie bei einigen Strecken der österreichischen Staatsbahn und bei der Gotthardbahn, oder die Lokomotiven werden mit Sandsteuern ausgerüstet, die den Sand durch tief herabgehende Röhren vor den Triebrädern auf die Schienen fallen lassen. Hiervon wird in Amerika, wo man mit größeren Reibungswerten rechnet als in Deutschland in besonders umfangreicher Weise Gebrauch gemacht, so daß man dort mit großen Lokomotiv- und Bekohlungsanlagen in der Regel besondere Sandhäuser zum Versorgen der Lokomotiven mit trockenem Sand errichtet. Durch das Besanden der Schienen wird der Reibungswert zwischen Rad und Schiene bis auf etwa $1/4$ erhöht.

c) Zugkraft beim Anfahren.

Der Widerstand, den ein in Ruhe befindliches Fahrzeug seiner Ingangsetzung entgegengestellt, ist größer als der Widerstand während der Bewegung, weil das Zuggewicht erst durch die Arbeit der Lokomotive auf die volle Fahrgeschwindigkeit gebracht werden muß. Beim Anfahren wird demnach eine größere Zugkraft erforderlich als während der Fahrt. Diese größere Zugkraft läßt sich aus der Beschleunigungsarbeit errechnen.

Bezeichnet:

v die Fahrgeschwindigkeit des Zuges im Beharrungszustand in m/Sek = $\frac{V^{km/Std}}{3,6}$,

$g = 9,81 \frac{m}{Sek^2}$ die Beschleunigung durch die Schwere,

$Q = L + T + G$ das Gesamtgewicht des Zuges in t,

t die zum Anfahren erforderliche Zeit in Sek,

$l = \frac{vt}{2}$ die Anfahrweglänge in m,

Z_a die mittlere Zugkraft beim Anfahren in kg und

w_a den mittleren Widerstand während des Anfahrens in kg/t,

so ist die Beschleunigungsarbeit in $\frac{kg \cdot m}{t}$ beim Anfahren bis zur Erreichung der Geschwindigkeit $v \frac{m}{Sek}$ für 1 t Zuggewicht:

$$\frac{\left(\frac{1000}{g}\right) v^2}{2} = \frac{1000 v \frac{m}{Sek} \cdot l^m}{g \frac{m}{Sek^2} \cdot t^2 \text{Sek}} = \frac{1000}{2 g \frac{m}{Sek^2}} \left(\frac{V^{km/Std}}{3,6}\right)^2 = \text{rd. } 4 (V^{km/Std})^2 \dots (57)$$

oder in kgkm für den ganzen Zug vom Gewichte Q^t

$$0,004 \cdot Q^t \cdot (V^{km/Std})^2 \dots (57a)$$

Soll ein Zug auf einer Strecke von l^m die Geschwindigkeit $V^{km/Std}$ erreichen, so ist zu überwinden ein Beschleunigungswiderstand von

$$w_b \text{ kg/t} = \frac{1000 \cdot v \frac{m}{Sek}}{g \frac{m}{Sek^2} \cdot t^2 \text{Sek}} = \frac{4 (V^{km/Std})^2}{l^m} \dots (58)$$

Demnach ergibt sich die mittlere Zugkraft beim Anfahren unter Berücksichtigung der bei der Ingangsetzung des Zuges zu leistenden Beschleunigungsarbeit zu:

$$Z_a^{kg} = Q^t \left[w_a \text{ kg/t} + w_r \text{ kg/t} + s_r \text{ ‰} + \frac{4 (V^{km/Std})^2}{l^m} \right] \dots (59)$$

Diese Formel geht von einem bestimmten Anfahrweg l^m aus. Will man die Anfahrzeit zugrunde legen, so kann man, wenn $W = Q(w_g + w_r + s)$ [Gleichung (36)] der gesamte Bewegungswiderstand im Beharrungszustande und \bar{W}_a der Widerstand beim Beginn des Anfahrens in kg ist, nach Grove setzen¹⁾:

$$Z_a^{kg} = \frac{W^{kg} + 2 W_a^{kg}}{3} + \frac{1000 Q^t v \frac{m}{Sek}}{g t^2 \text{Sek}} \dots (60)$$

Wenn nun Z_a geleistet werden soll, so muß die Lokomotive ein Reibungsgewicht haben, so daß mindestens $Z_r = Z_a$ wird, oder das Reibungsgewicht muß mindestens sein:

$$L_r = \frac{Z_a}{\mu} \dots (61)$$

Hieraus wäre das Reibungsgewicht zu bestimmen. Damit nun auch die Zylinder dieses Reibungsgewicht hergeben, sind sie mindestens so groß zu wählen, daß in der Gleichung (50) S. 175 Z_m mindestens gleich Z_r wird, und zwar unter der Voraussetzung, daß ηp_i etwa 0,7 der Kesselspannung ausmacht, also bei ganzer Füllung im Zylinder. Unter dieser Bedingung ist es stets möglich, beim Anfahren das volle Reibungsgewicht auszunutzen. Sind die Zylinder etwas größer, so wird es sogar möglich sein, mit etwas kleinerer Füllung noch die volle Reibungszugkraft zu erzielen, und zwar — sobald der Kessel auch genügend leistungsfähig ist — auch noch bis zu durchaus nennenswerten Geschwindigkeiten.

Personen- und Schnellzuglokomotiven sollen rasches Anfahren ermöglichen, müssen also einen größeren Überschuß an Zugkraft über den Zugwiderstand

¹⁾ Vgl. Hütte des Bauingenieurs. 24. Aufl. Berlin 1924.

aufweisen, wobei gleichfalls die Bedingung $Z_r = Z_a$ erfüllt sein muß. Die Anfahrzugkraft kann unter ungünstigen Verhältnissen (z. B. bei Glatteis) durch Sandstreuen erhöht werden; die Maschinenzugkraft dagegen läßt sich durch Erhöhung der Dampfzuführung vergrößern.

Häufig wird gesetzt

$$Z_a \geq Z + 1000 \text{ (bis 1500) kg.}$$

d) Beispiele für die allgemeine Berechnung. Belastungstabellen.

Beispiel 1. Wie groß ist die Leistung und Zugkraft der in der Tabelle S. 130/131 angegebenen 2 C-Dreizylinder-Heißdampf-Schnellzuglokomotive $S 10^2$ und wieviel t Zuggewicht kann die Lokomotive auf einer maßgebenden Steigung von $s = 2\text{‰}$ bei einer Geschwindigkeit von $V = 100 \text{ km/Std}$ ziehen?

Für die Lokomotive $S 10^2$ beträgt die Rostfläche $R = 2,82 \text{ qm}$, das Dienstgewicht $L = 79,99 \text{ t}$, das Reibungsgewicht $L_r = 51,37 \text{ t}$ und demnach das auf die Laufachsen entfallende Gewicht $28,62 \text{ t}$. Als Tender soll der z. Zt. schwerste Tender der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn von $64,14 \text{ t}$ betriebsfähigem Gewicht verwendet werden.

Dann ist nach Gleichung (49)

$$N_i = CR = 550 \times 2,82 = 1551 \text{ PS}$$

und nach Gleichung (44)

$$Z_k = \frac{270 N_i}{V} = \frac{270 \cdot 1551}{100} = 4188 \text{ kg}$$

Diese Zugkraft kann mit Sicherheit geleistet werden, wenn sie nach Gleichung (56) kleiner ist als

$$Z_r = \mu L_r = 0,15 \cdot 51370 = 7706 \text{ kg.}$$

Zur Ermittlung des zu befördernden Zuggewichtes ist nach Strahl (Gleichung 13)

$$\begin{aligned} w_g^L &= \frac{2,5 L_l + c L_r + 0,6 F_l \left(\frac{V+12}{10} \right)^2}{L + T} \\ &= \frac{2,5 (28,62 + 64,14) + 7,5 \cdot 51,37 + 0,6 \cdot 10 \left(\frac{100+12}{10} \right)^2}{79,99 + 64,14} = 9,5 \end{aligned}$$

nach Gleichung (14)

$$\begin{aligned} w_g^G &= 2,5 + \frac{1}{40} \left(\frac{V+12}{10} \right)^2 = 5,64 \\ w_s &= 2,0 \\ w^L &= 9,5 + 2,0 = 11,5 \\ w^G &= 5,64 + 2,0 = 7,64. \end{aligned}$$

Dann kann das Zuggewicht nach Gleichung (39) betragen:

$$G = \frac{Z_k - (L + T) w^L}{w^G} = \frac{4188 - (79,99 + 64,14) 11,5}{7,64} = 330 \text{ t.}$$

Beispiel 2. Wie groß ist die Leistung und Zugkraft der in der Tabelle S. 130/131 angegebenen D-Heißdampf-Güterzuglokomotive $G 8^1$ und wieviel t Wagengewicht kann die Lokomotive auf einer Steigung von $s = 10\text{‰}$ in zahlreichen Krümmungen vom Halbmesser $H = 400 \text{ m}$ bei einer Geschwindigkeit von $V = 40 \text{ km/Std}$ ziehen?

Für die Lokomotive $G 8^1$ ist die Rostfläche $R = 2,63 \text{ qm}$, das Dienstgewicht und Reibungsgewicht $L = L_r = 67,93 \text{ t}$. Das Gewicht des zugehörigen betriebsfähigen Tenders betrage $T = 44,5 \text{ t}$.

Dann ist

$$\begin{aligned} N_i &= CR = 550 \cdot 2,63 = 1446 \text{ PS} \\ Z_k &= \frac{270 N_i}{V} = \frac{270 \cdot 1446}{40} = 9760 \text{ kg} \\ Z_r &= 0,165 \cdot 67930 = 11208 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$w_g^L = \frac{2,5 L_l + c L_r + 0,6 F \left(\frac{V+12}{10} \right)^2}{L + T} = \frac{2,5 \cdot 44,5 + 8,4 \cdot 67,93 + 0,6 \cdot 10 \left(\frac{40+12}{10} \right)^2}{67,93 + 44,5} = 7,51$$

$$w_g^G = 2,5 + \frac{1}{20} \left(\frac{V+12}{10} \right)^2 = 3,85$$

$$w_r = \frac{650}{R - 55} = 1,88$$

$$w_s = 10,0$$

$$wL = w_g^L + w_r + w_s = 19,39$$

$$wG = w_g^G + w_r + w_s = 15,73$$

$$G = \frac{Z_k - (L + T) wL}{wG} = \frac{9760 - (67,95 + 44,5) 19,39}{15,73} = 482 \text{ t.}$$

Beispiel 3. Was für eine Personenzuglokomotive ist zu verwenden, um einen Personenzug, bestehend aus 20 durchschnittlich je 19 t schweren dreiachsigen Personen-Abteilwagen auf Strecken mit einer Steigung von $s = 5\text{‰}$ in zahlreichen Krümmungen vom Halbmesser $H = 500$ m bei einer Geschwindigkeit von $V = 60$ km/Std zu befördern?

Das Wagengewicht ist $G = 380$ t. Das Lokomotiv- und Tendergewicht muß zur Ermittlung des Widerstandes zunächst geschätzt werden; es sei $L = 70$ t; $T = 50$ t.

Für die überschlägige Ermittlung des Laufwiderstandes soll zunächst mit der Erfurter Formel (Gleichung 5) gerechnet werden; nach dieser ist der Widerstand ganzer Züge einschließlich der Lokomotive

$$w_g = 2,4 + 0,08 \left(\frac{V}{10} \right)^2 = 5,28$$

$$w_r = \frac{650}{H - 55} = 1,46$$

$$w_s = 5$$

$$w = w_g + w_r + w_s = 11,74$$

nach Gleichung (38)

$$Z_k = (L + T) wL + G wG = 120 \cdot 11,74 + 380 \cdot 11,74 = 5870 \text{ kg.}$$

Um die Kesselzugkraft auszunutzen, muß mindestens ein Reibungsgewicht vorhanden sein von

$$L_r = \frac{Z_k}{\mu} = \frac{5870}{0,15} = 39130 \text{ kg.}$$

Damit der Kessel die erforderliche Zugkraft erzeugen kann, muß sein

$$N_i = \frac{Z_k \cdot V}{270} = \frac{5870 \cdot 60}{270} = 1304 \text{ PS.}$$

Nach Gleichung 49 muß die Lokomotive eine Rostfläche haben von

$$R = \frac{N_i}{500} = 2,61 \text{ qm.}$$

Diese Rostfläche ist vorhanden bei der in der Tabelle S. 130/131 angegebenen 2 C-Heißdampf-Personenzuglokomotive P 8. Diese hat eine Rostfläche von $R = 2,62$ qm, ein Dienstgewicht von $L = 75,28$ t und ein Reibungsgewicht von $L_r = 50,28$ t, das reichlich ist.

Nummehr wird für diese Lokomotive genau so wie in dem Beispiel 2 — und zwar jetzt zweckmäßig unter Verwendung der genaueren Strahlschen Formeln — die Berechnung durchgeführt. Es ergibt sich dann: $N_i = 1310$ PS; $Z_k = 5895$ kg; $Z_r = 7542$ kg; $w_g^G = 6,91$; $w_g^L = 4,22$; $w_r = 1,46$; $w_s = 5$; $wL = 13,37$; $wG = 10,68$ und $G = 395$ t.

So wie im Beispiel 1 für eine bestimmte Lokomotive bei gegebener Steigung und Geschwindigkeit das Zuggewicht berechnet worden ist, lassen sich für jede Lokomotivgattung und die verschiedenen maßgebenden Steigungen und Geschwindigkeiten sog. Belastungstabellen aufstellen, aus denen für die gewünschten Beförderungsverhältnisse das Wagengewicht unmittelbar abgelesen werden kann. Solche Übersichten über die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven pflegen von den Eisenbahnverwaltungen für die einzelnen, bei

Leistungsfähigkeit der gebräuchlichsten Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn für Regelspur (Belastungstabellen¹⁾.
Schnellzug- und Personenzuglokomotiven.

Steigung	2 B-Heißdampf-Schnellzug-Lokomotive S ₆					2 C-Heißdampf-Schnellzug-Lokomotive S ₁₀					2 B-Verbund-Personenzug-Lokomotive P ₄ ²					2 C-Heißdampf-Personenzug-Lokomotive P ₈									
	Wagengewicht in t					Wagengewicht in t					Wagengewicht in t					Wagengewicht in t									
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	40	50	60	70	80	90	40	50	60	70	80	90	
25,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:40	55	35	20	—	—	89	62	38	—	—	30	—	—	—	—	100	70	45	25	—	100	70	45	25	—
16,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:60	110	85	60	45	25	172	182	98	70	45	70	45	30	—	—	185	140	110	75	50	185	140	110	75	50
10,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:100	215	165	130	100	75	323	306	207	163	123	145	110	80	50	30	330	260	205	155	120	330	260	205	155	120
6,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:150	310	250	200	155	130	467	382	306	246	195	220	170	130	90	60	430	380	300	240	185	430	380	300	240	185
5,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:200	390	315	255	200	160	536	478	385	314	246	285	220	165	120	85	450	475	380	300	450	475	380	300		
3,33 ⁰ / ₁₀₀ = 1:300	520	415	335	265	215	773	631	510	412	331	255	180	120	70	790	625	495	400	790	625	495	400			
2,5 ⁰ / ₁₀₀ = 1:400	605	485	390	305	250	880	714	574	467	365	280	200	140	80	925	730	580	460	925	730	580	460			
2,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:500	670	535	425	340	275	969	790	637	510	399	314	220	155	95	1030	810	640	510	1030	810	640	510			
1,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:1000	850	680	540	425	340	1215	977	782	620	584	382	260	180	120	1310	1030	810	640	1310	1030	810	640			
0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:∞	1160	880	710	545	440	1598	1366	994	782	603	467	320	200	130	1800	1385	1070	830	1800	1385	1070	830			

Güterzuglokomotiven.

Steigung	1 C-Verbund-Güterzug-Lokomotive G ₅ ²					D-Verbund-Güterzug-Lokomotive G ₇ ²					D-Heißdampf-Güterzug-Lokomotive G ₈ ¹ (mit Vorwärmer)					E-Heißdampf-Güterzug-Lokomotive G ₁₀							
	Wagengewicht in t					Wagengewicht in t					Wagengewicht in t					Wagengewicht in t							
	15	20	30	40	50	60	15	20	30	40	50	60	15	20	30	40	50	60	15	20	30	40	50	60
25,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:40	190	165	100	70	40	35	220	170	110	65	—	340	310	210	140	90	360	340	205	140	85		
16,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:60	310	270	175	135	90	50	350	280	190	125	—	530	390	340	240	160	565	485	335	240	160		
10,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:100	510	455	305	245	175	110	580	475	330	235	—	870	810	580	420	300	960	790	560	410	285		
6,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:150	720	645	430	350	255	165	815	665	475	335	—	1230	1140	810	600	430	1275	1105	785	575	405		
5,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:200	900	805	535	435	320	210	1020	835	590	425	—	1550	1420	1000	750	540	1530	1370	975	715	505		
3,33 ⁰ / ₁₀₀ = 1:300	1250	1035	690	570	415	280	1330	1090	775	555	—	2000	1840	1300	970	690	2065	1785	1260	925	650		
2,5 ⁰ / ₁₀₀ = 1:400	1390	1205	800	660	480	320	1550	1275	895	640	—	2320	2160	1520	1120	800	2410	2035	1460	1065	745		
2,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:500	1545	1365	880	730	525	350	1730	1420	995	710	—	2600	2480	1680	1230	870	2630	2305	1610	1175	820		
1,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:1000	1995	1760	1105	920	650	435	2240	1825	1260	895	—	3300	3050	2140	1530	1070	3455	2960	2040	1470	1010		
0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:∞	2795	2070	1460	1220	845	555	3140	2530	1710	1190	—	4650	4200	2900	2000	1380	4820	4080	2760	1950	1300		

¹⁾ vgl. Merkbuch für die Fahrzeuge der preussisch-hessischen Staatseisenbahnverwaltung. Ausgabe 1915. Neudruck 1921, S. 44—60.

Tenderlokomotiven.

Steigung	1 C Güterzug-Tenderlokomotive T ₉ ^b					D-Güterzug-Tenderlokomotive T ₁₃					E-Heißdampf-Güterzug-Tenderlokomotive T ₁₆					2 C 2-Heißdampf-Personenzug-Tenderlokomotive T ₁₈					km/Std			
	Wagengewicht in t					Wagengewicht in t					Wagengewicht in t					Wagengewicht in t								
	15	20	30	45	60	75	15	20	30	45	60	75	15	20	30	45	60	75	45	60	75	90	100	
25,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:40	160	120	70	25	—	—	185	135	80	—	—	—	350	295	200	95	—	—	110	60	—	—	—	25,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:40
16,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:60	260	200	120	55	—	—	295	220	135	—	—	—	540	450	315	160	—	—	180	120	70	—	—	16,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:60
10,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:100	430	340	215	110	50	—	485	370	240	—	—	—	865	735	520	270	—	—	315	215	140	80	—	10,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:100
6,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:150	600	480	310	160	80	—	675	520	345	—	—	—	1190	1050	715	380	—	—	450	315	215	130	—	6,67 ⁰ / ₁₀₀ = 1:150
5,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:200	750	600	390	210	105	—	840	650	430	—	—	—	1480	1250	885	475	—	—	560	390	265	165	—	5,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:200
3,33 ⁰ / ₁₀₀ = 1:300	960	780	510	270	145	—	1100	855	565	—	—	—	2030	1630	1140	615	—	—	730	510	340	215	—	3,33 ⁰ / ₁₀₀ = 1:300
2,5 ⁰ / ₁₀₀ = 1:400	1160	910	590	325	170	—	1280	995	650	—	—	—	2250	1860	1320	715	—	—	850	580	390	245	—	2,5 ⁰ / ₁₀₀ = 1:400
2,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:500	1270	1000	660	355	185	—	1430	1110	725	—	—	—	2500	2100	1460	785	—	—	915	640	425	265	—	2,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:500
1,5 ⁰ / ₁₀₀ = 1:667	1650	1300	840	450	240	—	1850	1420	920	—	—	—	3200	2680	1840	985	—	—	1200	800	530	325	—	1,5 ⁰ / ₁₀₀ = 1:667
1,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:1000	2300	1800	1130	610	320	—	2580	1970	1220	—	—	—	4480	3700	2450	1325	—	—	1600	1045	665	400	—	1,0 ⁰ / ₁₀₀ = 1:1000

ihnen in Dienst stehenden Lokomotiven herausgegeben zu werden. Für die in der Tabelle S. 130/131 angegebenen gebräuchlichen neueren Lokomotivgattungen der Deutschen Reichsbahn mit Regelspur sind diese Belastungstabellen nebenstehend mitgeteilt.

Für das Beispiel 2 der D-Heißdampf-Güterzuglokomotive G 8¹ läßt sich z. B. aus der Belastungstabelle ohne weiteres als Ergebnis bei einer Steigung von 10⁰/₁₀₀ und einer Geschwindigkeit von $V = 40$ km/Std ein Zuggewicht von 420 t ablesen, also etwas weniger als das zu 482 t errechnete. Die Tabellen geben etwas geringere Werte an, um eine gewisse Sicherheit für kleinere Zufälligkeiten (z. B. schlechtes Wetter, Abnutzung der Lokomotive) zu erhalten. Die Tabellen berücksichtigen, um sie nicht zu umfangreich zu gestalten, die Krümmungen nicht. Sie gelten daher für die maßgebende Steigung (vgl. S. 167). Die gleichen Werte sind also auch für schwächer geneigte und gleichzeitig gekrümmte Strecken gültig, wenn Steigung und Krümmung zusammen den gleichen Widerstandswert ergeben.

3. Einfluß der Neigungen und Krümmungen auf den Betrieb.

a) Zweckmäßigste Steigung.

Soll eine Zuglast G bei gegebener Geschwindigkeit und Zugkraft auf eine Höhe h befördert werden, so kann dies nach Abb. 12 auf Linien mit verschiedenen Steigungen $s_1, s_2 \dots s_n$ erfolgen. Man bezeichnet dann mit Bezug auf die Betriebsführung diejenige Steigung s_2 vielfach als die zweckmäßigste, bei der eine möglichst große Zuglast auf einer möglichst kurzen Strecke befördert werden kann, für die also das Verhältnis

$$\frac{\text{Zuggewicht } G}{\text{Weglänge } l_2}$$

ein Maximum wird.

$$\text{Da } s_2 = \frac{h}{l_2} \cdot 1000, \text{ so muß werden}$$

$$\frac{G \cdot s_2}{1000 \cdot h} = \text{Max.} \dots \dots (1)$$

Nach den Gleichungen (38), (33) und (34) S. 154 u. 153 ergibt sich unter Beibehaltung der auf S. 143 angegebenen Bezeichnungen:

$$Z = (L + T) w^L + G w^G;$$

vernachlässigt man den Krümmungswiderstand, so ist

$$Z = (L + T) (w_g^L + s_z) + G (w_g^G + s_z);$$

$$G = \frac{Z - (L + T) (w_g^L + s_z)}{w_g^G + s_z} \dots \dots \dots (2)$$

Setzt man vorübergehend den konstanten Wert

$$Z - (L + T) w_g^L = C,$$

so ergibt sich aus den Gleichungen (1) und (2)

$$G \cdot s_z = \frac{C s_z - (L + T) s_z^2}{s_z + w_g^G} = \text{Max.}$$

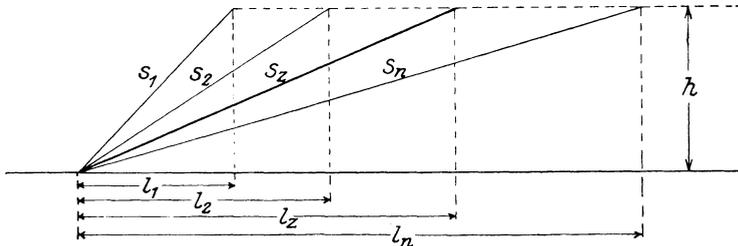


Abb. 12.

Durch differenzieren wird

$$[s_z + w_g^G] [C - 2 (L + T) s_z] - [C \cdot s_z - (L + T) s_z^2] = 0;$$

und hieraus unter Wiedereinfügung von

$$C = Z - (L + T) w_g^L$$

$$s_z^2 + 2 w_g^G s_z - \frac{w_g^G [Z - (L + T) w_g^L]}{L + T} = 0;$$

$$s_z = -w_g^G + w_g^G \sqrt{1 + \frac{Z - (L + T) w_g^L}{(L + T) w_g^G}}$$

Beispiel: Welches ist die zweckmäßigste Steigung für eine Güterzuglokomotive von $L = 40$ t Gewicht, $Z = 5000$ kg Zugkraft, wenn der Tender $T = 20$ t wiegt, und die Zuggeschwindigkeit $V = 30$ km/Std. betragen soll? Der Güterzug soll aus Wagen bestehen, die zur einen Hälfte beladen oder leer, zur anderen Hälfte bedeckt oder offen sind.

$$w_g^L = 2,5 + 0,067 \left(\frac{V}{10}\right)^2 = 3,1; \quad w_g^G = 2,5 + \frac{1}{20} \left(\frac{V}{10}\right)^2 = 2,95$$

$$s_z = -2,95 + 2,95 \sqrt{1 + \frac{5000 - 60 \cdot 3,1}{60 \cdot 2,95}} = 12,7 \text{ v. T.}$$

Das Zuggewicht wird dann nach Gleichung (2)

$$G = \frac{5000 - 60 (3,1 + 12,7)}{2,95 + 12,7} = 259 \text{ t.}$$

Die vorstehende Berechnung der zweckmäßigsten oder günstigsten Steigung ist hier der Vollständigkeit wegen mit angegeben. Sie hat aber praktisch kaum Bedeutung, weil man die nach vorstehender Formel zu ermittelnde Steigung nicht ohne weiteres wird anwenden können; dann aber ist die Ermittlung auch nicht ganz einwandfrei, weil sich bei Änderung der Steigung auch die Lokomotivgattung und bei Veränderung der Geschwindigkeit auch die Zugkraft ändert.

b) Grenzneigung.

Als Grenzneigung gibt es einmal eine Bremsgrenzneigung für die Fahrt im Gefälle (vgl. S. 177, das Bremsen der Züge) und ferner eine Grenzneigung für die Steigung, bei der die Zugkraft der Lokomotive nur noch sich selbst und den etwaigen Tender ziehen, also keine Nutzlast mehr befördern kann.

Für letztere gilt folgendes:

Nach den früheren Ermittlungen [Gleichung (38) und (33), S. 154 u. 153] war

$$Z = (L + T)w^L + Gw^G;$$

und

$$w^L = w_g^L + w_r \pm s_g;$$

so daß für $G = 0$ die Grenzsteigung wird:

$$s_g = \frac{Z - (L + T)(w_g^L + w_r)}{L + T}.$$

Die Grenzsteigung, die praktisch keine Bedeutung hat, errechnet sich z. B. unter Annahme von $Z = 5000$ kg, $L = 40$ t, $T = 20$ t, $V = 30$ km/Std. und $R = 300$ m,

$$\text{da } w_g^L = 2,5 + 0,067 \left(\frac{V}{10}\right)^2 = 3,1 \text{ kg/t}$$

$$\text{zu } s_g = 77,5 \text{ v. T.}$$

c) Maßgebende Steigung.

Nach den Erörterungen über die Bewegungswiderstände der Eisenbahnfahrzeuge und die Lokomotivleistung muß die Zugkraft nach Gleichung (37) S. 154 betragen auf gekrümmter und geneigter Bahn

$$Z^R = Q(w_g + w_r \pm s_r), \dots \dots \dots (3)$$

worin s_r die Größtneigung darstellt, die im Bogen vom Halbmesser R vorkommt. Ist die Bahn nicht gekrümmt, so wird

$$Z = Q(w_g \pm s_m), \dots \dots \dots (4)$$

worin s_m die größte Steigung auf der geraden Bahn darstellt.

Zu einer wirtschaftlich günstigen Betriebsführung auf einer Bahnstrecke ist es notwendig, daß eine Eisenbahnlinie einen möglichst gleichbleibenden Widerstand ausweist, d. h., daß zur Beförderung der gleichen Last Q stets die gleiche Zugkraft aufgewendet wird. Dazu muß die in den Krümmungen erforderliche Zugkraft Z^R gleich der auf der Geraden vorhandenen Zugkraft Z , also

$$Z^R = Z \dots \dots \dots (5)$$

sein.

Aus den Gleichungen (3), (4) und (5) ergibt sich

$$Q(w_g + s_m) = Q(w_g + w_r + s_r)$$

und

$$\underline{s_m = w_r + s_r} \dots \dots \dots (6)$$

d. h. die in der Geraden zu wählende Steigung s_m ist überhaupt die größte nach den vorliegenden Betriebsverhältnissen der Bahn zulässige Steigung; sie ist für die Linienführung maßgebend, und zwar entweder für die Zugkraft,

die zur Beförderung einer bestimmten Last verwendet werden muß oder für die Zuglast, die mit einer gegebenen Zugkraft zu befördern ist. Diese Steigung wird daher maßgebende genannt.

Nur ausnahmsweise können steile Strecken von geringer Länge bei Bestimmung des Zuggewichtes unberücksichtigt bleiben, wenn es zulässig ist, diese durch Anlauf d. h. unter teilweisem Aufbrauch der lebendigen Kraft des Zuges zu überwinden (vgl. Anlaufsteigung S. 176).

Aus der Gleichung (6) ergibt sich $s_r = s_m - w_r$, d. h. die Steigung s_r in Krümmungen darf nur gleich der maßgebenden Steigung verringert um den Krümmungswiderstand sein. In den Krümmungen ist also die Steigung dem Krümmungshalbmesser entsprechend zu ermäßigen. Hier bildet der Widerstand w_r einen Bestandteil des Gesamtwerstandes s_m .

Da die Zugkraft im höchsten Falle den Wert der Reibungszugkraft erhalten darf, so wird nach Gleichung (56) S. 158 in den Bögen:

$$Z_r^R = n \mu L = (L + T + G)(w_g + w_r + s_r)$$

und demnach die zulässige Neigung im Bogen

$$s_r = \frac{n \cdot \mu}{1 + \frac{G + T}{L}} - (w_g + w_r) \quad \dots \quad (7)$$

entsprechend wird die maßgebende Steigung in der Geraden

$$s_m = \frac{n \cdot \mu}{1 + \frac{G + T}{L}} - w_g \quad \dots \quad (8)$$

Hieraus ist zu entnehmen, daß s_r und s_m sich verringern mit zunehmenden Widerständen w_g und w_r und zunehmendem Gesamtgewicht G , dagegen mit abnehmendem n , μ und L .

Da der Laufwiderstand w_g von der Zuggattung und von der für die einzelnen Zugarten verschiedenen Geschwindigkeit abhängt, so muß man bei Ermittlung der maßgebenden Steigung den auf der Strecke vorherrschenden Verkehr, d. h. den Güterverkehr, zugrunde legen.

Beispiel: Sollen auf einer Bahn Züge von 500 t Wagengewicht (Rohlast) mit einer C-Verbundgüterzuglokomotive von 42 t Gewicht ($n = 1$) und 30 t schwerem Tender bei einer Geschwindigkeit von $V = 30$ km/Std. in Bögen von $R = 300$ m befördert werden, so wird, wenn

$$w_g = 2,4 + \frac{V^2}{1300} = 3,09 \text{ kg/t}$$

und

$$w_r = \frac{650}{R - 55} = 2,65 \text{ kg/t}$$

gesetzt wird.

$$s_r = \frac{150}{1 + \frac{530}{42}} - (3,09 + 2,65) = 5,27 \text{ v. T.}$$

so daß die maßgebende Steigung betragen kann $s_m = w_r + s_r = 7,92$ v. T.

Haben wir nun eine Bahn mit stark gewundener Linienführung, bei der kurze Kurven mit kleinen Zwischengeraden dauernd abwechseln, so müßte, wenn man die maßgebende Steigung grundsätzlich durchführen wollte, an jedem Bogenanfangspunkt ein Gefällwechsel eintreten. Dies ist aber in der Ausführung nicht zu empfehlen, weil der häufige Gefällwechsel beim Bau recht lästig ist, im Betriebe eine ungleichförmige Fahrt verursacht und für

den Lokomotivführer unübersichtlich ist. Man faßt bei solchen Bahnen vielmehr eine möglichst große Gruppe von Bögen und Zwischengeraden, deren Länge nur durch die Abstände der Stationen zum Einnehmen von Wasser und Kohle und gegebenenfalls zum Kühlen der Bremsen begrenzt ist, zusammen und legt ihnen sämtlich die um den größten hier vorkommenden Krümmungswiderstand verminderte maßgebende Steigung zugrunde. Nur bei Bahnen mit langen Geraden und Bogen wird die Krümmungsermäßigung für jeden Bogen besonders durchgeführt. Ferner ist beim Entwurf zu berücksichtigen, daß man mit Rücksicht auf die erforderliche Ausrundung und die Übergangsrampen (vgl. S. 204 u. 213) den Bogenanfang und den Gefällwechsel zweckmäßig nicht zusammenlegt. Zum mindesten sind stärkere Neigungswechsel tunlichst in die Grade zu legen. (TV. § 29 und Grz. § 22).

Außer in den Bögen ist aber die maßgebende Steigung s_m auch in den Tunneln um einen Betrag w_t zu verringern, weil hier infolge der Feuchtigkeit der Reibungswert μ zwischen Rad und Schiene geringer ist, als in der offenen Bahnstrecke.

Bezeichnet

- μ den Reibungswert in der offenen Strecke,
- μ_t den Reibungswert im Tunnel,
- $(w_r + s_r)_{max}$ die maßgebende Größtsteigung in der offenen Strecke in m auf 1000 m Streckenlänge,
- s_{rt} die ermäßigte Steigung im Tunnel in m auf 1000 m Streckenlänge,
- w_{rt} den Krümmungswiderstand im Tunnel in kg für 1 t Zuggewicht,

so ist bei gleicher Zuglast und voller Ausnutzung des Reibungsgewichtes der Lokomotive die Reibungszugkraft im Tunnel

$$n \mu_t L = Q [w_g + w_{rt} + s_{rt}]$$

und in der offenen Strecke

$$n \mu L = Q [w_g + (w_r + s_r)_{max}];$$

so daß

$$\frac{\mu_t}{\mu} = \frac{w_g + w_{rt} + s_{rt}}{w_g + (w_r + s_r)_{max}}.$$

Da man ausreichend genau genug $w_{rt} = w_r$ setzen kann, so wird

$$s_{rt} = \frac{\mu_t}{\mu} [w_g + (w_r + s_r)_{max}] - [w_g + w_r]. \quad \dots \dots \dots (9)$$

hierin ist nach S. 160 $\mu_t = 0,8 \mu$ zu setzen.

Ferner tritt besonders in langen eingleisigen Tunneln eine nicht unwesentliche Erhöhung des Gesamtwiderstandes infolge Vermehrung des Luftwiderstandes im Tunnel ein.

Nach Dr.-Ing. Dolezalek ist aus einigen, in längeren eingleisigen Tunneln gemachten Beobachtungen zu schließen, daß je nach Tunnellänge, Tunnelquerschnitt, Fahrgeschwindigkeit und Windrichtung auf einen Luftwiderstand zu rechnen ist, der einer Steigungsvermehrung von 3—6 v. T. gleichkommt.

Beispiel: Die maßgebende Steigung einer Bahnlinie, die mit einer Geschwindigkeit von 30 km/Std. befahren werden soll, beträgt $s_m = 20$ v. T. Welche Steigung wird zweckmäßig in einem 3 km langen, in einem Bogen von $R = 500$ m liegenden Tunnel dieser Strecke angewendet?

$$\text{Ist} \quad w_g = 2,4 + \frac{v^2}{1300} = 3,09; \quad w_r = \frac{650}{R - 55} = 1,46 \quad \mu_t = 0,8 \mu,$$

so ergibt sich:

$$s_{rt} = 0,8 (3,09 + 20) - (3,09 + 1,46) = 13,92 \text{ v. T.}$$

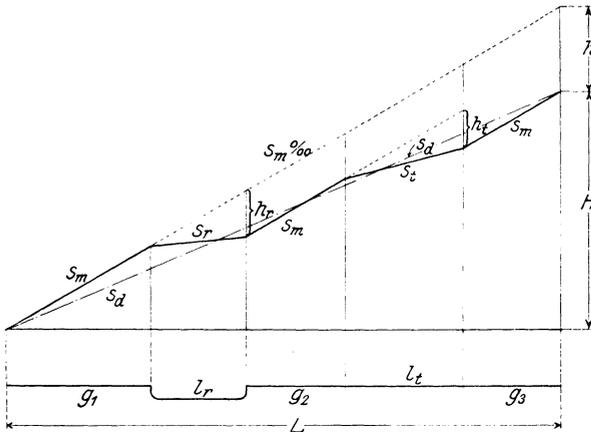
Diese Steigung wäre nun noch mit Rücksicht auf den größeren Luftwiderstand nach um mindestens 3 v. T. auf 10,92 v. T. zu ermäßigen.

Eine so große Ermäßigung, wie sie in diesem Beispiel errechnet ist, braucht nun aber nicht immer durchgeführt zu werden. Man begnügt sich vielmehr bei elektrischem Betrieb im Tunnel häufig mit einer Ermäßigung der Steigung um etwa 15 % der vorhandenen Steigung, also z. B. von 20 v. T. auf 17 v. T., weil in der Regel der Reibungswiderstand durch Sandstreuen zeitweise erhöht werden kann. Dagegen wird wiederum bei Dampf betrieb in langen Eisenbahntunneln mit Rücksicht auf die bei starker Steigung erforderliche große Rauchentwicklung die Steigung von 10 v. T. nicht gern überschritten. Sanzin¹⁾ weist darauf hin, daß man bei Dampf betrieb schon vor dem Tunnel mit der Steigungsermäßigung beginnen muß, damit die Lokomotive beim Eintritt in ihn schon eine geringere Zugkraft aufzuwenden hat.

d) Durchschnittsneigung.

Nach den vorhergehenden Erörterungen war, wenn s_m die maßgebende Neigung, w_r den Widerstand im Bogen und w_t den Widerstand im Tunnel bedeutet, $s_r = s_m - w_r$ die Neigung im Bogen und entsprechend $s_t = s_m - w_t$ die Neigung im Tunnel.

Es tritt daher auf einer Bahnlinie mit gleichbleibenden Widerständen infolge der Erhöhung des Widerstandes in den Bögen und der Verringerung der



Reibung im Tunnel in jedem Bogen und jedem Tunnel beim Ersteigen einer Höhe gegenüber der maßgebenden Steigung s_m eine Steigungsverminderung und ein Höhenverlust ein, der nach Abb. 13 für einen Streckenteil l_r mit dem Halbmesser R

$$h_r = \frac{l_r w_r}{1000} = \frac{l_r (s_m - s_r)}{1000},$$

und in einem Tunnel von l_t m Länge

$$h_t = \frac{l_t w_t}{1000} = \frac{l_t (s_m - s_t)}{1000}$$

Abb. 13.

beträgt, so daß sich für eine Anzahl von Bögen und Tunneln ein Gesamthöhenverlust von

$$h = \sum h_r + \sum h_t = \frac{1}{1000} [\sum (l_r w_r) + \sum (l_t w_t)] \dots \dots \dots (10)$$

errechnet.

Die Neigung, die sich alsdann aus der auf der Gesamtlänge L erstiegenen Höhe H zu

$$s_d = \frac{H}{L} \cdot 1000 \dots \dots \dots (11)$$

ergibt, nennt man die Durchschnittsneigung. Sie setzt sich nach Abb. 13 aus einer Reihe von verschiedenen Steigungen s_m, s_r, s_t zusammen. Da nun

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1910, S. 170.

die von der Durchschnittsneigung erstiegene Höhe H gegenüber der von der maßgebenden zu erreichenden um h zurückgeblieben ist, so ist

$$s_m = \frac{H + h}{L} \cdot 1000 \dots \dots \dots (12)$$

Ebenso berechnet sich bei gegebener maßgebender Steigung s_m die Durchschnittsneigung zu

$$s_d = s_m - \frac{\sum(l_r w_r) + \sum(l_t w_t)}{L} \dots \dots \dots (13)$$

Soll die Steigung einer Bahn eine gegebene maßgebende Steigung nicht überschreiten, so muß man, da man die erste Versuchslinie zunächst mit der Durchschnittsneigung s_d zu entwerfen hat, die Bogenwiderstände schätzen. Hierzu kann man je nach der Stärke und Anzahl der Krümmungen etwa setzen:

$$\frac{\sum h_r}{H} = \begin{cases} 0,02 \text{ bis } 0,05 & \text{für Flachlandbahnen} \\ 0,08 \text{ " } 0,10 & \text{" Hügellandbahnen} \\ 0,10 \text{ " } 0,15 & \text{" Gebirgsbahnen.} \end{cases}$$

Soll bei gegebener Höhe und Länge die vorhandene maßgebende Steigung ermittelt werden, so ist (nach Gleichung 10 und 12)

$$s_m = \frac{1000 H^m + \sum(l_r^m w_r^{\text{kg/t}}) + \sum(l_t^m w_t^{\text{kg/t}})}{L^m} \\ = \frac{1000}{L^m} [H^m + \sum h_r + \sum h_t] \dots \dots \dots (14)$$

und ist die Höhe und maßgebende Neigung gegeben, so wird die Länge ermittelt aus

$$L^m = \frac{1000}{s_m} [H^m + \sum h_r^m + \sum h_t^m] \dots \dots \dots (15)$$

und alsdann die Durchschnittsneigung aus Gleichung (11).

Soll nun noch die Bahnlinie von der Länge L Wagerechte oder Strecken mit geringer Neigung für Zwischenstationen oder ähnliches aufweisen, so ist, wenn

- l_b die Länge solcher Strecke in m,
- w_b die Neigungsverringerung für solche Strecke in m auf 1000 m Streckenlänge,
- s_b die Neigung für solche Strecken in m auf 1000 m Streckenlänge,

angibt:

$$h_b = \frac{l_b w_b}{1000} = \frac{l_b (s_m - s_b)}{1000};$$

mithin

$$L = \frac{1000}{s_m} [H^m + \sum h_r^m + \sum h_t^m + \sum h_b^m] \dots (16)$$

Beispiel: Es sei $H = 120$ m, $s_m = 25$ v. T., dann kann für Gebirgsbahnen angenommen werden: $h_r = 0,10 H = 12$ m. Die Gesamttunnellänge sei $l_t = 300$ m, die Neigungsverringerung im Tunnel $w_t = 4$ v. T., so daß $h_t = \frac{300 \cdot 4}{1000} = 1,2$ m. Die Strecke habe eine Zwischenstation mit einer wagerechten Länge von $l_b = 400$ m; demnach $w_b = 25$ v. T. und $h_{b_1} = \frac{400 \cdot 25}{1000} = 10$ m.

Da an der Anfangsstation die Größtneigung (nach den Erörterungen auf S. 232) erst nach Zwischenschaltung einer rd. 300 m langen flachen Neigung von 3 v. T. beginnen soll, so haben wir ferner einen Höhenverlust von $h_{b_2} = \frac{300 \cdot 22}{1000} = 6,6$ m.

Es wird daher

$$L = \frac{1000}{25} [120 + 12 + 1,2 + 10 + 6,6] = 5992 \text{ m}$$

und

$$s_d = \frac{H}{L} \cdot 1000 = \frac{120 \cdot 1000}{5992} = \text{rd. } 20 \text{ v. T.}$$

e) Bremsgefälle, schädliche und unschädliche Neigung.

Während bei der Bergfahrt die gleichmäßige Durchführung der maßgebenden (Größt-) Steigung wirtschaftlich am günstigsten ist, so gestattet für die Talfahrt diejenige Neigung den wirtschaftlich günstigsten Betrieb, bei der keine lebendige Kraft durch Bremsen vernichtet zu werden braucht. Für die Talfahrt war

$$Z = Q [(w_g + w_r) - s_r] \dots \dots \dots (17)$$

1. Setzt man in dieser Gleichung $s_r = w_g + w_r$, d. h. die Schwerkraft gleicht dem Widerstande, so wird die Zugkraft $Z = 0$. Da der Zug in diesem Falle mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bergabfahren wird, so muß bei dieser Neigung mit dem Bremsen begonnen werden; diese Neigung nennt man daher Bremsgefälle. Der Wert für w_g hängt von der Geschwindigkeit ab, so daß auch das Bremsgefälle für Schnellzüge größer als für Güterzüge ist.

2. Ist nun $s_r < w_g + w_r$, so bleibt in der Gleichung (17) Z noch positiv, und es ist auch bei der Talfahrt eine, wenn auch nur geringe Zugkraft aufzuwenden. Man nennt diese Neigung, die in günstiger Weise lediglich zur Überwindung der Zugwiderstände dient, unschädlich. Unschädliche Neigung ist vorhanden, wenn

$$\begin{array}{ll} \text{im Bogen} & s_r \leq w_g + w_r, \\ \text{in der Geraden} & s \leq w_g. \end{array}$$

Im Bogen kann daher bei der Talfahrt die unschädliche Neigung um den Krümmungswiderstand w_r größer sein.

3. Wird endlich $s_r > w_g + w_r$, so wird in der Gleichung (17) Z negativ, d. h. die Zugkraft wirkt abwärts. Es muß also ein Teil der bei der Bergfahrt verrichteten Arbeit bei der Talfahrt durch Bremsen wieder vernichtet werden. Da dieser Vorgang nicht nur dauernde Bremskosten durch Abnutzung der Bremsklötze, Schienen und Radreifen verursacht, sondern auch nicht immer ganz gefahrlos ist, so nennt man diese Neigung schädliche Neigung.

Sie ist vorhanden, wenn

$$\begin{array}{ll} \text{im Bogen} & s_r > w_g + w_r, \\ \text{in der Geraden} & s > w_g. \end{array}$$

Untersucht man nun unter der Annahme des gleichen Verkehrs nach beiden Richtungen den Aufwand an Zugkraft bei der Berg- und Tal- (Hin- und Rück-) Fahrt auf einer Strecke mit **unschädlichen Neigungen**, so ist

$$\begin{array}{ll} \text{die Zugkraft bei der Bergfahrt} & Z_B = Q (w_g + w_r + s_r), \\ \text{die Zugkraft bei der Talfahrt} & Z_T = Q (w_g + w_r - s_r). \end{array}$$

Setzt man hierin als Grenze der unschädlichen Neigung $s_r = w_g + w_r$, so wird die aus der Berg- und Talfahrt gemittelte Zugkraft

$$Z_m = \frac{Z_B + Z_T}{2} = Q(w_g + w_r) \quad \text{in der gekrümmten Strecke} \quad \dots (18)$$

und

$$Z_m = Q \cdot w_g \quad \text{in der geraden Strecke} \quad \dots (19)$$

Da die Zugkraft und demnach die Zugförderungskosten also genau so groß sind wie auf der Wagerechten, so ist bei Vorhandensein von nur unschädlichen Neigungen und eines annähernd gleichen Verkehrs nach beiden Richtungen der Einfluß der Steigungen auf die Zugkraft und deren Kosten gleich Null; denn der bei der Bergfahrt erforderliche Mehraufwand an Zugkraft wird während der Talfahrt wieder gewonnen. Daraus folgt, was noch weiter unten bei der verlorenen Steigung (S. 174) nachgewiesen ist, daß, wenn eine Bahn nur unschädliche Neigungen aufweist, sie ohne Beeinträchtigung der Zugkraft auch mit Gegenneigungen ausgeführt werden kann (Abb. 14).

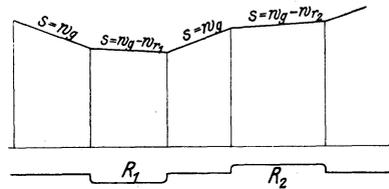


Abb. 14.

Will man eine Bahn mit unschädlichen Neigungen gleichzeitig nach den Grundsätzen der maßgebenden Steigung so ausführen, daß bei den Bergfahrten stets die gleiche Zugkraft aufzuwenden ist, so darf die Neigung in der Geraden nie größer werden als der Zugwiderstand in der geraden Bahn (w_g), während in den Krümmungen die Neigung w_g noch um den Krümmungswiderstand w_r auf $w_g - w_r$ zu ermäßigen ist. Bei solchen Bahnen ist dann nicht nur bei der Bergfahrt, sondern auch bei der Talfahrt ein Aufwand an Zugkraft erforderlich, woraus weiter zu folgern ist, daß, da die Krümmungen bei der Berg- und Talfahrt Zugkräfte erfordern, Krümmungen hier möglichst zu vermeiden sind.

Die größte unschädliche Steigung $\left(s = w_g = 2,4 + \frac{V^2}{1300}\right)$ ist von der Geschwindigkeit abhängig und daher sogar auf derselben Bahn für Schnell- und Personenzüge wesentlich anders als für die mit geringer Geschwindigkeit fahrenden Güterzüge. Da auf den Strecken meist Züge verschiedener Gattungen verkehren, so wird man die maßgebende Steigung nach derjenigen Zuggattung einrichten, die in bezug auf die Zuglast auf der Strecke vorherrschend ist. Das ist bei den meisten Bahnen der Güterverkehr. Die oben genannte Formel $\left(w_g = 2,4 + \frac{V^2}{1300}\right)$ der preussischen Staatsbahn ergibt für eine Geschwindigkeit von $V = 20$ km/Std ein $w = 2,7$ kg/t. Da die unschädliche Steigung daher zu etwa 2,7 v. T. zu wählen ist¹⁾, so werden Bahnen mit unschädlichen Neigungen stets nur wenig geneigte Flachlandbahnen sein.

Betrachtet man nun unter der Annahme des gleichen Verkehrs nach beiden Richtungen den Aufwand an Zugkraft, bei der Berg- und Tal- (Hin- und Rück-) Fahrt auf einer Strecke mit schädlicher Neigung, so ist

$$\text{die Zugkraft bei der Bergfahrt} \quad Z_B = Q(w_g + w_r + s_r),$$

die der Fahrtrichtung bei der Tal-

$$\text{fahrt entgegengewirkende Zugkraft} \quad Z_T = -Q(w_g + w_r - s_r)$$

¹⁾ Launhardt setzt das Bremsgefälle für Güterzüge zu 3,6, für Personenzüge zu 5,5; vgl. Theorie des Trassierens, Hannover 1888, Heft II, S. 40.

und demnach die aus der Berg- und Talfahrt gemittelte Zugkraft

$$Z_m = \frac{Z_B + Z_T}{2} = Q \cdot s_r \dots \dots \dots (20)$$

und da $s_r > w_g + w_r$,

$$Z_m = \frac{Z_B + Z_T}{2} > Q(w_g + w_r) \dots \dots \dots (21)$$

Hier sind also die aus der Berg- und Talfahrt gemittelten Zugkräfte und demnach die Zugförderungskosten abhängig von der Steigung und größer als auf der Wagerechten, weil der bei der Bergfahrt notwendige Mehraufwand an Zugkraft bei der Talfahrt nicht nur nicht erspart wird, sondern auch noch Bremskosten zur Vernichtung der Schwerkraftsarbeit aufgewendet werden müssen. Jedoch kann in den talwärts befahrenen Krümmungen der für sie erforderliche Mehraufwand an Zugkraft von dem Überschuß an Gefällschub bestritten werden. Das Durchfahren von Krümmungen verursacht also bei schädlichen Neigungen nur bei der Bergfahrt Mehrkosten, während bei unschädlichen Neigungen in beiden Richtungen Mehrkosten erforderlich waren, und zwar wird das Durchfahren der Krümmungen bei schädlichen Neigungen nur halb so teuer wie bei unschädlichen, so daß Krümmungen bei Gebirgsbahnen weniger zu scheuen sind, als bei Flachlandbahnen. Daß schädliche Neigungen nicht mit Gegenneigungen angelegt sein dürfen, ist weiter unten bei der verlorenen Steigung nachgewiesen.

Ist der Verkehr in einer Richtung erheblich größer als in der andern, so sind alle in der Hauptrichtung des Verkehrs ansteigenden Strecken schädlich, alle dorthin fallenden aber unschädlich und sogar, wenn die Bremsneigung nicht überschritten wird, billiger als die wagerechte Bahn.

f) Verlorene Steigung.

Verlorene Steigung nennt man jede Abweichung von der einheitlichen Steigung, sofern sie eine Erhöhung der Betriebskosten zur Folge hat. Die einfachste Trasse zwischen zwei Punkten von beliebigem Höhenunterschied ergibt sich durch Verbindung der beiden Punkte mit einer einheitlich gleichmäßig durchgehenden Steigung $s_1 = \frac{h_1}{l_1}$. Diese einheitliche Steigung läßt sich aber mit Rücksicht auf die Örtlichkeit nicht immer erreichen. Sie ist auch nicht immer notwendig, vielmehr nur dann am günstigsten, wenn sie gleichzeitig die maßgebende (Größt-) Steigung ist.

Zur Erläuterung der Frage der verlorenen Steigung muß man zwei Fälle untersuchen, je nachdem die einheitliche Neigung eine unschädliche oder schädliche ist¹⁾.

1. Ist die einheitliche Neigung s_1 auf der Strecke *A-B* (vgl. Abb. 15) unschädlich und die Strecke geradlinig angenommen ($w_r = 0$), so ist die Arbeitsleistung der Lokomotive bei der Bergfahrt

$$Z l_1 = Q(w_g + s_1) l_1 = Q(w_g l_1 + h_1) \dots \dots \dots (22)$$

Legt man nun die Strecke *A-B* nicht durch die einheitliche Steigung, sondern durch eine unschädliche Gegenneigung von $s_2 = w_g$ und die maßgebende (Größt-)Steigung s_3 zurück, so ist

$$h_1 = s_3 l_3 - w_g l_2,$$

und die Arbeitsleistung der Lokomotive auf der Fahrt *A-C-B* (weil auf der Strecke *A-C* gleich Null)

$$\begin{aligned} &= Q(w_g + s_3)(l_1 - l_2) \\ &= Q(w_g l_1 + s_3(l_1 + l_2) - w_g l_2) \\ &= Q(w_g l_1 + h_3 - h_2) \\ &= Q(w_g l_1 + h_1) \dots \dots \dots (23) \end{aligned}$$

¹⁾ vgl. W. Launhardt, Theorie des Trassierens, Hannover 1888, Heft II, S. 165.

Da die Werte (22) und (23) einander gleich sind, ist also unter den gegebenen Voraussetzungen die Arbeitsleistung der Lokomotive bei der Bergfahrt beim Befahren der gebrochenen Gegenneigung genau die gleiche, wie beim Befahren der einheitlichen Steigung; eine verlorene Steigung ist also nicht vorhanden.

Für die Talfahrt ist auf der einheitlichen unschädlichen Neigung $B-A$ die Arbeitsleistung der Lokomotive

$$Q(w_g - s_1)l_1 = Q(w_g l_1 - h_1) \dots \dots \dots (24)$$

und auf dem gebrochenen Gefälle $B-C-A$, wenn auch $s_3 = w_g$ unschädlich (weil die Arbeitsleistung auf der Strecke $B-C$ gleich Null),

$$Q(w_g + s_2)l_2 = 2Qw_g l_2 \dots \dots \dots (25)$$

Wenn keine verlorene Steigung vorhanden sein soll, so müssen die beiden Arbeitsleistungen (3) und (4) einander gleich sein, also

$$w_g l_1 - h_1 = 2w_g l_2;$$

setzt man hierbei

$$h_1 = s_3(l_1 - l_2) - w_g l_2,$$

so ergibt sich

$$s_3 = w_g,$$

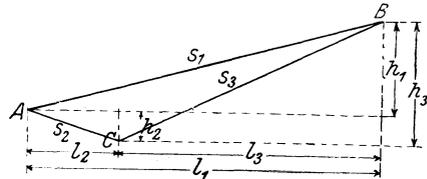


Abb. 15.

d. h. ist die einheitliche Neigung s_1 unschädlich, so tritt auch durch Gegenneigungen keine verlorene Steigung ein, wenn diese (s_2 und s_3) nur aus unschädlichen Neigungen bestehen.

2. Nun sei die einheitliche Neigung s_1 schädlich, aber s_3 wie vorher unschädlich ($s_2 = w_g$) und s_3 die maßgebende Steigung, so ergibt sich bei der Bergfahrt genau wie vorher die gleiche Arbeitsleistung beim Befahren der gebrochenen Steigung wie beim Befahren der einheitlichen Steigung, und zwar selbst dann, wenn s_2 eine schädliche Steigung ist.

Bei der Talfahrt ist jedoch, da $s_1 > w_g$, auf der einheitlichen Steigung keine Arbeitsleistung erforderlich. Auf der gebrochenen Steigung ist dies nur dann der Fall, wenn in der Richtung $B-C-A$ keine Steigung — denn jede Steigung erfordert Zugkraft —, sondern nur Gefälle von mindestens w_g Größe (also schädliches) gelegen ist.

Nach den vorstehenden Erörterungen hat daher eine Bahnlinie keine verlorene Steigung, wenn sie entweder nur unschädliche, auch zwischen Steigung und Gefälle abwechselnde Neigungen aufweist, oder wenn lediglich schädliche aber nur in derselben Richtung ansteigende Neigungen vorkommen. Ob der Verkehr in beiden Richtungen gleich groß ist oder in einer Richtung überwiegt, ist hierbei gleichgültig.

Wird das Ergebnis mit den weiter vorn bei Erörterung der schädlichen und unschädlichen Neigungen ermittelten Schlußfolgerungen zusammengefaßt, so sind, während einerseits auf Flachlandbahnen Gegenneigungen an den Grenzen der unschädlichen Neigung ohne Nachteil, dagegen bei Gebirgsbahnen mit schädlichen Neigungen unbedingt zu vermeiden sind, andererseits bei Gebirgsbahnen mit schädlichen Neigungen Krümmungen weniger ungünstig als auf Bahnen mit unschädlichen Neigungen.

Da es aber schwierig ist, die Dampfzuströmung in den Dampfzylindern der Lokomotive so zu regeln, daß sie den etwa auf den Gebirgsbahnen vorhandenen wechselnden Steigungen ganz genau entspricht, so genügt es bei diesen nicht, alle verlorenen Steigungen zu vermeiden, sondern man muß auch in einem Streckenabschnitt möglichst nur eine einheitliche — die maßgebende Steigung — anwenden.

g) Anlaufsteigung¹⁾.

Bei einer Anlaufsteigung handelt es sich um eine steile Rampe, deren Steigung die maßgebende Steigung überschreitet, zu deren Überwindung die Zugkraft der Lokomotive also nicht ausreicht. Solche Rampen können ohne Erhöhung des Dampfverbrauches unter teilweiser Ausnutzung und Aufbrauch der lebendigen Kraft des Zuges bei entsprechender Verminderung der Geschwindigkeit durch Anlauf erstiegen werden.

Ist in eine maßgebende Steigung s_m , auf der Lokomotiven mit einer dieser Steigung genau entsprechenden Zugkraft verkehren, nach Abb. 16, eine stärker geneigte Strecke von der Höhe h_a , der Länge l_a und der Neigung s_a als Anlaufstrecke eingelegt und die Geschwindigkeit, mit der der Zug am Fußpunkte dieser Rampe anlangt $v_1 = \frac{V_1}{3,6}$, während er am oberen Endpunkt der Rampe noch eine Geschwindigkeit $v_0 = \frac{V_0}{3,6}$ haben soll, so

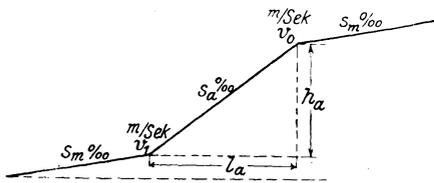


Abb. 16.

ist die lebendige Kraft, die beim Ersteigen der Rampe zur Unterstützung der Zugkraft der Lokomotive ausgenutzt werden kann

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} \\
 &= \frac{Q \text{ kg}}{2g} [(v_1 \text{ m/Sek})^2 - (v_0 \text{ m/Sek})^2] \\
 &= \text{rund } 4 Q^t [(V_1 \text{ km/Std})^2 - (V_0 \text{ km/Std})^2]
 \end{aligned}$$

Da ferner die erforderliche Zugkraft auf der Anlaufstrecke, die die Maschine aber nicht mehr leisten kann,

$$Z_a \text{ kg} = Q^t (w_g \text{ kg/t} + s_a \text{‰}),$$

und die Zugkraft vor der Anlaufstrecke

$$Z_m \text{ kg} = Q^t (w_g \text{ kg/t} + s_m \text{‰})$$

ist, so wird, da das infolge der verminderten Geschwindigkeit etwas geringere w_g' annähernd genau genug gleich w_g zu setzen ist, der zur Ersteigung der Rampe erforderliche Mehraufwand an Zugkraft

$$Z_a \text{ kg} - Z_m \text{ kg} = Q^t (s_a \text{‰} - s_m \text{‰}).$$

Da nun dieser Mehraufwand an Zugkraft durch die lebendige Kraft des Zuges geleistet werden muß, so ist

$$Q (s_a - s_m) l_a = 4 Q [V_1^2 - V_0^2]$$

woraus sich die Länge der Anlaufsteigung ergibt zu

$$l_a \text{ m} = 4 \cdot \frac{(V_1 \text{ km/Std})^2 - (V_0 \text{ km/Std})^2}{s_a \text{‰} - s_m \text{‰}} \dots \dots \dots (26)$$

und hieraus die Anlaufsteigung selbst zu

$$s_a \text{‰} = 4 \cdot \frac{(V_1 \text{ km/Std})^2 - (V_0 \text{ km/Std})^2 + s_m \text{‰}}{l_a \text{ m}} \dots \dots \dots (26a)$$

Ihre Höhe beträgt

$$h_a \text{ m} = \frac{l_a \text{ m} \cdot s_a \text{‰}}{1000} \dots \dots \dots (27)$$

und der durch die Anlaufsteigung erreichte Höhengewinn

$$\frac{(s_a \text{‰} - s_m \text{‰}) l_a}{1000} \dots \dots \dots (28)$$

Beispiel: Wie lang und wie hoch darf eine mit $s = 15$ v. T. auszuführende Anlaufsteigung sein, die in einer mit einer Zuggeschwindigkeit von 40 km/Std befahrenen

¹⁾ vgl. W. Launhardt, Theorie des Trassierens, Hannover 1888, Heft II, S. 160.

Strecke von der maßgebenden Steigung $s_m = 5$ v. T. angelegt werden kann, wenn der Zug oben an der Anlauframpe noch eine Geschwindigkeit von $v = 20$ km/Std aufweisen soll?

$$l_a = 4 \cdot \frac{40^2 - 20^2}{15 - 5} = 480^m,$$

$$h_a = \frac{480 \cdot 15}{1000} = 7,2^m.$$

Der durch die Anlaufsteigung erreichte Höhengewinn ist:

$$\frac{(15 - 5) \cdot 480}{1000} = 4,8^m.$$

Die Geschwindigkeit $V_0 = 0$ würde bei einer Länge der Anlauframpe von

$$l_a = 4 \cdot \frac{40^2}{15 - 5} = 640^m$$

und einer Höhe von

$$h_a = \frac{640 \cdot 15}{1000} = 10^m$$

erreicht werden.

Der Betrieb auf einer Anlaufsteigung erfordert genau den gleichen Dampfverbrauch wie die Erreichung der gleichen Höhe durch die maßgebende Steigung, ist in dieser Beziehung also nicht nachteilig und bei nicht zu steilen Anlauframpen auch kaum bedenklich. In einem an einen Bahnhof anschließenden Gefälle kann sie sogar günstig sein, weil dann bei der Bergfahrt die lebendige Kraft des Zuges durch die Steigung ohne Beanspruchung der Bremsen vernichtet wird, während bei der Talfahrt die stärkere Neigung zur Überwindung der Anfahrzugkraft recht zweckmäßig ist. Solche Anlaufsteigungen vor Bahnhöfen sind bei einigen städtischen Schnellbahnen in London und Liverpool ausgeführt worden. Auf der Zentral-London-Tiefbahn z. B., bei der die Stationen gegenüber der freien Strecke etwas höher angeordnet

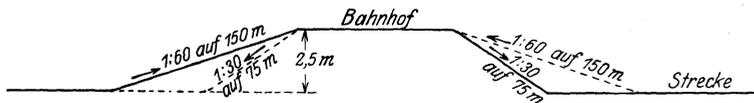


Abb. 17.

sind, liegt nach Abb. 17 vor der Station eine Steigung 1:60 auf rd. 150 m Länge, während hinter der Station, um das Anfahren zu erleichtern, ein stärkeres Gefälle (1:30) auf rd. 75 m anschließt. Die durch die abweichenden Steigungen bedingte verschiedene Höhenlage der beiden Gleise ließ sich dort leicht erreichen, weil jedes Gleis in einem besonderen Röhrentunnel gelegen ist.

Anlaufsteigungen werden in Höhen bis höchstens 10 m ausgeführt. Sie sind um so bedenklicher, je steiler und kürzer sie angelegt werden. Sie können bei Versehen des Lokomotivführers zu Betriebsstörungen Veranlassung geben. In wichtigen Bahnstrecken soll man sie daher nach Möglichkeit vermeiden. Man hat auch vorhandene Anlaufsteigungen zuweilen wieder beseitigt. Sie kommen in der Hauptsache nur noch vor, wenn Brücken- oder Straßenunterführungen so hoch liegen, daß sie nur durch höhere Rampen überwunden werden können.

h) Bremsen der Züge, der Bremsweg¹⁾.

Das Bremsen hat den Zweck, den Widerstand der in Bewegung befindlichen Fahrzeuge zu steigern, dadurch ihre Geschwindigkeit zu regeln oder sie zum

¹⁾ vgl. u. a. v. Stockert, Handbuch des Eisenbahnmaschinenwesens, Bd. 1, S. 541.

Halten zu bringen. Stehende Fahrzeuge müssen besonders gesichert werden, um der bei Wind im Sinne der Bewegungsrichtung durch Wegrollen entstehenden Gefahr vorzubeugen. Die Vergrößerung des Widerstandes beim Bremsen erfolgt durch Erzeugung von Reibung dadurch, daß Bremsklötze gegen den Umfang der Radreifen gepreßt werden. Hierdurch wird die lebendige Kraft des Zuges allmählich vernichtet, seine Geschwindigkeit wird verringert und nach Zurücklegen einer gewissen Strecke, des Bremsweges, kommt er zum Stillstand.

Die Größe der durch die Bremsklötze erzeugten Reibung nimmt mit wachsendem Raddurchmesser ab, mit dem Gewicht der Fahrzeuge zu und ist besonders von der Größe des Reibungswertes abhängig. Die Bremswirkung wird am günstigsten, wenn die Drehbewegung des Rades fast gänzlich aufgehoben ist, wenn also ein Schleifen der Räder gerade noch nicht eintritt. Die dabei erzielte Hemmung der Fahrzeuge ist die Vollbremsung. Werden die Bremsklötze so fest angezogen, daß das Rad auf den Schienen gleitet, so ist die Reibung geringer, auch erfahren dann Radreifen und Schienen eine starke Abnutzung.

Bei demselben Fahrzeug ist die Bremsreibung abhängig von der Größe des Druckes der Bremsklötze am Radumfang und der hier auftretenden Reibung, und zwar ist sie gleich dem Produkt aus Bremsklotzdruck und Reibungswert. Letzterer ist veränderlich und nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit ab. Auf Grund von Versuchen empfiehlt Wichert für ihn zu setzen¹⁾:

$$\mu_b \text{ kg/t} = \frac{12\,500}{50 + V \text{ km/Std}} \cdot \dots \dots \dots (29)$$

Nach der Art der Erzeugung der erforderlichen Bremswirkung unterscheidet man hauptsächlich folgende Arten von Bremsen: durch menschliche Kraft bewegte Spindel- oder Hebelbremsen, Gewichtsbremsen, Reibungsbremsen, bei denen die lebendige Kraft der bewegten Fahrzeuge zum Bremsen ausgenutzt wird, Luftdruck-, Luftsaugbremsen, Dampfbremsen und elektromagnetische Bremsen.

Nach der Art der Handhabung der Bremsen teilt man sie ein in Handbremsen, die an jedem einzelnen Fahrzeug von Hand bewegt werden, auch Einzelbremsen genannt, Gruppenbremsen, bei denen die Bremsen mehrerer Wagen von einem Punkt aus in Tätigkeit gesetzt werden können, und durchgehende Bremsen, bei denen alle Bremsen eines Zuges von einem Punkt aus bedient werden. Letztere werden hauptsächlich als Luftsaug- und Luftdruckbremsen, und zwar in Personenzügen ausgeführt und sind in der Regel selbsttätig. Für Güterzüge wurde i. J. 1916 die Einheits-Verbundbremse (Kunze-Knorr-Bremse) als geeignetste Bauart bezeichnet; sie ist inzwischen zum großen Teil eingeführt.

Zur Ermittlung des Bremsweges möge außer den bekannten Bezeichnungen (vgl. S. 155) sein:

n die Anzahl der Achsen, die von hundert vorhandenen Achsen gebremst sind (Bremsprozente),

μ_b der Reibungswert zwischen Bremsklotz und Radreifen,

V_1 die Geschwindigkeit des Zuges bei Beginn der Bremsung in km/Std,

V_2 die Geschwindigkeit des Zuges am Ende der Bremsung in km/Std,

t die Bremszeit in Sek.,

$l_1 = \frac{v \text{ m/sek } t^{\text{sek}}}{2}$ die Länge des Weges, der vom Beginn der Bremswirkung bis zum

Stillstand des Zuges zurückgelegt wird,

l_2 der Weg, den der Zug von der Wahrnehmung des Haltesignals durch den Lokomotivführer bis zum Beginn der vollen Bremswirkung zurücklegt,

$L = l_1 + l_2$ der gesamte Bremsweg,

¹⁾ vgl. Org. f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwes. 1889, S. 82.

Wenn nun ein Zug mit einem Gewicht von Q^t , der mit der Geschwindigkeit von

$$v_1 \text{ m/Sek} = \frac{V_1 \text{ km/Std}}{3,6}$$

fährt, durch Bremsen auf die Geschwindigkeit

$$v_2 \text{ m/Sek} = \frac{V_2 \text{ km/Std}}{3,6}$$

gebracht werden soll, dann muß die lebendige Kraft des Zuges

$$\frac{Q \text{ kg}}{g} \cdot \frac{(v_1 \text{ m/Sek})^2 - (v_2 \text{ m/Sek})^2}{2} = 3,93 Q^t [(V_1 \text{ km/Std})^2 - (V_2 \text{ km/Std})^2]$$

durch die Arbeit des Bremswiderstandes

$$\frac{n Q^t}{100} \mu_b l_1 \text{ m}$$

und des Zugwiderstandes

$$Q^t (w \pm s) \text{ kg/t } l_1 \text{ m}$$

(bei dem im Gefälle die Schwerkraft zur Vergrößerung der lebendigen Kraft beiträgt) vernichtet werden.

Es ist daher:

$$3,93 Q [(V_1^2 - V_2^2)] = \frac{n Q}{100} \mu_b l_1 + Q (w \pm s) l_1;$$

$$l_1 = \frac{3,93 [(V_1 \text{ km/Std})^2 - (V_2 \text{ km/Std})^2]}{\frac{n \mu_b}{100} + w \pm s} \dots \dots \dots (30)$$

Hieraus ermittelt sich (bei $V_2 = 0$) die Bremsgrenzneigung s_g , in der ein Zug noch in der Talfahrt zum Stehen gebracht werden kann, zu

$$s_g = \frac{n \mu_b}{100} + w - \frac{3,93 (V \text{ km/Std})^2}{l_1} \dots \dots \dots (31)$$

Hierin ist überschlächlich zu setzen

$$w = 2,4 + \frac{1}{1300} \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right)^2 + \frac{650}{R - 55} \dots \dots \dots (32)$$

Um den Gesamtbremsweg zu ermitteln, ist zu l_1 noch der Weg l_2 hinzuzufügen, den der Zug von der Wahrnehmung des Haltesignals bis zum Beginn der vollen Bremswirkung zurücklegt. Dieser hängt besonders von der Art der Bremsen, ob Hand- oder durchgehende Bremsen ab. Er kann gesetzt werden zu

$$l_2 = 2,8 V \text{ km/Std} \text{ für Handbremsen}$$

$$l_2 = 0,6 V \text{ km/Std} \text{ „ durchgehende Bremsen.}$$

Der gesamte Bremsweg ist dann $L = l_1 + l_2$.

Auf Grund vorstehender Betrachtung hat man unter Annahme eines größten Bremsweges von 700 m Länge Brems tafeln, einzeln für Hand- und durchgehende Bremsen berechnet (TV. § 160 u. BO. § 55), die für jede Zuggeschwindigkeit und jedes Gefälle die Bremsprozente d. h. den zu bremsenden Zuggewichtsteil n nach Hundertteilen des Gesamtgewichtes angeben. Bei Berechnung dieser Tafeln wird als Geschwindigkeit die größte von dem Zuge auf dem betreffenden Streckenabschnitt erreichte Geschwindigkeit und als Neigung die größte sich durch geradlinige Verbindungen zweier in einer Entfernung von 1000 m liegenden Punkte des betreffenden Streckenabschnittes ergebende Neigung in Ansatz gebracht. Bei Zählung der Wagenachsen und Feststellung der Bremsachsen werden eine unbeladene Güterwagenachse als halbe Achse, dagegen die Achsen von Personen-, Post- und Gepäckwagen und leerfahrenden Tendern als volle Achsen gerechnet.

Beispiel 1: Ein mit einer Geschwindigkeit von $V = 80$ km/Std. fahrender, mit durchgehenden Bremsen ausgerüsteter Schnellzug vom Gesamtgewicht $Q = 250$ t und $n = 60$ v. H. gebremsten Achsen soll in gerader mit 2 v. T. geneigter Bahn zum Stillstand gebracht werden ($V_2 = 0$), wie groß ist die Bremslänge?

$$\mu_b = \frac{12500}{50 + 80} = 96 \text{ kg/t}$$

$$w = 2,4 + \frac{1}{1300} \left(\frac{80}{2} \right)^2 = 3,63 \text{ kg/t}$$

$$L = l_1 + l_2 = \frac{3,93 \cdot 80^2}{60 \cdot 96 + 3,63 - 2} + 0,6 \cdot 80 = 472 \text{ m}$$

Beispiel 2: Soll ermittelt werden, in welcher Steigung bei einer Bremsweglänge von $l_1 = 700$ m der im Beispiel 1 angegebene Zug noch in der Geraden zum Stehen gebracht werden kann, so wird die Bremsgrenzneigung

$$s_g = \frac{60 \cdot 96}{100} + 3,63 + \frac{3,93 \cdot 80^2}{700} = 25,3 \text{ v. T.}$$

4. Anlage der Stationen mit Rücksicht auf den Betrieb.

Alle Betriebsstellen, die einen Streckenabschnitt begrenzen, nennt man Zugfolgestellen. Im besonderen bezeichnet die BO. (§ 6) die Betriebsstellen, auf denen Züge des öffentlichen Verkehrs regelmäßig halten, mit Stationen und teilt diese ein in Bahnhöfe als Stationen, die mindestens eine für den öffentlichen Verkehr dienende Weiche haben, und Haltepunkte ohne solche Weiche. Die Bahnhöfe bilden die Ausgangspunkte für die Handhabung des Betriebsdienstes, zu deren Durchführung in Verbindung mit ihnen eine Reihe von Sonderanlagen vorzusehen sind, und zwar:

1. Umsetzstationen, um an Spitzkehren und bei vereinigten Reibungs- und Zahnbahnen die Maschinen umsetzen zu können.
2. Kreuzungsstationen, die auf eingleisigen Bahnen die Möglichkeit gewähren, daß sich Züge entgegengesetzter Richtung kreuzen können.
3. Überholungsstationen, die für ein- und zweigleisige Bahnen zur Überholung der langsam fahrenden Züge durch schnellfahrende dienen.
4. Bekohlungsanlagen, Wasserwerke und Lokomotivstationen zur Speisung der Lokomotiven mit Wasser und Kohle und zu ihrer Unterbringung.
5. Abstell- und Verschiebebahnhöfe zur Bildung, Ordnung und Aufstellung der Personen- und Güterzüge.
6. Werkstattanlagen.

Für die Linienführung haben die unter 2 bis 4 genannten Anlagen insofern besondere Bedeutung, als sie die aus Betriebsrücksichten erforderliche Größtentfernung zwischen den Stationen festlegen. Sie sollen daher im folgenden erörtert werden. (Die Umsetzstationen sind S. 236 u. ff. behandelt.)

a) Kreuzungsstationen.

Der Abstand der Kreuzungsstationen auf einer eingleisigen Bahn hängt von der Größtzahl der in einem bestimmten Zeitraum die Strecke zu durchfahrenden Züge, ihrer Geschwindigkeit und der Betriebsdauer auf der Bahnlinie ab.

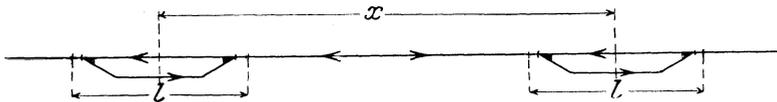


Abb. 18.

Sollen während einer Betriebsdauer von s Stunden am Tage zwischen zwei in einem Abstand von x km zwischen den Stationsmitten (vgl. Abb. 18) gelegenen Bahnhöfen in jeder Richtung n Züge mit einer Geschwindigkeit von V km/Std. bei einem Stationsaufenthalt von a Std. verkehren, so ist

$$s = 2n \left(\frac{x}{V} + a \right),$$

woraus sich der größte Abstand der Kreuzungsstationen errechnet zu

$$x^{\text{km}} = \left[\frac{s^{\text{Std}}}{2n} - a^{\text{Std}} \right] V^{\text{km/Std}} \dots \dots \dots (1)$$

Beispiel: Annahme $s = 15$ Std., $V = 30$ km/Std., $n = 16$ Züge, $a = 10$ Min. $= \frac{1}{6}$ Std. ergibt

$$x = \left[\frac{15}{2 \cdot 16} - \frac{1}{6} \right] 30 = 9 \text{ km.}$$

Da ein ganz gleichmäßiger Lauf der Züge nicht immer durchführbar ist, so wird man die Kreuzungsstationen etwas näher als die Berechnung ergibt aneinanderlegen. Je näher die Kreuzungsstationen aneinanderrücken, desto leistungsfähiger ist die Bahn. Bei zu geringem Abstand der Stationen empfiehlt sich der zweigleisige Ausbau der Bahn (vgl. S. 191 u. ff.). Nach der BO. (§ 14) wird die Größtentfernung der Kreuzungsstationen und Zugfolgestellen für die zur Beförderung von Militärzügen in Betracht kommenden Bahnen vom Reichsverkehrsministerium (früher Reichseisenbahnamt) festgesetzt, das jedoch keine geringere Entfernung als 8 km vorschreiben kann.

b) Überholungsstationen.

Der Abstand der Überholungsstationen der zweigleisigen Bahnen ist von den Geschwindigkeiten der schnellfahrenden und langsamfahrenden Züge abhängig. Bezeichnen:

- V_p die Geschwindigkeit der schnellfahrenden (z. B. Personen-) Züge in km/Std,
- V_g die Geschwindigkeit der langsamfahrenden (z. B. Güter-) Züge in km/Std,
- t die Fahrzeit des Güterzuges auf der Strecke x in Std.,
- x die in der Zeit t von dem schnell- und langsamfahrenden Zuge zurückgelegten Wege in km,
- z die spätere Abfahrzeit des schnellfahrenden Zuges von der Station in Std.,

dann ist:

$$x = V_g t = V_p (t - z);$$

$$t^{\text{Std}} = \frac{V_p^{\text{km/Std}}}{V_p^{\text{km/Std}} - V_g^{\text{km/Std}}} \cdot z^{\text{Std}}$$

und der erforderliche Abstand der Überholungsstation

$$x^{\text{km}} = \frac{V_p^{\text{km/Std}} \cdot V_g^{\text{km/Std}}}{V_p^{\text{km/Std}} - V_g^{\text{km/Std}}} \cdot z^{\text{Std}} \dots \dots \dots (2)$$

Beispiel: Annahme $V_p = 80$ km/Std; $V_g = 30$ km/Std; $z = 40$ Min $= \frac{2}{3}$ Std. ergibt

$$x = \frac{80 \cdot 30}{50} \cdot \frac{2}{3} = 32 \text{ km.}$$

c) Bekohlungsanlagen, Wasserwerke und Lokomotivstationen.

Der Abstand der Bekohlungsanlagen hängt in erster Linie von dem Kohlenverbrauch und dem Fassungsraum der Tender an Kohle ab. Bezeichnet

- x_k den Abstand der Kohlenstationen in km,
- K_k den von der Lokomotive mitgeführten Kohlenvorrat in kg,
- Z die Zugkraft der Lokomotive in kg,
- A den Kohlenverbrauch für 1 km Bahnlänge in kg. Da dieser von der Zugkraft abhängig ist, so kann man ihn etwa setzen zu $A = 0,007 Z$,
- nL das Reibungsgewicht der Lokomotive in kg,
- s_m die maßgebende (Größt-)Steigung zwischen zwei Kohlenstationen in m auf 1000 m Streckenlänge,
- s_d die Durchschnittsneigung zwischen zwei Kohlenstationen in m auf 1000 m Streckenlänge,

dann ist:

$$x_k^{km} = \frac{K_k}{A} = \frac{K_k}{0,007 Z} \dots \dots \dots (3)$$

die größte Zugkraft ist

$$Z_{max}^{kg} = n \cdot \mu L^t = Q^t (w + s_m); \dots \dots \dots (4)$$

die auf der Strecke erforderliche Zugkraft muß sein

$$Z = Q^t (w + s_d); \dots \dots \dots (5)$$

aus Gl. (4) und (5) ergibt sich

$$Z^{kg} = n \mu L^t \frac{w + s_d}{w + s_m}; \dots \dots \dots (6)$$

aus Gl. (3) und (6)

$$x_k^{km} = \frac{K_k^{kg}}{0,007 \cdot n \mu L^t} \cdot \frac{w + s_m}{w + s_d} = \frac{K_k^{kg}}{n \cdot L^t} \cdot \frac{w + s_m}{w + s_d} \dots \dots \dots (7)$$

Beispiel:

Annahme $s_m = 25$ v. T.; $s_d = 20$ v. T.; $w = 3,0$ kg/t; $nL = 30$ t; $K_k = 3000$ kg; dann wird

$$x_k = \frac{3000}{30} \cdot \frac{3 + 25}{3 + 20} = 120 \text{ km.}$$

Zur Sicherheit wird man die Kohlenstationen wesentlich enger anordnen, als der zu errechnende Abstand der Kohlenstationen ergibt.

Der von den Lokomotiven mitgeführte Kohlenvorrat beträgt bei regelspurigen Lokomotiven mit Schlepptender 3 bis 8 t, bei regelspurigen Tenderlokomotiven 1 bis 4,5 t, bei Schmalspurlokomotiven 0,3 bis 1,8 t. Der Kohlenverbrauch der Lokomotiven schwankt zwischen 12 und 35 kg/km.

Der Abstand der Wasserwerke richtet sich nach der Menge des mitzuführenden Wassers und dem Wasserverbrauch, der wieder von der Bauart der Lokomotive, ihrer Zugkraft, der Zugstärke und den Streckenneigungen abhängt.

Nach den TV. § 58 und BO. § 15 sollen Wasserwerke in solchen Abständen und mit solcher Leistung angelegt werden, daß der Bedarf an Speisewasser jederzeit reichlich gedeckt werden kann. Die BO. fordert noch (§ 15), daß Wasserkräne zur Speisung der Lokomotiven fahrplanmäßiger Züge in der Minute mindestens 1 cbm Wasser liefern.

Bezeichnen:

- x_w den Abstand der Wasserwerke in km,
- K_w den Fassungsraum des Tenders an Wasser in Liter,

so kann man, da 1 kg guter Kohle durchschnittlich etwa 6,2 l Wasser verdampft, unter Berücksichtigung der Verluste etwa setzen:

$$K_w^l = 8 K_k^{kg} \dots \dots \dots (8)$$

so daß sich nach Gl. (7) und (8) ergibt

$$x_w^{km} = \frac{K_w^l}{8 \cdot n L^t} \cdot \frac{w + s_m}{w + s_d} \dots \dots \dots (9)$$

Beispiel:

Annahme (wie vorher) $s_m = 25$ v. T.; $s_d = 20$ v. T.; $w = 3,0$ kg/t; $nL = 30$ t; $K_w = 10000$ l, dann wird

$$x_w = \frac{10000}{8 \cdot 30} \cdot \frac{3 + 25}{3 + 20} = 50 \text{ km.}$$

Der Wasservorrat einer Lokomotive beträgt bei regelspurigen Maschinen mit Schlepptender 12 bis 31,5 cbm, bei Tenderlokomotiven 4 bis 12 cbm und bei Schmalspurlokomotiven 0,5 bis 7 cbm.

Nimmt man den Fassungsraum des Tenders an Kohle halb so groß an, wie den an Wasser, so würde der Abstand der Wasserstationen ein Viertel so groß sein müssen wie der der Kohlenstationen.

Die Ergänzung des Tenderinhalts wird erforderlich:

	auf Flachbahnen	auf Bahnen mit stärkeren Steigungen
	nach einer Fahrt von	
bei Schnellzuglokomotiven	90 bis 120 km	—
„ Personenzuglokomotiven	60 „ 120 „	50 km
„ Güterzuglokomotiven	30 „ 60 „	25 „
„ Tenderlokomotiven	20 „ 40 „	15 bis 20 „

Würde man nach obiger Gl. (7) den Abstand der Wasserwerke berechnen, so könnten bei Versagen eines Wasserwerks oder ähnlichem die Züge leicht liegen bleiben. Man wird die Wasserwerke daher so anordnen, daß die Lokomotiven dann noch auf der Nachbarstation gespeist werden können und daher die Entfernung der Wasserwerke höchstens halb so groß annehmen, wie sich aus obiger Gleichung errechnet. Man wählt sie etwa

bei Flachlandbahnen	zu 30 km
„ Hügellandbahnen	„ 20 „
„ Gebirgsbahnen	„ 5 bis 15 km.

Die Wasserwerke sind z. B. auf der Gotthardbahn in 8,2 km Entfernung und auf der Arlbergbahn in nur 5 km Entfernung angeordnet worden.

Der Wasserverbrauch einer Lokomotive beträgt im Flachlande 0,06 bis 0,2 cbm/km, im Mittel für Schnellzüge 0,1, für Güterzüge 0,15 cbm/km.

Die ohne Aufenthalt durchfahrenen Strecken haben von Jahr zu Jahr eine Verlängerung erfahren. Dies hat zu einer Vergrößerung der Tender mit bis zu 31,5 cbm Fassungsraum geführt, mit deren Hilfe nach dem Fahrplan von 1913 in Deutschland folgende größten aufenthaltslosen Fahrten zurückgelegt werden:

Strecke	Entfernung	Fahrzeit	Durchschnittsgeschwindigkeit
	km	Min	km/Std
Berlin-Hamburg	287	194	88,6
München-Würzburg	277	205	81,1
Berlin-Liegnitz	264	203	78,0
Berlin-Hannover	254	179	85,1
Breslau-Frankfurt a. O.	248	178	83,6
Schneidemühl-Berlin	247	182	81,4

Die längste fahrplanmäßig durchfahrene Strecke Deutschlands ist die 314 km lange Strecke Nürnberg-Halle, die bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 70,5 km/Std in 267 Min. durchfahren, jedoch durch einen kurzen Betriebsaufenthalt unterbrochen wird.

Um die durch die schweren Tender zu befördernde tote Last zu verringern, ist schon frühzeitig der Gedanke aufgetaucht, das Speisewasser während der Fahrt zu ergänzen. Da auf den deutschen Bahnen die Züge im allgemeinen schon mit Rücksicht auf den Verkehr der in nicht zu großen

Entfernungen liegenden Großstädte häufig halten müssen, so sind solche Einrichtungen, zumal auch die rauhen Winter die Ausführung erschweren, noch nicht hergestellt worden. Dagegen finden sich bei den englischen, den französischen und den amerikanischen Bahnen Anlagen, durch die von der Lokomotive mittels einer Schöpfvorrichtung aus einem zwischen den Schienen auf den Schwellen angeordneten langen Kanal Wasser während der Fahrt in den Tender nachgefüllt werden kann. Hierbei senkt der Lokomotivführer, wenn er an den Kanal herangekommen ist, eine Schöpfvorrichtung bis auf die Schienenoberkante, wodurch das Wasser bei schnellerer Fahrt ($V = 30$ km/Std) durch den Gegendruck des fahrenden Zuges in den Tender gedrückt wird. Die Wassertröge sind etwa 20 cm tief, 50 cm breit und 700 m lang.

Bei Verwendung dieser Schöpfvorrichtung sind die längsten Zugfahrten ohne Aufenthalt

	Strecke	Entfernung km	Fahrzeit Min	Durchschnitts- geschwindigkeit km/Std
England	London-Plymouth	363	247	88,2
Vereinigte Staaten von Amerika . . .	Syracuse-Albany	238	163	87,6
Frankreich	Chartres-Thouars	238	170	83,5

Lokomotivschuppen soll man nicht zu zahlreich anordnen, sondern die Maschinen an wenigen Stellen vereinigen, um eine bessere Aufsicht und eine günstigere Ausnutzung der Maschine und des Personals zu erreichen. Die Schuppen müssen gut erweiterungsfähig sein. Für den Bau der Lokomotivschuppen und Wasserstationen sind bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn besondere Anweisungen herausgegeben.

Durch Anlage eigener Werkstätten, die an den Hauptpunkten des Verkehrs, also etwa in der Mitte der Bahnstrecke oder dort, wo Teilung der Züge erfolgt, vorzusehen sind, ist für eine sichere und schnelle Fertigstellung der Arbeiten zur Unterhaltung der Fahrzeuge zu sorgen.

V. Bautechnische Vorschriften und Gestaltung der Bahnanlage.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

1. Spurweite.

Die Spurweite ist die Entfernung zwischen den Innenkanten der beiden Schienenköpfe eines Gleises. G. Stephenson legte der ersten, dem öffentlichen Verkehr dienenden Lokomotive der Eisenbahn Stockton-Darlington (i. J. 1823) eine Spur von $4'8,5'' = 1,435$ m zugrunde. Andere englische Ingenieure wendeten andere Maße an, so daß es in kurzer Zeit in England 7 verschiedene Spurweiten gab, von denen die Spur von $4'8,5''$ die kleinste war. Da die Bedeutung einer einheitlichen Spurweite wegen der Möglichkeit des Durchgangsverkehrs bald erkannt wurde, so wurde in England i. J. 1846 durch Parlamentsakte bestimmt, daß alle neuen Eisenbahnen die Spur $4'8,5''$ erhalten sollten. Für die Wahl dieser Spurweite waren nicht Zweckmäßigkeitsgründe maßgebend — man hielt eine größere Spurweite für günstiger —, sie wurde vielmehr gewählt, weil damals der größere Teil der Bahnen bereits diese Spurweite aufwies.

Die Spurweite von 4' 8,5" kam auch durch englische Lokomotiven nach Deutschland. Sie wurde ferner von zahlreichen anderen Staaten übernommen (vgl. die Tabelle S. 187, die die gebräuchlichsten Spurweiten und ihr hauptsächlichliches Vorkommen angibt).

In Frankreich wählte man zuerst als festes Maß nicht die Entfernung zwischen den Innenkanten der Schienenköpfe, sondern das Maß zwischen den Mitten der beiden Schienen zu 1,5 m. Da hierdurch infolge der schwankenden Schienenkopfstärke eine bestimmte Spurweite nicht festgelegt war, wurde später eine Spurweite von 1,44 m bis 1,45 m vorgeschrieben; sie weicht also von der in Deutschland üblichen Spur etwas ab. Die Abweichung ist jedoch so gering, daß sie den Übergang der deutschen Fahrzeuge auf französische Bahnen nicht behindert,

Länder, für die ein Durchgangsverkehr durch die geographische Lage ausgeschlossen ist — wie z. B. Irland —, und solche, die die Spuren von 1,435 m aus militärischen Gründen vermieden wissen wollten — wie z. B. Rußland — wählten andere Spurweiten (vgl. die Tabelle S. 187). In Rußland erhielt die erste Bahn die besonders breite Spur von 6' = 1,82 m, die leistungsfähigere und besonders standfestere Lokomotiven zuließ und ein günstigeres Verhältnis der Nutz- zur toten Last ermöglichte. Zur Einschränkung der Kosten ging man dann jedoch bei den übrigen Bahnen auf das Maß von 5' = 1,524 m herunter, mit dem der überwiegende Teil der russischen Eisenbahnen ausgebaut ist. In Irland wurde die Spurweite von 5' 3" = 1,601 m eingeführt.

In Britisch-Ostindien hatte man geglaubt, um für die Fahrzeuge größere Standfestigkeit gegen die heftigen Stürme zu erhalten, die breite Spur von 5' 6" = 1,676 m wählen zu müssen. Da sich jedoch im Betriebe ergab, daß diese Vorsicht nicht erforderlich war und da ferner diese Spur dem dortigen geringen Verkehre nicht entsprach, so baute man neben dem Bahnnetz mit der breiteren Spur ein umfangreiches Bahnnetz mit schmalere Spur aus. Die Spurweite von 1,676 m ist auch auf andere Länder übergegangen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika waren anfangs neben der Spur von 1,435 m verschiedenartige breitere Spuren verwendet worden. Mit dem fortschreitenden Ausbau der Bahnnetze verständigte man sich aber auf die Spuren von 4' 9" = 1,448 m.

Im Jahre 1887 wurde die Spur von 1,435 m auf der Berner Internationalen Konferenz für die technische Einheit zur internationalen Regel-, Normal- oder Vollspur erhoben. Sie beherrscht insbesondere Deutschland, wo eine Vergrößerung der Spurweite, so erwünscht sie auch auf stark belasteten Strecken sein würde, jetzt nicht mehr in Betracht kommen kann. Alle Bahnen mit breiterer Spur nennt man Breitspur-, alle Bahnen mit schmalere Spurweite Schmalspurbahnen.

Nach den maßgebenden Bestimmungen (TV. § 2 und Grz. § 2) soll die Regelspur der Haupt- und Nebenbahnen sowie der vollspurigen Lokalbahnen zwischen den Fahrkanten, 14 mm unter Schienenkopfoberkante gemessen, im geraden Gleis 1,435 m betragen. Als Folge des Betriebes sind Verengungen der vorgeschriebenen Spurweite bis 3 mm, Erweiterungen bis 10 mm zulässig.

Zunächst beherrschten die Regel- und Breitspur die gesamten Eisenbahnen fast vollständig. Bald machte sich aber das Bedürfnis geltend, für Bahnen, die nur einen geringen Verkehr versprechen, Anlagen zu schaffen, die billiger herzustellen sind und sich auch leichter an die Bodengestaltung anschließen. So ging man von den sechziger Jahren ab zum umfangreichen Bau von Schmalspurbahnen über, von denen Deutschland ohne Anrechnung

der schmalspurigen Straßenbahnen i. J. 1913 über ein Netz von rd. 2219 km, Belgien über 4700 und Frankreich über fast 10000 km verfügte. Sie erweisen sich im manchen Fällen noch bauwürdig, wo vollspurige Bahnen nicht mehr wirtschaftlich sind.

Als Spurweiten der Schmalspurbahnen sind jetzt in Deutschland für Nebenbahnen die Weiten von 1,0 m und 0,75 m (BO. § 9) vorgeschrieben, für schmalspurige Lokalbahnen werden die Spuren von 1,0 m und 0,75 m empfohlen, und für Kleinbahnen ist die Spurweite 0,60 m für zulässig erachtet (Grz. § 2). Als Folge des Betriebes sind auch bei den Schmalspurbahnen angemessene Verengungen und Erweiterungen der festgesetzten Spurweite zulässig. Besteht bereits ein größeres Schmalspurnetz mit einer anderen Spurweite, so soll diese auch für die neu hinzutretenden Linien gewählt werden (Grz. § 2).

In anderen Staaten kommen teils die gleichen Spurweiten für Schmalspurbahnen wie in Deutschland, teils andere Maße vor (vgl. die nebenstehende Tabelle). Besondere Beachtung verdient noch die bei den Kaplandbahnen zuerst ausgeführte und daher Kapspur benannte Spurweite von $3'6'' = 1,067$ m, die von vielen anderen Ländern übernommen worden ist.

Die kleinste für den öffentlichen Verkehr verwendete Spur von $1'11,5'' = 0,597$ haben zwei Bahnen in Nord-Wales (England), darunter die i. J. 1832 erbaute Festiniogbahn, die älteste Schmalspurbahn. Noch kleinere Spurweiten wie z. B. $1'6'' = 0,45$ m in England und 0,42 m in Deutschland kommen nur bei nicht dem öffentlichen Verkehre dienenden Bahnen vor.

Den Anteil der einzelnen Spurweiten an der Gesamtlänge läßt folgende Tabelle erkennen¹⁾.

Spurweite	Länge in km	Anteil in %
{ $5'6'' = 1,676$ m } und $1,670$ m }	53220	6
$5'3'' = 1,600$ m	12650	1,5
$5' = 1,524$ m	57300	7
{ $4'9'' = 1,448$ m } { $4'8,5'' = 1,435$ m }	618990	71
$3'6'' = 1,067$ m	52310	6
1,0 m	54520	6
unter 1,0 m	22700	2,5
Zusammen	871690	100

Die daneben häufig noch aufgeführten Vorteile, daß bei der Schmalspur ein schwächerer Ober- und Unterbau zulässig sei, daß sie stärkere Steigungen und schärfere Krümmungen gestatte als die Regelspur, sind nur vorhanden, wenn man von der allerdings meist berechtigten Voraussetzung ausgeht, daß die Schmalspurbahn nicht die gleiche Verkehrsbedeutung zu erfüllen hat, wie die regelspurige Bahn. Geht man jedoch von gleichen geographischen, wirtschaftlichen und verkehrspolitischen Verhältnissen aus und setzt man die gleiche Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Masse, der Geschwindigkeit und der Sicherheit der Beförderung voraus, so fallen diese Vorteile weg. Denn zunächst muß der Ober- und Unterbau bei Schmalspurbahnen unter der Annahme gleicher Achsdrucke etwa dieselbe Stärke aufweisen, wie der der regelspurigen Bahnen. Ebenso ist der vielfach aufgeführte Vorzug der schmalspurigen Bahnen, daß sie stärkere Steigungen zulassen, unter der Annahme gleicher Verkehrsbedeutung nicht immer begründet. Besonders schmale Spurweiten wie z. B. die von 0,60 m haben sogar den Nachteil, daß die Wagen zuweilen größeres totes Gewicht erhalten müssen, weil sie — wie z. B. bei der Otavibahn in Südwestafrika — zur Erzielung der Standfestigkeit gegen Wind mit Ballast ausgerüstet werden müssen. Endlich sind die Krümmungshalbmesser nicht so sehr von der Spurweite wie von der Bauart der Fahrzeuge abhängig. Man muß daher die Halbmesser

¹⁾ vgl. auch die Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands, bearbeitet im Reichseisenbahnamente. Berlin: E. S. Mittler & Sohn.

Das Vorkommen der einzelnen Spurweiten in den verschiedenen Ländern der Erde.

	Spurweite	Kommt vor in:
Breitspur	5' 6" = 1,676 m	Argentinien (rd. 5700 km), Britisch-Ostindien, Chile
	1,670 m	Portugal, Spanien
	5' 3" = 1,601 m	Brasilien (rd. 1400 km), Irland, Südaustralien (rd. 1000 km), Victoria (Australien)
	5' = 1,524 m	Panama, Rußland
	4' 9" = 1,448 m	Vereinigte Staaten von Amerika
Regelspur	4' 8,5" = 1,435 m	Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, England, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Rumänien, Schweden, Schweiz, Ungarn Argentinien (rd. 870 km), Britisch-Nordamerika, Cuba, Mexiko, Peru China, Kleinasien, Siam Algier Neu-Süd-Wales
Schmalspur	3' 6" = 1,067 m (Kapspur)	Belgien (rd. 560 km), Niederlande, Norwegen (rd. 1100 km) Brasilien (rd. 320 km), Venezuela Japan, Java, Sumatra Ägypten, Goldküste, Kongostaat, Portugiesisch-Ostafrika, Sudan, Südafrika, Südwestafrika (Südbahn, Nordsüdbahn u. Karibib-Windhuk), Neuseeland, Queensland, Südaustralien (rd. 850 km), Tasmanien, Westaustralien,
	3' 5 $\frac{1}{2}$ " = 1,05 m	Hedschas, Syrien
	1,0 m	Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich (rd. 2800 km), Griechenland, Italien, Österreich, Portugal, Spanien, Schweiz Argentinien (rd. 2000 km), Bolivien, Brasilien (rd. 18700 km), Chile Britisch-Ostindien, Burma, Siam Algier, Britisch-Ostafrika, Dahome, Elfenbeinküste, Kamerun, Kongostaat, Togo
	2' 10 $\frac{1}{2}$ " = 0,871 m	Schweden
	0,785 m	Deutschland (Oberschlesien)
	2' 6" = 0,76 m	Bosnien, Herzegowina, Österreich, Serbien, Ungarn Brasilien (rd. 750 km), Kongostaat, Victoria (rd. 190 km)
	0,75 m	Deutschland (besonders Sachsen), Norwegen (rd. 100 km), Rußland Mexiko Ägypten
	0,60 m	Deutschland Brasilien, Südwestafrika (Swakopmund-Karibib u. Otavibahn)
	1' 11,5" = 0,597 m	Nord-Wales (England)

einer Bahn nicht nach der Spurweite, sondern auf Grund des Geländes, der besonderen örtlichen Schwierigkeiten, der verkehrspolitischen Bedeutung der Bahn und mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit wählen. Die Anwendung möglichst großer Halbmesser ist bei allen Spurweiten erwünscht. Wo besonders scharfe Halbmesser angewendet werden müssen, können alsdann bei allen Spurweiten die Fahrzeuge durch Lenkachsen und Drehgestelle so eingerichtet werden, daß sie diesen scharfen Kurven entsprechen.

Den erwähnten Vorteilen gegenüber weist die Schmalspur folgende Nachteile auf: Sie ermöglicht nur die Bewältigung eines geringen Verkehrs. Der bei einem Bahnnetz mit einheitlicher Spurweite vorhandene Vorteil, bei Einsetzen eines plötzlichen starken Verkehrs mit den Betriebsmitteln anderer Linien einen Ausgleich zu schaffen und dadurch den Wagenpark in geringeren Grenzen halten zu können, fällt bei Schmalspurbahnen, die neben regelspurigen Bahnen ausgeführt werden, weg. Die älteren Betriebsmittel, die für alle Bahnen untergeordneter Bedeutung noch ausreichend, für eine von Schnellzügen befahrene Hauptbahn aber nicht mehr geeignet sind, können nicht aufgebraucht werden. Der Umbau einer Bahn geringerer Bedeutung in eine Bahn höherer Bedeutung, etwa einer Lokalbahn in eine Nebenbahn, oder einer Nebenbahn in eine Hauptbahn, wird sehr erschwert. Die Wagen haben im Verhältnis zur Achszahl und zum toten Gewicht im allgemeinen geringere Tragfähigkeit als die Wagen der vollspurigen Bahnen.

Der größte Nachteil besteht jedoch in der Unmöglichkeit der Überleitung der Wagen von einer schmalspurigen Linie auf eine regelspurige Bahn, so daß, da ein Durchgangsverkehr nicht möglich ist, beim Übergang von Personen die Notwendigkeit des Umsteigens, für Güter die des Umladens eintritt.

Die Kosten für das Umladen sind je nach der Art des Gutes (ob Wagenladung oder Stückgut) und der vorhandenen Umladevorrichtungen recht verschieden.

Um das kostspielige Umladen zu vermeiden, sind besondere Vorrichtungen in Gebrauch, die es ermöglichen, die Waren in denselben Eisenbahnwagenkästen vom Ursprungs- bis zum Bestimmungsort über Bahnen verschiedener Spurweite zu befördern.

Zu diesen Einrichtungen gehören:

1. Hebeegerüste zum Versetzen der Wagenkästen. Durch kranartige Gerüste werden die Wagenkästen der Schmalspurwagen abgehoben und mehrere auf einen Wagen der Regelspur gesetzt. Hierbei verringern sich die Umladekosten, andererseits erhöhen sich die Beförderungskosten durch Vergrößerung des toten und Leergewichtes. Die Anordnung ist bei einigen sächsischen Schmalspurbahnen in Gebrauch.

2. Rollböcke, die beim Übergang regelspuriger Eisenbahnwagen auf die Schmalspurbahnen verwendet werden. Dies sind niedrige flache Schmalspurwagengestelle, auf die die Vollspurwagen aufgefahren werden. Letztere werden alsdann mit ihrer Ladung auf der Schmalspurbahn befördert. Das tote Gewicht wird hierbei vergrößert, auch muß die Geschwindigkeit wesentlich verringert werden, um Entgleisungen zu vermeiden. Diese Rollböcke sind am Platze, wo es sich um starken Verkehr auf einer kurzen Strecke handelt.

3. Die Umsetzvorrichtung nach Breidsprecher zur Ermöglichung des Überganges von der Regel- zur Breitspur. Hierbei werden Spezialoberwagen durch Auswechslung der Räderpaare von einer auf die andere Spurweite umgesetzt. Zu dem Zwecke wird der Oberkasten mittels untergeführter Seitenwagen abgefangen und auf besonderen, der Hauptbahn parallel laufenden Nebengleisen eine bestimmte Strecke lang über eine Senkgrube wagerecht weiter bewegt. Hierbei lösen sich die Räderpaare des Wagens selbsttätig auf einer im regelspurigen Hauptgleis an dem Ende der Grube angelegten, fallenden Ebene aus dem Obergestell und rollen in die Gruben, in der die Räderpaare für die andere Spurweite bereitstehen. Diese Räderpaare werden mittels besonderer Fangvorrichtungen aus der Grube bei der wagerechten Weiterbewegung des Oberkastens wieder auf einer am anderen Ende der Grube angelegten, ansteigenden schiefen Ebene aufgeholt und unter den Oberkasten gebracht, der nunmehr auf der anderen Spur weiterlaufen kann¹⁾.

¹⁾ vgl. Breidsprecher in Röhl, Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, 2. Auflage, 1912. 3. Bd. S. 3.

Über die Anlagekosten von 1 km Bahn für die verschiedenen Spurweiten vgl. S. 113.

Die Frage, ob eine Bahn zweckmäßiger als regel- oder schmalspurige auszubauen ist, kann man wohl in Ländern, die im wesentlichen wie Deutschland die Regelspur aufweisen, dahin beantworten, daß dort, wo eine schnelle Zugfolge und große Zuggeschwindigkeit in Betracht kommt und wo bei lebhaftem Verkehr, insbesondere starkem Güterverkehr, ein wesentlicher Teil über die betreffende Bahnlinie hinaus zu befördern ist, die Vollspur mit geringen Steigungen und flachen Krümmungen am Platze ist, weil namentlich das Umladen der Güter auch unter Zuhilfenahme der angeführten besonderen Einrichtungen zu umständlich und kostspielig wird. Denn da, wie erwähnt, die Betriebs- und Unterhaltungskosten bei einer Schmalspurbahn in keinem Falle geringer als bei der Vollspur werden, so ist es meist fraglich, ob man die zahlreichen Nachteile der Schmalspur allein wegen einer geringen Ersparnis an Baukosten in Kauf nehmen soll. Dagegen ist für eine Bahn, deren verkehrspolitische Bedeutung gering ist und die an die Zugfolge und Zuggeschwindigkeit nur geringe Anforderungen zu stellen hat, die billigere Schmalspur zumal bei stärkeren Steigungen und Krümmungen angezeigt. Sie wird erheblich niedrigere Baukosten erfordern, aber auch nicht die gleiche Leistungsfähigkeit aufweisen und meist höhere Betriebskosten verursachen als eine regelspurige Bahn. In Deutschland und in anderen Ländern mit Regelspur kommen Schmalspurbahnen für Durchgangslinien nicht in Betracht, sondern meist nur als einseitig an eine vollspurige Bahn anschließende Zweig- oder Sackbahnen¹⁾.

Anders liegen jedoch die Verhältnisse für Bahnlinien, die nicht in einem Lande mit einem bereits ausgebauten vollspurigen Bahnnetz zu bauen sind, bei denen es also nicht darauf ankommt, Schmalspurbahnen an vorhandene vollspurige Bahnen anzuschließen, sondern neue Bahnen und neue Bahnsysteme mit einheitlicher schmaler Spur geschaffen, wie z. B. in Bosnien, Japan, Brasilien und in den Kolonien²⁾. Hier entfällt der wesentliche Nachteil der Schmalspurbahnen, das Umladen. Da bei solchen Bahnen der Verkehr auch nur meist gering sein wird, ist hier eine Schmalspur (am besten 1 m-Spur) am Platze.

Im allgemeinen gilt neuerdings der Grundsatz, innerhalb zusammengehöriger großer Wirtschaftsgebiete die gleiche Spurweite anzuwenden. Er ist auf die Annahme zurückzuführen, daß vielleicht in späterer Zeit die verschiedenen Linien zusammengeschlossen werden könnten. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend sind auch die Bahnen des südlichen Teiles des ehemaligen Deutsch-Südwestafrikas nicht mit Meterspur, sondern mit der Kapspur ausgebaut worden, um einen späteren Anschluß dieser Bahnen an die Bahnen des Kaplandes nicht von vornherein auszuschließen. Dagegen sind so verschiedenartige Spurweiten, wie z. B. Australien sie aufweist, wo Viktoria die Spuren von 1,60 m (= 2' 6") und 0,76 m (= 5' 3") Neu-Süd-Wales Regelspur, Queensland 1,067 m (= 3' 6"), Südaustralien 1,601 m (= 5' 3") und 1,067 m (= 3' 6") und Westaustralien 1,067 m (= 3' 6")-Spur haben, fehlerhaft. Wenn auch in Australien anfangs der Nachteil dieser verschiedenen Spuren wenig fühlbar war, so macht er sich doch jetzt, nachdem die einzelnen Teile des Landes mehr und mehr Anschluß aneinander erhalten haben, durch die Unmöglichkeit der

¹⁾ Sachsen weist jedoch ein beachtenswertes Schmalspurnetz von etwa 500 km Länge mit der Spurweite von 0,75 m auf und Oberschlesien ein rd. 200 km umfassendes Bahnnetz mit der Spur von 0,785 m.

²⁾ 70 v. H. der afrikanischen Bahnen haben Kap- oder Meterspur, ebenso hat Java fast ausschließlich Schmalspurbahnen (1,067 m).

Durchführung der Züge recht unangenehm bemerkbar. Wenig erwünscht ist auch eine zu große Mannigfaltigkeit der Spurweiten, wie sie z. B. in Brasilien vorhanden ist, wo neben der Hauptspur von 1,0 m, mit der rd. 19 000 km = 87 v. H. des ganzen Bahnnetzes ausgebaut ist, fast alle Spurweiten vorkommen, nämlich 1,60, 1,21, 1,10, 1,067, 0,76 und 0,60. Diese Verschiedenheit macht häufige Umladungen nötig, die allerdings bei den großen Entfernungen dort nicht so ins Gewicht fallen.

Hat man sich für eine Schmalspur entschieden, so entsteht die Frage, welche von den verschiedenen Schmalspurweiten zu wählen ist, um den Zweck der Bahn am besten zu erfüllen. Die schmalste, in Deutschland zulässige Spurweite von 0,60 m empfiehlt sich nur für Stich- und Zubringerbahnen zu den Hauptlinien, für Feld- und Waldbahnen, für Bahnen von geringer Bedeutung, für Industriebahnen, die die bequemste Verzweigung und häufiges Verlegen gestatten und die Fähigkeit besitzen müssen, sich dem Gelände und den vorhandenen Wegen leicht anzuschließen, ferner für Ausstellungsbahnen und für Bahnen, die mit größter Schnelligkeit gebaut werden müssen (Militärbahnen). Für Eisenbahnen dagegen, die dem öffentlichen Verkehr dienen, ist die 0,60 m Spur ihrer unverhältnismäßig hohen Betriebs- und Unterhaltungskosten und ihrer geringen Leistungsfähigkeit wegen, sowie mit Rücksicht auf die beeinträchtigte Sicherheit und die geringe zulässige Geschwindigkeit ($V \leq 30$ km/Std.) nicht zu empfehlen, zumal auch der Bau der Lokomotiven sowie der Eisenbahnwagen, wenn die Güterwagen ausreichendes Fassungsvermögen und die Personenwagen bequem sein sollen, auf große Schwierigkeiten stößt.

Um bequeme Personenwagen zu erhalten, sind bei der 60 cm-Spur die Wagenkästen vielfach im Verhältnis zur Spurweite zu breit ausgeführt worden. Solche Wagen beginnen dann infolge des bei der schmalen Spur nicht ausreichenden festen Haltes bei größerer Geschwindigkeit zu schwanken und bieten nicht die erforderliche Sicherheit gegen Wind.

Was von der 0,60 m-Spur gesagt ist, trifft in gewissem Umfange auch bei der 0,75 m-Spur zu, die s. Zt. zuerst in Sachsen als amtliche Spurweite aufgestellt worden ist, wenn diese Spur bei Anwendung von Drehgestellen auch bereits den Bau von Güterwagen mit größerer Tragfähigkeit und die Verwendung von Personenwagen mit annähernd bequemen Sitzen ermöglicht. Aber gegen diese Spur können ebenso wie bei der 0,60 m-Spur in gewissen Fällen doch die Bedenken wegen des Windes sprechen, wenn es sich um Bahnen handelt, die besonders starken Winden ausgesetzt sind. Es ist dies mit der Grund gewesen, weshalb die Schweizer Bahnen auf der Strecke Scheidegg—Eigerletscher der Jungfraubahn und auf dem Gorner Grat mit 1 m-Spur ausgerüstet worden sind.

Für Bahnen, die dem öffentlichen Verkehr dienen, ist daher, besonders wenn die Bahn später eine größere Bedeutung zu erlangen verspricht, eine Spurweite unter 1 m nicht zu empfehlen, zumal die Baukosten der 1 m-spurigen Bahnen sich nicht wesentlich höher als die der Spur von 0,75 m stellen. Die schmaleren Spurweiten sind auch dort besonders zu vermeiden, wo der Personenverkehr vorherrscht und daher auf ruhiges Fahren der Wagen Wert gelegt werden muß.

In Deutschland betrug das Bahnnetz der dem öffentlichen Verkehr dienenden schmalspurigen Nebenbahnen Ende 1921 nur 1995 km im Gegensatz zu 55 657 km regelspurigen Haupt- und Nebenbahnen.

2. Zahl und Benutzung der Streckengleise.

a) Ein- und zweigleisige Strecken.

Die Eisenbahnen werden als eingleisige, zweigleisige oder mehrgleisige Strecke gebaut. Ist eine eingleisige Bahn überlastet, so wird man, bevor man sie zu einer zweigleisigen ausbaut, zunächst prüfen, ob durch Vermehrung der Kreuzungsstationen (vgl. S. 180), durch Einführung starker Lokomotiven und durch volle Auslastung der Züge oder durch Einrichtung des Nachtdienstes der zweigleisige Ausbau noch vermieden werden kann. Im allgemeinen wird aber, wenn die Kreuzungsstationen bereits die engste Entfernung aufweisen, durch vorstehende Maßnahmen der zweigleisige Ausbau zwar hinausgeschoben, aber nicht entbehrlich werden.

Erscheint schon beim Neubau von Haupt- und Nebenbahnen die spätere Herstellung des zweiten Gleises nicht ausgeschlossen, so ist dieser Möglichkeit Rechnung zu tragen (TV. § 1). Lokalbahnen werden in der Regel eingleisig angelegt; der Herstellung eines zweiten Gleises ist nur im Falle voraussichtlichen späteren Bedarfes, insbesondere bei Stadtbahnen, im Entwurfe Rechnung zu tragen (Grz. § 1).

Bei einer eingleisigen Bahn wird man auf den zweigleisigen Ausbau, auch wenn er noch in fernerer Zukunft liegt, zuweilen schon in der Weise Rücksicht nehmen, daß wenigstens für das zweite Gleis der Grund und Boden sogleich miterworben und zunächst vielleicht verpachtet wird. Dies hat nicht nur den Vorteil, daß das zur späteren Bahnerweiterung erforderliche Gelände unter allen Umständen gesichert wird, sondern es ist auch in der Regel am wirtschaftlichsten, weil infolge des durch den Bahnbau stets eintretenden Steigens der Bodenpreise der nachträgliche Geländeerwerb — selbst unter Berücksichtigung der durch den früheren Erwerb bedingten Zinsen — meist teurer wird. Dazu kommt, daß ein breiter Geländestreifen häufig den Bau erleichtert, weil er nach Bedarf zur Entnahme oder zur Ablagerung von Boden verwendet werden kann. Besonders empfiehlt sich ein reichlicher Grunderwerb für die zur Erweiterung der Bahnhöfe erforderlichen Flächen, weil die Bodenpreise in ihrer Nähe am meisten zu steigen pflegen.

Ist beim Neubau einer Bahn der Ausbau eines zweiten Gleises in absehbarer Zeit zu erwarten, so beschränkt man die Rücksichtnahme auf das künftige zweite Gleis nicht allein auf den Erwerb des später notwendigen Geländes, sondern man trägt bei der Anlage der Stütz- und Futtermauern bereits diesem Umstande Rechnung und führt auch die Kunstbauten — insbesondere die Brücken, deren Kosten sich bei der erstmaligen Aufführung gegenüber der späteren Erweiterung wesentlich geringer stellen —, sogleich für 2 Gleise aus. Zum mindesten stellt man bei den Brücken die Flügelmauern auch auf der Seite, nach der die Verbreiterung hin erfolgen soll, so her, daß sie eine Verbreiterung des Bahnkörpers ohne ihren späteren Abbruch in der leichtesten Weise ermöglichen.

Wenn endlich der zweigleisige Ausbau mit Wahrscheinlichkeit in wenigen Jahren zu erwarten ist, so legt man auch wohl schon beim Neubau den ganzen Bahnkörper für das zweite Gleis an; es werden also außer dem Unterbau für die Kunstbauten für beide Gleise die Erdarbeiten sogleich ausgeführt, weil sie bei der ersten Herstellung stets billiger werden als später; nur von dem Aufbringen der eisernen Überbauten für das zweite Gleis sieht man zunächst ab. Ob ein Tunnel sogleich zweigleisig herzustellen ist, bedarf der besonderen Prüfung. Häufig hat man den Scheiteltunnel von Anfang an zweigleisig ausgeführt, dagegen die kleineren Tunnel wohl zweigleisig angelegt, aber vorläufig nur eingleisig ausgebrochen.

Ob und inwieweit hiernach beim Bau auf den späteren zweigleisigen Ausbau in wirtschaftlicher Hinsicht sogleich Rücksicht zu nehmen ist, ist in jedem einzelnen Falle durch Vergleichsrechnungen besonders zu prüfen. Bei Gebirgsbahnen wird ein zweigleisiger Ausbau eher erforderlich als bei Flachlandbahnen, weil bei ersteren unter Annahme gleicher Verkehrsgrößen die Zugzahl infolge der geringeren Achsenzahl größer ist als bei Flachlandbahnen. Wenn trotzdem Gebirgsbahnen selten von vornherein zweigleisig angelegt worden sind, so ist dies auf die bedeutenden Baukosten der Gebirgsbahnen und ihren meist geringeren Verkehr zurückzuführen. Muß eine Gebirgsbahn, bei der auf den zweigleisigen Ausbau keine Rücksicht genommen worden ist, zweigleisig ausgebaut werden, so wird für das zweite Gleis meist am zweckmäßigsten eine neue Trasse gewählt.

Die Herstellung einer teilweise ein-, teilweise zweigleisigen Strecke kommt vor, wenn eine Bahn aus einer schwach geneigten Strecke, die eine große Geschwindigkeit gestattet und aus einer stark geneigten, die nur einen langsamen Zugverkehr zuläßt, besteht, oder wenn streckenweise ein besonders starker Verkehr vorhanden ist. Die Brennerbahn ist noch jetzt zum Teil eingleisig.

Bei zweigleisigen Bahnen wird jedes Gleis stets nur in einer Richtung befahren, und zwar wird u. a. in Deutschland, den Vereinigten Staaten von Amerika und in den Niederlanden rechts gefahren, während in Österreich, England, Frankreich, Schweiz, Belgien, Schweden, Rußland, Indien und Japan die Züge auf dem in der Fahrriechtung links liegenden Gleise verkehren; in Österreich werden jedoch seit einigen Jahren neue doppelgleisige Strecken für das Rechtsfahren eingerichtet.

Die Leistungsfähigkeit einer zweigleisigen Strecke ist mit durchschnittlich 10 bis 12 Zügen in der Stunde in jeder Richtung größer als doppelt so groß wie die einer eingleisigen Bahn, auf der unter günstigen Verhältnissen höchstens 4 Züge in jeder Richtung verkehren können. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich auf zweigleisigen Bahnen die Zugfolge durch Einrichtung von Blockstellen zwischen den Bahnhöfen steigern läßt. Dabei hat eine zweigleisige Bahn den Vorteil einer größeren Betriebssicherheit und der größeren Bewegungsfreiheit bei Gestaltung des Fahrplans. Auf der Berliner Stadtbahn verkehren im Höchstfalle 24 Züge i. d. Std. und in jeder Richtung, eine Leistung, die durch die geplante Elektrifizierung bis auf 40 Züge gebracht werden kann, die auf den Londoner Stadtschnellbahnen bereits um wenigens überschritten ist.

Von den gesamten 55657 km vollspurigen Haupt- und Nebeneisenbahnen Deutschlands waren Ende 1921 33315 km eingleisig und 21872 km doppelgleisig, der Rest mehrgleisig. Zurzeit überwiegen bei allen Staaten der Erde noch die eingleisigen Strecken über die zweigleisigen, mit Ausnahme von Großbritannien und Irland, wo mehr doppelgleisige Strecken als eingleisige vorhanden sind.

b) Drei- und viergleisige Strecken.

Wenn eine zweigleisige Strecke selbst bei engster Teilung der Blockabschnitte und Überholungsstellen dem Verkehre nicht mehr genügt, so muß man dazu übergehen, die Zahl der Streckengleise zu vermehren, und es entstehen drei-, vier- oder mehrgleisige Strecken. Zu diesen rechnet man nicht Bahnlinien, wie sie in der Nähe größerer Verkehrsknotenpunkte häufig vorkommen, die durch zufälliges streckenweises Nebeneinanderlegen zweier verschiedener Bahnen auf gemeinsamem Unterbau entstanden sind, im übrigen aber für sich selbständig betrieben werden, wie z. B. die Dresdener Bahn und die ehemalige Militärbahn bei Berlin. Man versteht vielmehr darunter nur Bahnen, bei denen mindestens 3 Gleise ihrer ganzen Betriebsführung nach in engem Zusammenhang miteinander stehen.

Dreigleisige Strecken sind stets als verkümmerte viergleisige Strecken anzusprechen. Sie entstehen z. B. dadurch, daß zur Hebung der Leistungsfähigkeit neben oder zwischen die beiden Streckengleise noch ein drittes, nach beiden Richtungen betriebenes Gleis, etwa für Güterzüge oder schnell fahrende Stadtzüge, eingeschaltet wird. Die Leistungsfähigkeit einer solchen dreigleisigen Bahn steht hinter der einer viergleisigen Bahn weit zurück. Dreigleisige Bahnen sind daher selten.

Sie finden sich auf einigen Teilstrecken der Schnellbahnen Neuyorks. Hier ist nach Abb. 19 zwischen den beiden Hauptgleisen, die dem regelmäßigen Stadtverkehr dienen, noch ein drittes Gleis gelegt, auf dem in den Stunden stärksten Verkehrs besondere Stadtschnellzüge fahren, und zwar vor Geschäftsbeginn in der Richtung zur Stadt und nachmittags nach Geschäftsschluß in der Richtung von der Stadt.

Der Bau viergleisiger Strecken wird einmal durch besonders starke Zugbelastung veranlaßt, häufiger aber noch durch das Vorhandensein verschiedener Verkehrsarten, die die Leistungsfähigkeit einer Strecke wesentlich einschränken; denn die verschiedenen Zugarten, wie Schnell-, Personen-, Eilgüter-, Güter-, Stadt- und Vorortzüge usw., erfordern eine ganz verschiedene Behandlung in der Geschwindigkeit, in den Aufenthalten, sowie in der Abfertigung auf den Stationen. Da die größte Leistungsfähigkeit einer Strecke erzielt wird, wenn alle Züge gleich schnell fahren und in den Stationen gleich lange Aufenthalte haben, so wird zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Gesamtstrecke bei viergleisigen Strecken, wo die Möglichkeit einer Trennung der Zuggattungen besteht, eine Scheidung der Verkehrsarten im allgemeinen in der Weise vorgenommen, daß jedem Gleispaare nur eine bestimmte Verkehrsart zugewiesen wird. Hierbei ist es zunächst wohl am naheliegendsten, auf einem Gleispaar den Personen- und auf dem anderen den Güterverkehr abzuwickeln. Nun sind aber auch nicht alle Personenzüge einerseits und alle Güterzüge andererseits in sich einander gleichartig; mit bezug auf die Betriebsführung ist vielmehr jede Gruppe in sich häufig verschiedenartiger als die Personenzüge und Güterzüge unter sich. Deshalb kann — besonders mit Rücksicht auf den Personenzugverkehr — auch eine andere Teilung der Verkehrsarten zweckmäßig sein. Eine besondere Bedeutung hat hierbei der Nahverkehr

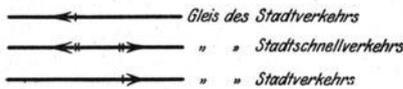


Abb. 19.

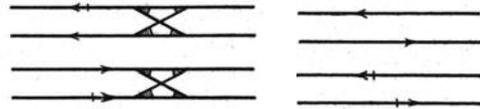


Abb. 20.

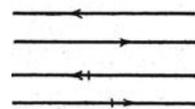


Abb. 21.

(Stadt- und Vorortverkehr) der Großstädte, dessen Anpassung an die übrigen Verkehrsarten besonders schwierig ist. Denn der Nahverkehr bedingt viele kurze Züge in rascher Folge, die an vielen dicht beieinanderliegenden Stationen kurze Zeit halten, während die Fernzüge lang sind und selten, aber wegen des Post- und Gepäckverkehrs dann meist längere Zeit halten. Er ist daher auf den Ferngleisen nur so lange möglich, wie der Verkehr noch nicht sehr dicht ist, und hat in großem Umfange den Ausbau viergleisiger Strecken veranlaßt. Dort, wo Nah- und Fernverkehr auf demselben Gleispaar abgewickelt wird, wird die Dichtigkeit der Zugfolge der Nahzüge durch die längeren Stationsaufenthalte der Fernzüge und die Geschwindigkeit der Fernzüge durch die geringere Reisegeschwindigkeit und die häufigen Aufenthalte der Nahzüge ungünstig beeinflusst. Alles dies läßt es dann häufig zweckmäßig erscheinen, alle dem Fernverkehr dienenden Personen- und Güterzüge einem Gleispaar zuzuweisen und den Nahverkehr auf das andere Gleispaar zu legen. Hierzu greift man zuweilen auch dann, wenn verschiedene Fernbahnen streckenweise die gleiche Linienführung aufweisen, wobei man sie zu besonderen Bahnen für den Fernverkehr und den Nahpersonenverkehr zusammenlegt.

Die Gleise der viergleisigen Strecken werden entweder nach dem Grundsatz des Richtungsbetriebs oder nach dem des Linienbetriebs geordnet. Bei viergleisigen Strecken in Richtungsbetrieb, zu denen man durch Zusammenschluß der außenliegenden Überholungsgleise einer zweigleisigen Bahn gelangen kann, liegen nach Abb. 20 die Gleise derselben Fahrrichtung nebeneinander. Beim Linienbetrieb, der z. B. durch Zusammenschluß der auf einer Seite gelegenen Überholungsgleise einer zweigleisigen Bahn entsteht, liegt nach Abb. 21 neben jedem Gleis der einen Fahrrichtung ein Gleis der anderen Fahrrichtung.

Der Richtungsbetrieb hat gegenüber dem Linienbetrieb verschiedene allgemeine Vorteile: Infolge der übersichtlicheren Gleisbenutzung ist die Strecke sicherer zu begehen, auch sind die Signalbilder klarer; eine nach Richtungen betriebene Strecke ist leistungsfähiger, weil bei Einschaltung der in Abb. 20 eingetragenen Weichenkreuze eine wechselseitige Benützung der Gleise, die bei Überlastung eines Gleispaares und bei Betriebsstörungen in Frage kommen kann, ohne Gleiskreuzungen möglich ist, und weil Zugüberholungen ohne Behinderung der anderen Fahrriechtung auf der Strecke ausgeführt werden können. Der Übergang von einer zweigleisigen in eine viergleisige Strecke ist nach Abb. 22 beim Richtungsbetrieb ohne Kreuzung am einfachsten und sichersten herzustellen, so daß auch ein allmählicher und abschnittweiser viergleisiger Ausbau bequem und einfach auszuführen ist. In Durchgangsbahnhöfen (vgl. Abb. 23), ferner in Trennungs-, Anschluß- und Kreuzungsbahnhöfen werden die Bahnhofsanlagen beim Richtungsbetrieb im allgemeinen übersichtlicher, für den Betrieb meist sicherer und für

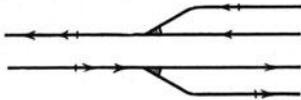


Abb. 22.

den Verkehr — infolge der Möglichkeit des Umsteigens auf dem gleichen Bahnsteig — bequemer als bei solchen mit Linienbetrieb.

Demgegenüber hat der Linienbetrieb aber den bedeutenden Vorteil, daß für jedes zusammengehörige Gleispaar alle Bahnhofsanlagen, insbesondere die Güterbahnhöfe und Kehranlagen, unbehindert von dem anderen Gleispaar genau in derselben einfachen Weise entwickelt werden können wie bei zweigleisigen Bahnen — ein Vorteil, der z. B. bei End- und Kopfstationen den Linienbetrieb allein möglich erscheinen läßt. Auch der nachträgliche und zusammenhängende Ausbau einer zweigleisigen Strecke in eine viergleisige, wie er häufig erforderlich wird, ist beim Linienbetrieb leichter ausführbar; denn einmal lassen sich hierbei die an der vorhandenen zweigleisigen Strecke erforderlichen Umbauten, besonders in den Bahnhöfen, einfacher als beim Richtungsbetrieb herstellen, und ferner ist man beim Linienbetrieb nicht so fest an die Linienführung der vorhandenen zweigleisigen Strecke gebunden und kann dem neuen Gleispaar eine teilweise andere Führung geben, wodurch häufig die Linie verkürzt, die Kosten (besonders für den Grunderwerb) verringert, die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse der Bahn verbessert und mit Vorteil neue Gebiete aufgeschlossen werden können.

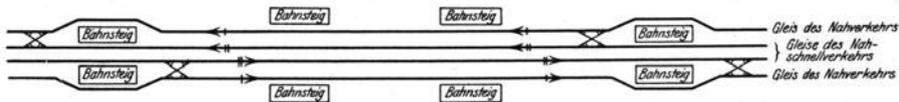


Abb. 23.

So hat z. B. beim viergleisigen Ausbau der Strecke Heerstraße Spandau bei Berlin das neue für den Vorortverkehr bestimmte Gleispaar eine von dem vorhandenen Personenfernzuggleispaar abweichende Trasse erhalten, um das an der Heerstraße gelegene Gelände der Bebauung zu erschließen.

Die Frage, ob der Richtungs- oder der Linienbetrieb zweckmäßiger ist, läßt sich demnach nicht allgemein beantworten; sie ist vielmehr davon abhängig, wie der Verkehr auf die beiden Gleispaare verteilt wird. Es werden daher im folgenden die wichtigsten vorkommenden Fälle für die Verteilung der Zugarten auf die beiden Gleispaare einzeln erörtert werden.

a) Es ist nur Nahverkehr vorhanden. Bei dieser einfachsten Form des viergleisigen Ausbaues, der eine Verkehrsteilung in den gewöhnlichen Nahverkehr und den Nahschnellverkehr erfordert, kommt wohl nur der Richtungsbetrieb in Frage, weil hierbei die allgemeinen Vorteile des Rich-

tungsbetriebes voll zur Geltung gelangen, ohne daß seine Nachteile fühlbar werden. Insbesondere ist hier von großem Werte, daß ein langsam fahrender Zug auf das Gleis des schnellfahrenden als Schnellzug übergehen kann und daß das Umsteigen zwischen den gewöhnlichen Nahzügen und den Nahschnellzügen auf den Hauptstationen möglich ist¹⁾. Am besten werden hierbei nach Abb. 23 dem äußeren Gleispaare die auf allen Stationen haltenden Züge des gewöhnlichen Nahverkehrs und dem inneren die einige Stationen überspringenden Züge des Nahschnellverkehrs zugewiesen. Der Schnellverkehr wird auf das innere Gleispaar gelegt, weil so die inneren Gleise für die schnellfahrenden Züge an den Bahnsteigen gar nicht und auch die äußeren Gleise nur an den Hauptstationen verschwenkt zu werden brauchen.

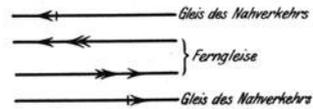


Abb. 24.

Eine Ausführung nach Abb. 23 findet sich z. B. auf der viergleisigen Stadtbahn in Newyork, wo die beiden äußeren Gleise die Vorortzüge, die inneren die nur an jeder vierten bis sechsten Station haltenden Stadtzüge aufnehmen.

β) Fernpersonenverkehr — in der Regel auch Ferngüterverkehr — und Nahverkehr. Wie bereits erwähnt, werden Strecken, die dem Fern- und dem Nahverkehr zu dienen haben, besonders häufig viergleisig ausgebaut, weil beide Verkehrsarten nicht recht zusammenpassen. Hierbei wird dann dem einen Gleispaare der ganze Fernpersonenverkehr — und in der Regel auch der Ferngüterverkehr — dem andern der Nahverkehr zugewiesen.

Auch bei dieser Trennung der Verkehrsarten ist seiner allgemeinen Vorzüge wegen der Richtungsbetrieb zunächst vorzuschlagen und nach Abb. 24 mit innenliegenden Ferngleisen z. B. bei der Pennsylvaniabahn (Hauptstrecke Neuyork-Philadelphia-Pittsburg) in den Vereinigten Staaten von Amerika ausgeführt worden. Von den allgemeinen Vorteilen des Richtungsbetriebes sind hier besonders folgende von Bedeutung: Die Gleise der gleichen Richtung können wechselseitig benutzt werden; Züge können auf der freien Strecke ohne Behinderung der anderen Fahrrichtung überholt werden; zwischen Fern- und Nahzügen ist ein Umsteigen ohne Bahnsteigwechsel möglich, die mittleren Gleise des Fernverkehrs brauchen an den Stationen nicht auseinandergezogen zu werden. Dagegen hat diese Gleisbenutzung den großen

Nachteil, daß die Ausbildung der Stationen sowohl für die innenliegenden Gleise des Fernverkehrs als auch für die voneinander getrennten außenliegenden Gleise des Nahverkehrs schwierig wird. Daher kann der Richtungsbetrieb nur

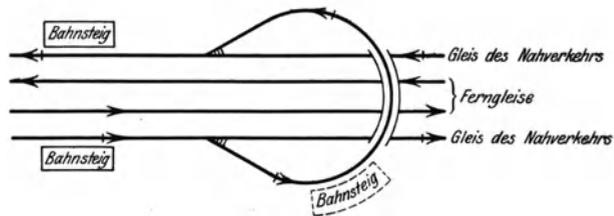


Abb. 25.

dort in Frage kommen, wo insofern einfachere Verhältnisse vorliegen, als die die mittleren Gleise benutzende Fernbahn mit einer anderen nicht in Verbindung steht und der Güterverkehr vorher abgezweigt ist — die inneren Gleise daher nur den Personenfernverkehr aufnehmen. Letzteres ist z. B. in Deutschland auf der Strecke Dresden-Meißen und bei einem Teile der in London einmündenden Linien der Fall. Aber selbst in diesen Fällen hat der Rich-

¹⁾ Bei einer viergleisigen Fernpersonenbahn, die allerdings nur ganz selten vorkommen wird, würde eine gleichartige Anordnung in Frage kommen.

tungsbetrieb nach Abb. 24 noch den Nachteil, daß das Kehren der Züge, das für den Nahverkehr an manchen Stellen erforderlich wird, nur durch Kreuzung der mittleren Gleise möglich ist, wenn man nicht nach amerikanischem Vorbilde die Gleise des Nahverkehrs in der kostspieligen Anordnung der Schleifenform nach Abb. 25 unter oder über den Ferngleisen wenden läßt. Will man die übliche Anordnung von Kehrgleisen ermöglichen, so muß man schon, wie dies auf der Strecke Stuttgart-Ludwigsburg geschehen ist, die Gleis-

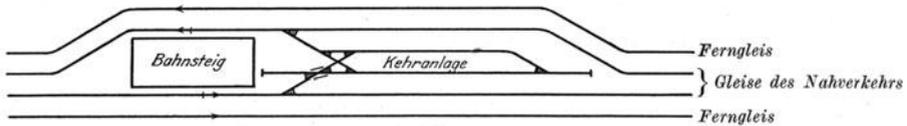


Abb. 26.

benutzung nach Abb. 26 so wählen, daß die Gleise des Nahverkehrs innen liegen, was aber wieder den Nachteil zur Folge hat, daß mindestens ein Ferngleis an jeder der zahlreichen Stationen des Nahverkehrs auseinandergezogen werden muß.

Allgemein verbietet sich wegen der notwendigen Trennung der Abstellanlagen für den Fern- und den Nahverkehr die Wahl des Richtungsbetriebes

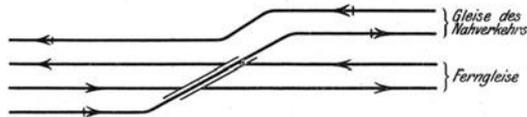


Abb. 27.

bei End- und Kopfstationen, wenn man nicht auch hier die außenliegenden Gleise des Nahverkehrs ähnlich der Abb. 25 durch eine Schleife miteinander in Verbindung bringt. Zuweilen wird es sich daher beim Richtungsbetrieb empfehlen, vor den Endstationen nach Abb. 27 den Richtungsbetrieb in den Linienbetrieb überzuführen. Unter Verwendung solcher Gleisüberwerfungen wird man auch sonst die Vorteile des Richtungsbetriebes mit

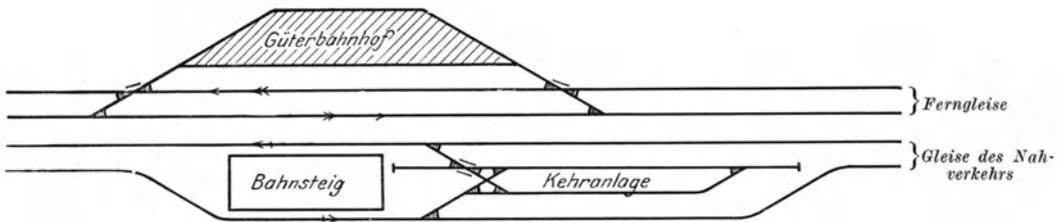


Abb. 28.

denen des Linienbetriebs dadurch vereinigen können, daß man den viergleisigen Ausbau streckenweise in Richtungs- und streckenweise in Linienbetrieb durchführt.

Wegen der erwähnten Mängel, die der Richtungsbetrieb bei Vorhandensein von Fern- und Nahverkehr aufweist, ist selbst dort, wo der Güterverkehr vorher abgezweigt ist, vielfach der Linienbetrieb vorgezogen worden, so z. B. auf der Berliner Stadtbahn, wo das eine Gleispaar dem Nah- (Stadt- und Vorort)verkehr, das andere in der Hauptsache nur dem Personenfernverkehr dient, ferner auf den Stadtbahnen in Hamburg und Tokio.

Hat nun das Ferngleispaar neben dem Personen- auch dem Güterverkehr zu dienen, so ist allgemein der Linienbetrieb dem Richtungsbetrieb vorzuziehen, weil er nach Abb. 28 die Ausbildung aller Stationsanlagen, insbesondere der Güterbahnhöfe und der Kehranlagen, in der einfachsten Weise genau wie bei zweigleisigen Bahnen ermöglicht.

Solche Anordnungen befinden sich auf fast sämtlichen viergleisig ausgebauten Strecken der von Berlin ausgehenden Bahnen. Bei ihnen dient ein Gleispaar dem Fernpersonen- und Güterverkehr, das zweite dem Vorortverkehr. Auf der Berliner Ringbahn, die keinen Personenfernverkehr aufweist, nimmt das eine Gleispaar den Güterverkehr, das andere den Nahpersonenverkehr auf.

γ) Es ist nur Fernverkehr vorhanden, und zwar dient ein Gleispaar dem Personen-, das zweite dem Güterverkehr. Bei dieser Verkehrsteilung kann zunächst der Richtungsbetrieb mit innen-

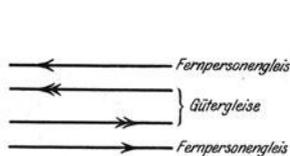


Abb. 29.

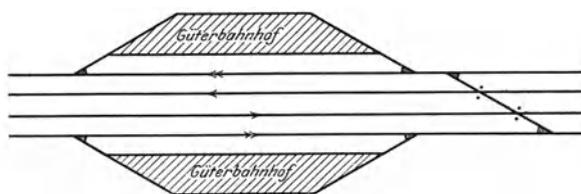


Abb. 30.

liegenden Gütergleisen nach Abb. 29 in Frage kommen. Diese Betriebsführung hat jedoch den Nachteil, daß einmal in den Personenbahnhöfen die notwendigen Verschiebewegungen zwischen den durch die Gütergleise getrennten Personengleisen erschwert und ferner für die von den Personengleisen umschlossenen Güterbahnhöfe die freie Entwicklung behindert ist. Letzteres könnte man zwar dadurch vermeiden, daß man auch bei dieser Gleislage die Ortsgüterbahnhöfe außen anordnet; hierdurch würde aber wiederum bei allen Verschiebewegungen zwischen Güterbahnhof und Hauptgütergleis die Kreuzung eines Personengleises notwendig werden, die aus Sicherheitsgründen schienenfrei ausgeführt werden müßte. Der Richtungsbetrieb ist daher wohl nur nach Abb. 30 mit außenliegenden Gütergleisen

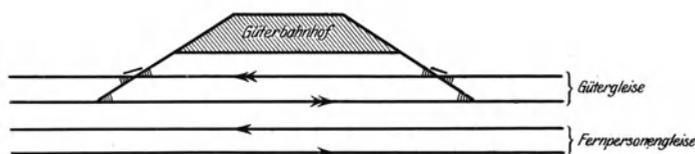


Abb. 31.

ausgeführt worden. Aber auch dieser empfiehlt sich nur, wenn, wie in industriereichen Gegenden (z. B. zwischen Pittsburg und Altoona in den Vereinigten Staaten von Amerika) auf jeder Seite Gleisanschlüsse erforderlich sind und deshalb auch (nach Abb. 30) auf jeder Seite ein Güterbahnhof angeordnet wird. In Deutschland kommt dieser Betriebsführung eine größere Bedeutung nicht zu, weil sie neben den allgemeinen Nachteilen zweier getrennten Bahnhöfe den Mangel aufweist, daß bei Verschiebewegungen zwischen den äußeren Hauptgütergleisen die innenliegenden Personengleise stets gekreuzt werden müssen.

In der Regel wird bei einer Scheidung der Verkehrsarten in Personen- und Güterverkehr der Linienbetrieb der vorteilhaftere sein, weil hier in der einfachsten Weise nach Abb. 31 ein einheitlicher Güterbahnhof angelegt werden kann und auch die Anordnung der Personenbahnhöfe durch die

Gütergleise nicht behindert ist. Ein gewisser Nachteil der Anlage liegt darin, daß hierbei die Güterbahnhöfe stets nur auf einer Seite angelegt werden können — ein Nachteil, der aber in den meisten Fällen keine große Bedeutung haben wird, weil sich beim viergleisigen Ausbau einer Strecke ohnehin leicht die Anordnung treffen lassen wird, daß die Güterbahnhöfe streckenweise auf eine Seite gelegt werden. Wo dies aber nicht möglich ist, muß der Anschluß durch eine schienenfreie Verbindung gesucht werden. Ein derartiger viergleisiger Ausbau mit Linienbetrieb ist u. a. im schlesischen und im rheinischen Industriebezirk, sowie auf der Strecke Spandau-Wustermark ausgeführt worden.

δ) Es ist nur Fernverkehr vorhanden, jedoch dient ein Gleispaar den schnellfahrenden, das zweite den langsamfahrenden Zügen. Hier handelt es sich um keine strenge Teilung der Verkehrsarten; man weist vielmehr dem einen Gleispaar den großen Durchgangsverkehr zu — Schnellzüge, Eilzüge, Eilgüterzüge, Ferngüterzüge, Postzüge, vielleicht auch Durchgangsgüterzüge — und dem anderen die langsamfahrenden Züge — Personen- und Nahgüterzüge. Diese Teilung der Zugarten kann sich empfehlen, wenn bei Zügen von sehr verschiedener Reisegewindigkeit und bei besonders starkem Schnellzugverkehr der Vorteil der aufenthaltslosen und schnellen Beförderung über weite Strecken besonders hoch zu bewerten ist.

Die Frage, ob hier zweckmäßig der Richtungs- oder der Linienbetrieb zu wählen ist, kann noch nicht als abgeschlossen gelten. Der Richtungsbetrieb mit innen liegenden Gleisen für die schnellfahrenden Züge hat hier gegenüber dem Linienbetriebe besonders die Vorteile der höheren Leistungsfähigkeit und des billigeren und allmählich ausführbaren Baues. Den Nachteil, daß beim Absetzen und Aufnehmen von Güterwagen — wenn ein Güterbahnhof auf einer Außenseite angeordnet wird — drei Fahrgleise gekreuzt werden müßten, kann man dadurch vermeiden, daß alle zwischen (mit schienenfreien Kreuzungen ausgestatteten) größeren Güter- oder Verschiebeshöfen (Sammelbahnhöfen) befindlichen kleineren Bahnhöfe durch besondere Verteilungszüge in der Weise bedient werden, daß man sie wie Gleisanschlüsse auf der freien Strecke behandelt und durch die besonderen Bedienungszüge bei der Hinfahrt zunächst die kleinen Bahnhöfe der einen Seite und bei der Rückfahrt die der anderen Seite anlaufen läßt¹⁾. Der Mangel, daß hierbei gewisse Umwege entstehen, wird nicht immer entscheidend sein können.

Ansätze zu solchem viergleisigen Ausbau zeigen alle Strecken, auf denen für Güterzüge und langsamfahrende Züge in kurzen Abständen außenliegende Überholungsgleise vorgesehen sind. Eine derartige Gleisanordnung wird daher auch namentlich dann am Platze sein, wenn es sich um einen kurzen oder streckenweisen viergleisigen Ausbau handelt.

* * *

Überblickt man die verschieden vorkommenden Fälle des viergleisigen Ausbaues, so wird der Richtungsbetrieb sich seltener empfehlen. Er ist zweckmäßig bei Strecken, die gleichen oder ähnlichen Verkehrszwecken dienen, also besonders bei Bahnen mit nur Nahverkehr, ferner gegebenenfalls bei Strecken mit großem Durchgangsverkehr, auf denen Schnellzüge ohne

¹⁾ vgl. Dr.-Ing. Schroeder, die viergleisige Eisenbahn, Verkehrstechnische Woche Jahrgang 1914/15, Nr. 20, S. 245.

Aufenthalt über weite Strecken zu befördern sind, und endlich bei Bahnen, die nur auf kurze Strecken viergleisig auszubauen sind. Demgegenüber empfiehlt sich der Linienbetrieb bei Bahnen mit verschiedenartigen Verkehrsarten, wie Personen- und Güterverkehr, oder Fern- und Nahverkehr, oder bei Zusammenlegung von gleichen Verkehrsarten verschiedener Bahnen zu besonderen Bahnen für Fern- und für Nahverkehr und endlich noch zur Verbindung gleicher Verkehrsarten benachbarter Bahnhöfe.

Der viergleisige Ausbau in Form des Richtungs- oder Linienbetriebes wird nach vorstehendem vorwiegend angewendet, wenn eine Trennung der verschiedenen Verkehrsarten angestrebt werden muß. Handelt es sich nun aber darum, eine überlastete zweigleisige Bahn durch einen viergleisigen Ausbau zu entlasten, so muß man stets zunächst prüfen, ob nicht der Bau einer neuen selbständigen, alle Verkehrsarten aufnehmenden Bahn auch den gewünschten Erfolg hat. Eine ganz neue Bahn (Entlastungslinie), die mit der überlasteten vielleicht nur den in größerer Entfernung voneinander liegenden Anfangs- und Endpunkt gemeinsam hat, aber ganz andere Zwischenorte berührt, bietet gegenüber dem viergleisigen Ausbau im Zuge der bestehenden Trasse den großen Vorteil, daß neue Ortschaften an das Bahnnetz angeschlossen werden. Daneben ermöglichen zwei Bahnen, die auf verschiedenen Wegen, bei vielleicht abwechselnden Steigungs- und Krümmungsverhältnissen zu demselben Ziele führen, auch eine zweckmäßigere Teilung und Führung des Verkehrs als auf einer viergleisigen Strecke. In Deutschland, wo zwischen zwei Hauptverkehrspunkten (z. B. Berlin und Cöln) häufig eine ganze Reihe von Linien vorhanden sind, hat sich unter Einschränkung der viergleisigen Strecken die Verdichtung des Eisenbahnnetzes besonders durch den Bau von Entlastungslinien vollzogen, was vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus nur zu begrüßen ist. Eine getrennte Trasse ist auch zweckmäßig, wenn es sich um den Bau eines besonderen Gleispaars für Ferngüterzüge (Massengüterbahn) handelt.

Allerdings darf nicht verkannt werden, daß der Ausbau in Form des dritten und vierten Gleises auch große Vorteile gegenüber dem Bau von Entlastungslinien aufweist, die bei besonders stark überlasteten Strecken gegen den Bau von Entlastungslinien sprechen müssen. Zunächst wird die Gesamtanlage bei Herstellung des dritten und vierten Gleises leistungsfähiger als durch den Bau einer Entlastungslinie, weil letztere die Hauptlinie nicht beliebig entlasten, sondern im wesentlichen nur den Güterdurchgangs-, z. T. auch den Personendurchgangsverkehr an sich ziehen kann, während bei viergleisigem Ausbau der Verkehr dadurch günstig geregelt werden kann, daß je ein Gleispaar den schnellfahrenden und den langsam fahrenden Zügen zugewiesen wird. Ferner werden die jährlichen Ausgaben besonders infolge des größeren Personalbedarfs beim Baue einer Entlastungslinie erheblich höher als bei Herstellung des dritten und vierten Gleises, wo die Kosten der Dienstleistungen vielfach kaum die einer zweigleisigen Bahn überschreiten. Endlich gestattet die viergleisige Bahn eine günstigere Ausbildung und pünktlichere Durchführung des Fahrplanes und bietet durch eine abweichende Benutzung der Gleise eine wirksame Hilfe gegen die bei den nie ganz unvermeidlichen kleinen Unfällen auftretenden Betriebsstörungen.

Zuverlässige Zahlen über die Länge der bei den Bahnen der verschiedenen Länder vorhandenen drei- und viergleisigen Strecken anzugeben ist schwer möglich, weil die Ansichten darüber, welche Linien zu den drei- oder viergleisigen Strecken zu rechnen sind (ob eine Strecke z. B. als viergleisige Bahn oder als zwei nebeneinanderliegende zweigleisige Bahnen anzusprechen ist) zu verschiedenartig sind. Mit gewissem Vorbehalte seien daher die folgenden Zahlen angegeben: Deutschland (Ende 1921) dreigleisige Strecken 95 km, viergleisige 475 km und fünfgleisige 5 km; Groß-Britannien und Irland (i. J. 1912): dreigleisige Strecken 489 km, viergleisige 1834 km.

c) Strecken mit mehr als vier Gleisen.

Strecken mit mehr als vier Gleisen entstehen fast immer durch Zusammenlegung mehrerer selbständiger zwei-, drei- oder viergleisiger Bahnen. Folgerichtig entwickelte sechs- bis achtgleisige Strecken sind selten. Sie kommen nur in der Umgebung der Weltstädte vor und nur auf kurze Strecken vor großen Bahnhöfen, im Richtungsbetrieb nie für mehr als sechs Gleise.

Die Gleisbenutzung ist bei solchen Strecken zu sehr von den örtlichen Verhältnissen abhängig, um danach allgemeine Grundsätze aufstellen zu können.



Abb. 32.

Ein häufig wiederkehrender, u. a. bei Dresden-Altstadt und beim Gare de Lyon in Paris ausgeführter Fall ist der, daß nach Abb. 32 neben einer viergleisigen in Richtungen betriebenen, nur den Personenverkehr aufnehmenden Strecke die beiden Gütergleise gelegen sind, so daß sich ein vereinigter Richtungs- und Linienbetrieb ergibt. Eine ähnliche Linienführung findet sich östlich von Spandau, wo sogar schon auf den späteren sechsgleisigen Ausbau der nach Richtungen betriebenen Personengleise Rücksicht genommen worden ist. Eine acht-

gleisige Strecke auf längere Entfernung zeigt die Illinois-Zentral-Bahn bei Chicago, wo nach dem Grundsatz des reinen Linienbetriebes vier Gleispaare zur Aufnahme der Vorortlokalzüge, der Fernpersonenzüge, der Güterzüge und der Vorortschnellzüge nebeneinander angeordnet sind.

3. Wahl der Neigungsverhältnisse.

Wenn nach den im Abschn. IV ermittelten Grundsätzen auch die wagerechte gerade Strecke für eine Bahnlinie am günstigsten ist, so ist es mit Rücksicht auf die Lage der Stationen, der Wege und Wasserläufe selbst in der Ebene nur ganz selten und streckenweise möglich, eine Bahnlinie gerade und wagerecht anzulegen. Es ist aber auch ausreichend, wenn man bei Flachlandbahnen unschädliche Neigungen (bis zu 2,7 v. T., S. 173) anstrebt.

Neuerdings kommen auch bei Flachlandbahnen stärkere Steigungen häufiger vor, wenn vor Bahnhöfen zur Vermeidung von Schienenkreuzungen durch Über- oder Unterführungsbauwerke umfangreiche Gleisentwicklungen hergestellt werden müssen. Werden hierbei die bergan befahrenen Gleise steiler als die maßgebende Steigung der Bahn ist, so kann man sich wohl mit Anlaufsteigungen (vgl. S. 176) helfen, die aber, wenn sie lang (> 1000 m) werden, leicht zu Betriebsstörungen Veranlassung geben. In jedem Falle ist vor Anlaufsteigungen die Aufstellung von Signalen, die gelegentlich ein Halten der Züge veranlassen können, zu vermeiden. Besser ist es, bei den Gleisentwicklungen vor Bahnhöfen die Steigungen nicht zu stark zu wählen. Dagegen kann man Gleisen, die nur bergab befahren werden, stärkere Neigungen geben als auf der Strecke sonst vorhanden sind, wenn die erforderliche Bremsbesetzung gewahrt ist. Für solche Gleise kommen z. B. in Berlin bei Ferngleisen Neigungen von 1:80 bis 1:40 und bei Vorortgleisen Neigungen bis zu 1:30 vor.

Die Hügelland- und Gebirgsbahnen wird man mit einer gleichmäßig durchgeführten maßgebenden Steigung ausführen, die so flach wie möglich zu wählen ist und insbesondere keine verlorenen Steigungen aufweisen soll — ein Grundsatz, der bei der Anlage vieler Bahnen nicht genügend berücksichtigt worden ist. Die häufige Unterbrechung der maßgebenden Steigung durch lange Zwischengraden und schwachgeneigte Strecken, wie man sie in Anlehnung an den Straßenbau auch bei den ersten Bergbahnen zuweilen vorgesehen hatte, hält man jetzt nicht mehr für erforderlich. Diese Zwischengraden haben zwar den Vorteil, daß auf ihnen das Feuer und der Kessel in Ordnung gebracht und gegebenenfalls die Bremsen nachgesehen werden können. Man hält jetzt jedoch hierzu die alle 5—10 km ohnehin meist vorhandene Stationswagerechte für ausreichend. Die Vermeidung der wagerechten oder flach geneigten Zwischenstrecken hat den besonderen Vorteil, daß eine möglichst flache maßgebende Steigung erreicht werden kann.

Günstige Steigungsverhältnisse wird man selbst unter Aufwendung höherer Baukosten um so mehr anstreben müssen, je größer der Verkehr ist. Überwiegt bei Überschreitung einer Wasserscheide der Verkehr nach einer Richtung, so wird man die in der Richtung des stärkeren Verkehrs bergan zu befahrende Strecke flacher anzuordnen versuchen, als die in der Richtung des schwächeren Verkehrs bergauf zu befahrende Strecke.

Über die erforderliche Neigungsermäßigung im Tunnel ist bereits im Abschn. IV, S. 169 näheres ausgeführt. Hier sei noch erwähnt, daß man größere Wasserscheidentunnel, die von beiden Seiten vorgetrieben werden, nicht in der Wagerechten anordnet, sondern sie nach der Tunnelmitte zu schwach, mindestens mit 2 v. T., ansteigen läßt, weil dadurch die Wasserabführung und Förderung des ausgebrochenen Gebirges im Gefälle nach außen während des Baues am leichtesten und billigsten möglich ist. Nur die Anlage einer kurzen Wagerechten in der Tunnelmitte empfiehlt sich wegen des leichteren Durchschlages.

Bei dem Entwurf einer Bahnlinie, deren Steigungen nicht durch Vorschriften festgelegt sind, wird man entweder die größten Steigungen nach der Länge der Züge ermitteln oder man nimmt die Steigung an und bestimmt danach die größte Zuglänge.

Im allgemeinen pflegt man zu rechnen zu den

Flachlandbahnen,	Bahnen mit Steigungen von	$s \leq 5$ v. T.,
Hügellandbahnen,	„ „ „	$s \leq 10$ v. T.,
Hauptgebirgsbahnen,	„ „ „	$s \leq 25$ v. T.,

während man

Nebengebirgsbahnen in der Regel „ „ $s \leq 40$ v. T. gibt.

Bei letzteren ist es wegen des geringen Zuggewichtes angängig, zur Einschränkung der Anlagekosten unter Anschmiegun an das Gelände starke Steigungen und Krümmungen anzuwenden.

Die größten Steigungsverhältnisse sind in den verschiedenen Vorschriften auf Grund der gesammelten Erfahrungen festgesetzt. Hierin sind dem vorher angegebenen Grundsatz entsprechend für Bahnen untergeordneter Bedeutung im allgemeinen größere Steigungen zugelassen als für Bahnen mit bedeutendem Verkehr.

1. Für Hauptbahnen dürfen die größten Steigungen in der Regel 25 v. T. (= 1:40) nicht überschreiten (TV. § 28 und BO. § 7), jedoch bedarf die Anwendung einer stärkeren Steigung als 12,5 v. T. (= 1:80) der Genehmigung der Aufsichtsbehörde und der Zustimmung des Reichsverkehrsministeriums (BO. § 7). Nur bei elektrisch betriebenen Bahnen sind stärkere Steigungen zulässig (TV. § 28).

2. Für Nebenbahnen sollen die größten Steigungen in der Regel nicht mehr betragen als 40 v. T. (= 1:25). Die Anwendung einer stärkeren Steigung als 40 v. T. ist gleichfalls an die Genehmigung der Aufsichtsbehörde und an die Zustimmung des Reichseisenbahnamtes (Reichsverkehrsministerium) gebunden.

In den Gefällen sind aus Sicherheitsrücksichten die Zuggeschwindigkeiten zu beschränken. Für die deutschen Bahnen sind die für die verschiedenen Gefälle zulässigen größten Geschwindigkeiten in der BO. § 66³ für die Haupt- und Nebenbahnen festgelegt. Für die Gleisentwicklungen vor den Bahnhöfen ist ferner die Bestimmung in der BO. § 55 von Bedeutung, wonach für eine Strecke, die ohne Wechsel in der Bremsbesetzung durchfahren wird, zwar im allgemeinen die stärkste Neigung für die Berechnung der Bremsachsen maßgebend ist. Erreicht diese aber nirgends die Länge von 1000 m, so kann statt ihrer die Neigung der Verbindungslinie derjenigen beiden 1000 m voneinander entfernten Punkte der Bahn genommen werden, für die sich die größte Anzahl der Bremsachsen ergibt. Liegt also innerhalb einer sonst wagerechten Strecke zur Überwindung eines Höhenunterschiedes von 5,9 m eine 472 m lange Neigung von 1:80, so kann bei Berechnung der Bremsachsen diese durch die Neigung $5,9:1000 = 1:170$ ersetzt werden.

3. Für Lokal- (Reibungs-)Bahnen soll in der Regel eine Steigung von 40 v. T. (= 1:25) nicht überschritten werden (Grz. § 21).

Über die Neigungen in Bahnhöfen vgl. S. 231.

Als Größtsteigungen einiger steilerer als Hauptbahnen ausgeführter Gebirgsbahnen seien angegeben:

Giovibahn (Genua-Tortona) neue Linie 1889	16	v. T.
Pyhrnbahn (Klaus-Selztal) 1906	19	„
Schwarzwaldbahn (Baden) 1870	20	„
Schweinfurt-Erfurt	20	„
Karawankenbahn (Villach-Äbling) 1906	21,1	(ausnahmsweise 25,6)
Bergener Bahn (Bergen-Kristiania) 1909	21,5	v. T.
Wechselbahn (Aspang-Friedberg) 1911	22,5	„
Wocheiner Bahn (Äbling-Görz) 1906	23,7	„
Hochstadt-Probstzella-Saalfeld (Linie durch den Thüringer Wald)	25	„
Semmeringbahn (Wien-Mürzzuschlag) 1854	25	„
Brennerbahn (Innsbruck-Bozen) 1867	25	„
Tauernbahn (Schwarzbach - St. Veit - Spittal a. D.) (Deutsch-Österreich) 1908	26	„
Gotthardbahn (Luzern-Bellinzona), { Nordseite 1882	26	„
{ Südseite 1882	27	„
Berner Alpenbahn (Lötschbergbahn, Frutigen- Brig) 1913	27	„
Mont Cenis-Bahn (Frankreich-Italien) 1879	30,2	„
Arlbergbahn (Innsbruck-Bludenz) 1884	31,4	„

Diese Steigungen sind für sämtliche Bahnen ohne Ermäßigung in den Halbmessern vorhanden, so daß die maßgebende Steigung sich um den Widerstand in den Bogen erhöht.

Die Erfahrungen haben gezeigt, daß für Dampfbahnen mit größerem Verkehr (Hauptbahnen) Neigungen von mehr als 25 v. T. unwirtschaftlich sind und auch mit Rücksicht auf rasche und sichere Talfahrt sich nicht empfehlen. Dagegen werden auf Neben- und Kleinbahnen, also auf Bahnen mit geringem Verkehr, insbesondere bei Bergbahnen häufig die Rücksichten auf den billigen Bau die für eine Verbilligung des Betriebs sprechenden Gründe überwiegen. Hier sind daher größere Steigungen zulässig, zumal die Vergrößerung der Steigung, weil keine schweren Züge gefahren werden, auch keine wesentliche Erhöhung der Betriebskosten zur Folge hat. Bei solchen Bahnen sind daher größere Steigungen angewendet worden, wie folgende Beispiele zeigen:

Eifelbahn Wittlich-Daun	25	v. T.
Nannoya-Nuwarra Eliya (Ceylon), 0,76 m Spur	27	„
Harzquerbahn und Südharzbahn, 1 m Spur	33,3	„
Albulabahn Thusis-St. Moritz, 1 m Spur, 1904	35	„
Davos-Filisur (Schweiz), 1 m Spur	35	„
Schneebergbahn (Österreich)	40	„
Reichenhall-Berchtesgaden (Bayern)	40	„
Brockenbahn (Harz), 1 m Spur	45	„
Landquart-Davos (Schweiz), 1 m Spur, 1890	45	„
Rigi-Scheideck (Schweiz), 1 m Spur	50	„
Menaggio-Portezza (Schweiz)	50	„
Wädensyl-Einsiedeln	50	„
Duram-Guamote-Quito (Ecuador), 1,067 m Spur	55	„
Chur-Arosa (Schweiz), 1 m Spur	60	„
Ütlibergbahn (Schweiz), Regelspur	70	„

Die letzte Bahn steht als Dampfbahn mit ihrer selten starken Steigung vereinzelt da. Dampfbahnen mit stärkeren Steigungen als 40 — höchstens 50 v. T. — sind selbst bei geringem Verkehr als unwirtschaftlich möglichst zu vermeiden; denn im allgemeinen kann man annehmen, daß bei einer Steigung von 50 v. T. (= 1:20) die Lokomotive nur das 1,5 fache und bei 60 v. T. (= 1:16,67) nur das einfache des Eigengewichtes zu befördern ver-

mag. Bei so starken Neigungen ist die Größtneigung auch nicht nur von der Leistung der Maschine, sondern auch von der Sicherheit bei der Talfahrt und der Zuverlässigkeit der Bremsen abhängig.

Dagegen kann man bei Verwendung des elektrischen Betriebes, der besonders bei Verwendung von Triebwagen geringere Gewichte ermöglicht, sowohl für Haupt- wie Neben- und Kleinbahnen entsprechend stärkere Steigungen (bei Hauptbahnen bis etwa 35 v. T., bei Straßenbahnen bis etwa 115 v. T.) anwenden.

So sind die Größtsteigungen einiger Gebirgs- und Bergbahnen mit elektrischem Betrieb:

Niederösterreich. Alpenbahn Kirchberg-Mariazell, 0,76 m Spur	25 v. T.
Berner Alpenbahn (Lötschbergbahn) Frutigen-Brig (Schweiz), Regelspur, 1913	27 "
Giovibahn Genua-Tortona, alte Linie 1853, Regelspur	35 "
Stubbaitalbahn bei Innsbruck, 1 m Spur	45 "
Grütschalp-Mürren (Schweiz), 1 m Spur	50 "
Mendelbahn 1. Teil Kaltern-St. Anton (Österreich), Regelspur	62 "
Berninabahn Pontresina-Poschiavo-Tirano, 1 m Spur, 1909	70 "
Straßenbahn in Plauen	83 "
Straßenbahn in Altenburg	90 "
Türkheim-Dreiähren (Elsaß)	100 "
Straßenbahn in Augsburg	102 "
Pöstlingbergbahn bei Linz (Deutsch-Österreich), 1 m Spur	105 "
Straßenbahn in Remscheidt	108 "
Le Havre-St. Marie (Frankreich)	115 "

Zum Vergleich seien nachstehend auch die Steigungen einiger als gemischter Reibungs- und Zahnbahnen ausgeführter Gebirgsbahnen mit Dampftrieb mitgeteilt.

	Spur- weite m	Größtneigung		$s_m : s_z$
		Reibungs- strecke s_m	Zahn- strecke s_z	
		v. T.	v. T.	
Brünigbahn (Schweiz)	1,0	18	120	1 : 6,7
Höllentalbahn Freiburg i. Br. - Neu- stadt, 1888	1,435	25	55	1 : 2,2
Harzbahn Blankenburg-Tanne, 1885	1,435	25	60	1 : 2,4
Ilmenau-Schleusingen (Thüringer Wald), 1901	1,435	25	60	1 : 2,4
Andenbahn (Südamerika)	1,0	25	60—80	1 : 2,4—1 : 3,2
Usuißabahn (Japan)	1,067	25	67	1 : 2,6
Eisenerz-Vordernberg (Österreich)	1,435	26	71	1 : 2,7
Arica-La Paz (Bolivia-Chile)	1,0	32	60	1 : 1,9
Furkabahn (Schweiz)	1,0	40	90	1 : 2,3

Die neusten vereinigten Reibungs- und Zahnbahnen sind besonders als Bergbahnen für elektrischen Betrieb eingerichtet. Bei diesen gehen die Steigungen auf der Reibungsstrecke bis zu 90, auf der Zahnstrecke bis zu 255 v. T.

Ausrundung der Neigungswchsel. Würde man bei Neigungswchsel an den Brechpunkten die eine Neigung unmittelbar in die andere ohne Ausrundung übergehen lassen, so würden dadurch die Fahrzeuge gefährdet werden können. Für dreiachsige Fahrzeuge würde z. B., wenn beide Neigungen gegen einander fallen, eine Entlastung (Schweben) der Mittelachse, wenn beide Neigungen gegeneinander ansteigen, ein Schweben der vorderen oder der hinteren Radsätze eintreten können. Die Brechpunkte an dem Neigungswchsel müssen daher ausgerundet werden.

Am günstigsten würde es sein, wenn man den Gefällbruch mit einer Kurve ausrundete, die mit dem Krümmungshalbmesser ∞ beginnt, allmählich in stärkere Krümmungen übergeht, sich dann wieder abflacht und mit dem Krümmungshalbmesser ∞ wiederum endigt. Eine geeignete Kurve würde auch schon eine Parabel mit senkrechter Achse darstellen. Da aber die Bestimmung solcher Kurven unbequem ist, so pflegt man für die Neigungswechsel flache Kreisbogen vorzuschreiben.

Die zur Ausrundung erforderliche Tangentenlänge beträgt, wenn, wie in Abb. 33, der von der Tangente eingeschlossene Winkel $\varepsilon < 180^\circ$ ist:

$$t_1 = R \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2};$$

da $\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}$ sehr klein ist, so kann man annähernd genau genug setzen

$$t_1^m = \frac{R}{2} \operatorname{tg} (\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{R^m}{2000} (s_1^{o/100} - s_2^{o/100}).$$

Entsprechend ergibt sich, wenn der von den Tangenten eingeschlossene Winkel $\varepsilon > 180^\circ$ ist:

$$t_2^m = \frac{R^m}{2000} (s_1^{o/100} + s_2^{o/100}).$$

Schließt eine Neigung an eine Wagerechte an, ist also eine der beiden Neigungen gleich Null, so ist:

$$t^m = \frac{R^m}{2000} \cdot s^{o/100}.$$

Für die Absteckung verschiedener Höhenpunkte des Ausrundungsbogens kann man diesen als Parabel betrachten, die an den Bogenanfängen ihre Berührungspunkte hat. Die einzelnen Punkte werden dann nach der Gleichung

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

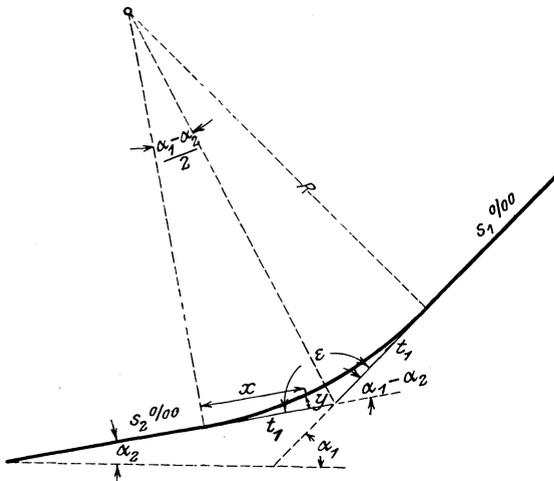


Abb. 33.

Die Größe des Ausrundungshalbmessers soll für Hauptbahnen ≥ 5000 m (TV. § 28 und BO. § 10) betragen. Dieses Maß kann jedoch nach TV. § 28 in geraden Strecken und nach BO. § 10 in und vor den Stationen bis auf 2000 m herabgesetzt werden. Dagegen wählt man für wichtige Hauptbahnstrecken die Ausrundungshalbmesser gern zu 10000 m.

Für Nebenbahnen beträgt sie ≥ 2000 m (BO. § 10), nach TV. § 28 dagegen wie bei den Hauptbahnen ≥ 5000 m, in geraden Strecken 2000 m.

Für Lokalbahnen werden 2000 m empfohlen.

Für Bahnhofsnebengleise geht man mit dem Ausrundungshalbmesser im allgemeinen bis auf 1000 m herunter, läßt jedoch bei den preußischen Staatsbahnen für Ablaufberge auf Verschiebebahnhöfen Ausrundungen bis 100 m zu.

In gekrümmten Gleisen ist die Anordnung von Ausrundungen nicht ganz unbedenklich, weil hier die vier Berührungspunkte der Räder eines Fahrzeuges mit den Schienen nicht mehr in einer Ebene liegen. Es ist daher besser, Gefällbrüche hier zu vermeiden und sie in die Gerade zu legen. Zum mindesten sollte man die Anordnung von Neigungswechseln in scharfen Krümmungen vermeiden. Noch ungünstiger ist das Zusammentreffen von Ausrundungen mit Übergangsbögen. Innerhalb von Weichen und Kreuzungen können Ausrundungen nicht angeordnet werden.

Von eisernen Brücken mit offener Fahrbahn (ohne Kiesbettung) müssen die Neigungswechsel soweit entfernt sein, daß die Ausrundungen nicht auf der Brücke liegen. Bei Brücken mit geschlossener Fahrbahn (durchgehendem Kiesbett) kann zwar der Neigungswechsel auf der Brücke gelegen sein; jedoch muß darauf schon beim Entwurf der Brücke Rücksicht genommen werden.

Stoßen zwei Gegenneigungen, auch wenn eine Ausrundung zwischen ihnen vorgesehen ist, aneinander, so liegt, sofern beide Neigungen gegeneinander ansteigen, die Gefahr eines Zerreißen des Zuges, wenn dagegen beide Neigungen gegeneinander fallen, die Gefahr eines starken Auflaufens der Wagen vor. Um diese zu vermindern, wird zwischen starken Gegenneigungen von größerer Länge eine Zwischengerade eingeschaltet, und zwar bestimmen die TV. im § 28 für Haupt- und Nebenbahnen und die BO. im § 7 für Hauptbahnen folgendes:

Steigt von zwei in entgegengesetztem Sinn und stärker als 5 v. T. (1:200) geneigten aneinander stoßenden Strecken die eine mehr als 10 m an, so ist eine mindestens 500 m lange, höchstens 3 v. T. geneigte Zwischenstrecke einzuschalten. In die Länge von 500 m dürfen die Tangenten der Ausrundungsbogen eingerechnet werden.

Für Lokalbahnen ist in den Grz. § 21 die gleiche Bestimmung mit der Maßgabe enthalten, daß die Länge der Zwischengeraden bis auf 50 m eingeschränkt werden kann.

Längs der Bahnlinie sind an den Neigungswechseln das Verhältnis und die Länge der Neigungen ersichtlich zu machen, und zwar bei Hauptbahnen allgemein, bei Nebenbahnen nur an den Enden der Strecken, wo die Verbindungslinie zweier 500 m voneinander entfernten Punkte der Bahn stärker als 6,67 v. T. (1:150) geneigt ist (TV. § 25 und BO. § 17) und bei Lokalbahnen an den Enden der Strecken, wo die Verbindungslinie zweier, mehr als 500 m voneinander entfernten Punkte der Bahn stärker als 10 v. T. (1:100) geneigt ist (Grz. § 20).

4. Wahl der Krümmungshalbmesser.

Der Krümmungshalbmesser einer Bahnlinie hängt von der Bauart der Lokomotiven und der Wagen, insbesondere von dem kleinsten festen Radstand der Fahrzeuge ab. Ist dieser festgesetzt, so lassen sich die kleinsten Krümmungen ermitteln.

Tatsächlich wird man aber besonders bei Flachlandbahnen größere Halbmesser wählen, als mit Rücksicht auf den Radstand zulässig sind, weil mit der Schärfe der Krümmungen der Fahrwiderstand und damit die Betriebs- und Unterhaltungskosten wachsen, weil kleine Halbmesser unübersichtlich und nach den Erörterungen auf S. 175 und ff. im Flachlande besonders ungünstig sind, und weil sie nur eine mäßige Zuggeschwindigkeit zulassen. Auf schnellbefahrenen Strecken besteht in scharfen Krümmungen außerdem die Gefahr der Entgleisung, was zu Bestimmungen über Ermäßigung der Fahrgeschwindigkeiten in Krümmungen Veranlassung gegeben hat. Die größten Geschwindigkeiten, mit denen die verschiedenen Krümmungen durchfahren werden dürfen, sind z. B. für Deutschland in der BO. § 66⁴ festgesetzt. Danach ist die größte zulässige Geschwindigkeit in Krümmungen:

für Hauptbahnen vom	Halbmesser	1300 m	120 km
"	"	1200 "	115 "
"	"	1100 "	110 "
"	"	1000 "	105 "
"	"	900 "	100 "
"	"	800 "	95 "
"	"	700 "	90 "
"	"	600 "	85 "
"	"	500 "	80 "
"	"	400 "	75 "

für Hauptbahnen vom Halbmesser	300 m	65 km
" " " "	250 "	60 "
" " " "	200 "	50 "
" " " "	180 "	45 "
und für Nebenbahnen vom Halbmesser	200 m	50 km
" " " "	180 "	45 "
" " " "	150 "	40 "
" " " "	120 "	30 "
" " " "	100 "	25 "

Auf Bahnlinien, auf denen schnellfahrende Züge verkehren, wird man daher zweckmäßig in den durchgehenden Hauptgleisen¹⁾ (auf der freien Strecke und in den Bahnhöfen) scharfe Krümmungen ganz vermeiden und z. B. unter günstigen Verhältnissen mit den Halbmessern nicht unter 1300 m, in weniger günstigen Verhältnissen nicht unter 700 m herabgehen. Zuweilen wird man jedoch auch hier zur Anwendung von kleineren Halbmessern gezwungen sein, wenn es sich darum handelt, dadurch teuren Grunderwerb, den Ankauf von Gebäuden und kostspielige Anlagen wie Brücken, Tunnel, hohe Aufträge, tiefe Einschnitte u. ähnl. zu vermeiden. Unbedenklich sind kleinere Krümmungshalbmesser nur dort, wo alle Züge langsam fahren wie z. B. vor Kopfbahnhöfen und in starken Gefällstrecken.

Aber auch im Hügel- und Gebirgslande sollen möglichst flache Krümmungen angewendet werden, weil mit der Verkleinerung des Bogenhalbmessers infolge Wachsens des Zugwiderstandes die Neigung im Bogen verringert und daher die Bahnlinie verlängert werden müßte. Stärkere Neigungswechsel sind tunlichst in die Gerade zu legen (TV. § 29⁴ und Grz. § 22⁵).

Zuweilen wird, soweit durchführbar, empfohlen für regelspurige

Flachlandbahnen	$R \geq 1000$ m,
Hügellandbahnen	$R \geq 500$ m,
Gebirgsbahnen	$R \geq 300$ m.

Im Besondern dürfen aber die in den maßgebenden Bestimmungen vorgeschriebenen Grenzen nicht unterschritten werden. Diese setzen für die kleinsten Halbmesser folgendes fest:

1. Für Hauptgleise der Hauptbahnen sowohl auf der freien Strecke wie in den Stationen soll der kleinste Halbmesser mindestens $R = 180$ m betragen (TV. § 29¹, § 35 und BO. § 7), jedoch sollen nach TV. § 29¹ Krümmungen unter 300 m in der Regel nicht angewendet werden, und nach BO. § 7 bedarf die Verwendung eines Halbmessers unter 300 m auf der freien Strecke der Genehmigung der Landesaufsichtsbehörde und der Zustimmung des Reichsverkehrsministeriums.

2. Für Hauptgleise der Nebenbahnen soll sowohl auf der freien Strecke wie in den Stationen der kleinste Halbmesser gleichfalls mindestens $R = 180$ m betragen, wenn Fahrzeuge der Hauptbahn auf die Nebenbahn übergehen sollen (TV. § 29¹, § 35 und BO. § 7), im übrigen $R \geq 100$ m (BO. § 7). Nach dem TV. § 29¹ und § 35 sollen Krümmungen unter 180 m tunlichst vermieden werden.

3. Auch für vollspurige Lokalbahnen auf der freien Strecke, wenn Wagen der Hauptbahn übergehen, beträgt der kleinste Halbmesser $R = 180$ m, bei vollspurigen Anschlußgleisen $R = 100$ m (Grz. § 22¹); doch werden auch

¹⁾ Unter Hauptgleisen sind hier nach den Bestimmungen der BO. Gleise verstanden, die von geschlossenen Zügen im regelmäßigen Betriebe befahren werden mit Ausnahme der nur von einzelnen Lokomotiven benutzten Gleise.

bei diesen mit Rücksicht auf den Übergang von Lokomotiven häufig größere Halbmesser gewählt.

Für Schmalspurbahnen sind nach Grz. § 22¹ die geringsten Abmessungen in der Regel

bei 1,00 m-Spurweite	$R = 50$ m
„ 0,75 „ „	$R = 40$ „
„ 0,60 „ „	$R = 25$ „

Bei allen Lokalbahnen können kleinere Halbmesser angewendet werden, wenn die Fahrzeuge zum Befahren scharfer Krümmungen besonders eingerichtet sind (Grz. § 22¹).

In England herrschen bei den einzelnen Bahngesellschaften in den Krümmungshalbmessern große Verschiedenheiten. In den Vereinigten Staaten von Amerika werden mit Rücksicht auf die fast ausschließliche Verwendung von Wagen mit Drehgestellen wesentlich schärfere Halbmesser als in Deutschland ausgeführt¹).

Die Erfahrungen bei der mit neuzeitlichen Betriebsmitteln ausgerüsteten 1 m-spurigen Berninabahn, die im allgemeinen kleinste Halbmesser von 50 m, an einigen Stellen jedoch auch Halbmesser von 45 und 40 m aufweist, haben gezeigt, daß auch Halbmesser von 50 m selbst bei 1 m-spurigen Bahnen den Betrieb sehr ungünstig beeinflussen und daß man bei ähnlichen Bahnen besser die kleinsten Halbmesser nicht unter 60 m wählen soll²). Ebenso wird man für die Spurweite von 0,75 m mit den Halbmessern nicht gern unter 50 m und für die Spurweite von 0,60 m nicht gern unter 30 m gehen. Dagegen haben bei Vollspur die kleinsten Halbmesser von 80 m der Berliner Hoch- und Untergrundbahn bei Verwendung zweckmäßig gebauter Wagen mit Drehgestellen und Anordnung sachgemäßer Übergangsbögen zu wesentlichen Bedenken nicht Veranlassung gegeben. Trotzdem wird neuerdings auch bei regelspurigen Stadtschnellbahnen der Halbmesser möglichst nicht kleiner als 100 m genommen.

4. Für Anschlußgleise gewerblicher Anlagen und ähnliche Gleisanlagen sind bei den preußischen Staatsbahnen³) zugelassen Mindesthalbmesser von 180 m, wenn beliebige Lokomotiven von Hauptbahnen übergehen sollen, 140 m, wenn nur Nebenbahnlokomotiven mit höchstens 3 m festem Radstand übergehen sollen, 100 m, wenn bei Lokomotiven mit höchstens 3 m Radstand die Radstände der Wagen < 4,5 m sind.

Auf den Zahnstrecken der gemischten Bahnen werden die Krümmungshalbmesser wegen der größeren Reibungswiderstände im allgemeinen größer gewählt als auf den Reibungsstrecken.

Die kleinsten Halbmesser einiger ausgeführter Gebirgsbahnen sind:

Bei Vollspur: Mont-Cenis-Bahn (Frankreich—Italien) 1871	350 m
Schwarzwaldbahn (Baden) 1870	300 „
Lötschbergbahn (Schweiz)	300 „
Brenner Bahn (Innsbruck—Bozen) 1867	285 „
Gotthardbahn (Luzern—Bellinzona) 1882, meist 300, vereinzelt 280	280 „
Arlbergbahn (Innsbruck—Bludenz) 1884	250 „
Tauernbahn (Schwarzbach—St. Veit-Spittal a. D.) 1908	250 „
Bergenerbahn (Bergen—Kristiania) 1909	250 „
Semmeringbahn (Wien—Mürzzuschlag) 1854	190 „
Reichenhall—Berchtesgaden (Nebenbahn) 1888	180 „
Giovibahn (Genua—Tortona) alte Linie 1853	180 „
Die Halbmesser der vollspurigen Bahnen gehen bis auf etwa 30 m (bei der Pariser Stadtbahn) herunter.	

¹) vgl. Handbuch der Ing.-Wissenschaften 5. Teil, 4. Band, Anordnung der Bahnhöfe, 2. Abteilung, Große Personenbahnhöfe usw. von M. Oder, Leipzig und Berlin 1914, S. 480 und 481.

²) E. Boßhard, Die Berninabahn, Schweizerische Bauztg. 1912, Band 59.

³) vgl. Erl. des Ministers d. öff. Arb. vom 11. Febr. 1901, sowie den Erlaß vom 29. Juli 1885, IIa 6882 IV. 772.

Bei 1,0 m und Kapspur: Japanische Staatsbahn (Kapspur) . . .	150 m
Albulabahn (Thusis—St. Moritz) 1904 (ausnahmsweise 100 m)	120 "
Davos—Filisur	120 "
Landquart—Davos	100 "
Gernrode—Harzgerode	60 "
Berninabahn (Schweiz—Italien) 1909 (ausnahmsweise 40 m)	50 "
Duram—Guamote—Quito (Ecuador)	30 "
Bei 0,76 m-Spur: Niederöstr. Alpenbahn (Kirchberg—Mariazell)	90 "
Bei 0,61 m-Spur: Darjeelingbahn	18 "

5. Gleislage in Krümmungen.

a) Spurerweiterung.

Nach § 31 der BO. ist bei normalspurigen Bahnen zwischen den Anlaufstellen der Spurkränze der Fahrzeugräder eine Entfernung von höchstens 1425 mm und mindestens 1410 mm einzuhalten, so daß sich für die Spurkränze ein lichter Spielraum von mindestens 10 mm und höchstens 25 mm ergibt, der unter Berücksichtigung der als Folge des Betriebes zulässigen Verengungen (bis zu 3 mm) und Erweiterungen (bis zu 10 mm) mindestens 7 mm und höchstens 35 mm betragen kann.

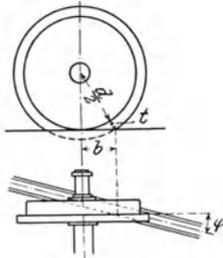


Abb. 34.

In den Krümmungen wird über diesen Spielraum hinaus, besonders mit Rücksicht auf die Wagen mit festen Radständen eine Vergrößerung des Schienenabstandes notwendig, die um so größer sein muß, je kleiner der Bogen ist. Ein Fahrzeug mit zweiachsigem festen Radstand wird sich bei gerade ausreichender Spurweite ($s + e$) nach dem Beharrungsvermögen so einstellen, daß die Vorderachse mit dem Flansch des äußeren Rades dicht an der Innenkante der äußeren Schiene läuft, während die hintere Achse sich in der Richtung nach dem Krümmungsmittelpunkt zu einzustellen bestrebt sein wird. Hieraus ergibt sich, wenn

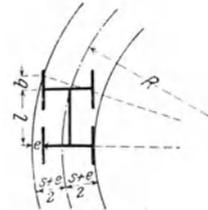


Abb. 35.

- l der größte feste Radstand in m,
- R der Halbmesser der Krümmung in m,
- e die erforderliche Spurweite in m,
- t die Höhe des Spurkränzes in m,
- d der äußere Durchmesser des Rades bis Spurkranzumfang in m

nach Abb. 34
$$b = \sqrt{t(d + t)}$$

und nach Abb. 35
$$(l + b)^2 = e \left[2 \left(R + \frac{s + e}{2} \right) - e \right],$$

woraus, wenn man das gegenüber l verhältnismäßig kleine b und das gegenüber R kleine s vernachlässigt, ergibt:

$$e^m = \frac{(l^m)^2}{2 R^m} \dots \dots \dots (1)$$

Entsprechend läßt sich unter der Annahme eines dreiachsigen Fahrzeuges mit steifem Radstande, wenn man den Abstand der beiden äußersten Achsen l' nennt, die Spurerweiterung ermitteln zu annähernd

$$e = \frac{l'^2}{8 R} \dots \dots \dots (2)$$

Diese Formel (2) ist, wenn die Spurerweiterung nach Formel (1) ermittelt wird, meist erfüllt, weil der Radstand zweiachsiger Wagen in der Regel größer ist, als der halbe Radstand dreiachsiger Wagen. Die vier- und sechsachsigen, mit Drehgestellen ausgerüsteten Fahrzeuge kommen für die Berechnung der Spurerweiterung nicht in Betracht.

Die theoretischen Formeln (1) und (2) können nun zur Ermittlung der bei den verschiedenen Halbmessern erforderlichen Spurerweiterungen nicht ohne weiteres verwendet werden, weil der Radstand, der ja in dieser Formel auftritt, bei den verschiedenen Fahrzeugen wechselt. Man benutzt daher zur Ermittlung der Spurerweiterung meist Erfahrungswerte. So ist von dem Unterausschuß des technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen die Erfahrungsformel

$$e^{mm} = \frac{(1000 - R^m)^2}{30000}$$

aufgestellt worden, die den Radstand unberücksichtigt läßt.

Vielfach gebräuchlich ist ferner die Formel

$$e^{mm} = \frac{7000}{R^m} - 12.$$

Bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn wird die Spurerweiterung für die einzelnen Halbmesser nach folgender Zusammenstellung gewählt:

Halbmesser der Krümmung bis	800	700	600	500	400	325	250	200	150	100 m
Spurerweiterung	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30 mm.

Für schmalspurige Gleise werden in der Hütte des Bauingenieurs (24. Auflage, 1924, S. 869) folgende Formeln empfohlen:

- 1 m Spur für $R = 80$ bis 250 m, $e^{mm} = \frac{240}{\sqrt{R^m}}$; jedoch ≥ 25 mm,
- 0,75 m " " $R = 50$ " 150 m, $e^{mm} = \frac{140}{\sqrt{R^m}}$; " ≥ 20 mm,
- 0,60 m " " $R = 30$ " 100 m, $e^{mm} = \frac{100}{\sqrt{R^m}}$. " ≥ 18 mm,

Der größtzulässige Wert für die Spurerweiterung läßt sich nach nebenstehender Abb. 36, in der die unter Berücksichtigung der Abnutzung sich ergebenden Mindestabmessungen für den Radkranz und den Schienenkopf angegeben sind und der Spurkranz des hier nicht dargestellten rechten (äußeren) Rades gegen den Schienenkopf stoßend gedacht ist, aus der Bedingung, daß der Radumfang nicht vom Schienenkopf abgleitet, ermitteln zu:

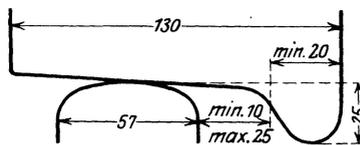


Abb. 36.

$$e_{max} = 130 - 57 - 20 = 53^{mm}.$$

Mit Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes sehen die Vorschriften entsprechend geringere Maße vor.

Für Haupt- und Nebenbahnen darf nach TV. § 2² die Vergrößerung der Spurweite bei Halbmessern bis 300 m 30 mm und bei kleineren Halbmessern 35 mm nicht überschreiten. Ähnlich setzt die BO. in § 9 die

größte Spurerweiterung für Hauptbahnen auf 30 mm und für Nebenbahnen auf 35 mm fest. Niemals soll auch unter Berücksichtigung der Verengungen und Erweiterungen als Folgen des Betriebes bei Hauptbahnen die Spurweite von 1,465 und bei Nebenbahnen von 1,470 m überschritten werden.

Mit der Vergrößerung der Spurweite soll man sowohl nach TV. § 2 als auch der BO. § 9 in Krümmungen von weniger als 500 m Halbmesser beginnen. Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß auch bei Halbmessern von über 500 m zur Einschränkung der Abnutzung der Schienenköpfe und Radreifen eine Spurerweiterung noch angebracht ist. Man führt daher jetzt meist die Spurerweiterung z. T. auch bei größeren Halbmessern — innerhalb des Bereiches der Deutschen Reichsbahn bei Halbmessern bis zu 800 m — durch.

Bei Lokalbahnen darf, wenn die Fahrzeuge nicht für größere Spurerweiterungen besonders eingerichtet sind, nach Grz. § 2 die Vergrößerung unter Einrechnung der größten infolge des Betriebes zulässigen Spurerweiterung nicht überschreiten:

bei vollspurigen Gleisen	35 mm,
„ schmalspurigen Gleisen von 1 m Spurweite	25 „
„ „ „ „ 0,75 „ „	20 „ und
„ Kleinbahnen „ 0,60 „ „	18 „

Bei Straßenbahnen mit schmalen Spurrinnen wird keine Spurerweiterung angewendet.

Ist der zulässige Größtwert für die Spurerweiterung gegeben, so kann man umgekehrt auch aus den vorstehend genannten Formeln die kleinsten zulässigen Krümmungshalbmesser ermitteln.

Die Spurerweiterung wird im allgemeinen durch Abrücken des inneren Schienenstranges hergestellt. Dadurch verbleiben die äußeren Schienen als Leitkanten genau in ihrer Lage. Wo Übergangsbögen vorhanden sind, läßt man die Spurerweiterung in diesen allmählich auf das volle Maß anwachsen.

b) Überhöhung der äußeren Schienen.

Die in den Krümmungen auftretende Fliehkraft $\frac{mv^2}{R}$ drängt die Spurkränze gegen die äußere Schiene. Hierdurch werden nicht nur die äußeren

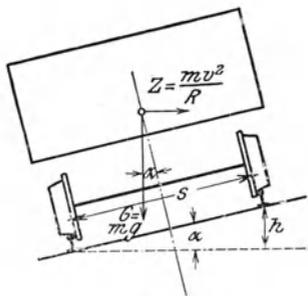


Abb. 37.

Schienen und Räder in unwirtschaftlicher Weise stark abgenutzt — denn die gesamte mechanische Arbeit des Bogenwiderstandes wird in Schienenabnutzung umgesetzt —, sondern es könnte auch bei nicht richtig geformten Spurkränzen durch Kippen der Achse um die äußere Schiene die Gefahr einer Entgleisung herbeigeführt werden. Aus diesen Gründen wird im Gegensatz zu den geraden Strecken, in denen die gegenüberliegenden Oberkanten der beiden Schienen eines Gleises in gleicher Höhe liegen müssen (TV. § 7² und Grz. § 6¹) in Bögen der äußere Schienenstrang überhöht.

Soll in einer Krümmung die gegen die äußere Schiene drückende Seitenkraft ganz aufgehoben werden, so muß sich, wenn nach Abb. 37

- h die Überhöhung des äußeren Schienenstranges in m,
- s die Entfernung von Mitte zu Mitte Schiene in m,
- R den Krümmungshalbmesser in m,
- V die Fahrgeschwindigkeit in km/Std = $3,6 v$ in m/Sek

bedeutet, ergeben:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Z}{G} = \frac{v^2}{R \cdot g};$$

da ferner annähernd genau genug

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{s}$$

ist, so wird

$$h^{\text{mm}} = \frac{s \cdot v^2}{R \cdot g} = \frac{s^{\text{mm}} (V^{\text{km/Std}})^2}{3,6^2 \cdot 9,81 \cdot R^{\text{m}}},$$

was für Vollspur rund ergibt:

$$h^{\text{mm}} = \frac{11,7 \cdot (V^{\text{km/Std}})^2}{R^{\text{m}}} \dots \dots \dots (3)$$

Haben die Züge einer Strecke alle gleiche Geschwindigkeit, wie z. B. bei städtischen Schnellbahnen, so kann man zur Ermittlung der Überhöhung diese Geschwindigkeit der Formel zugrunde legen. Da aber auf den übrigen Bahnen meist Züge verschiedener Fahrgeschwindigkeit verkehren, so müßte man schon eine mittlere Geschwindigkeit einführen, weil unter Annahme der größten Geschwindigkeit sich eine zu große Überhöhung ergeben würde. Dies hätte einmal den Nachteil, daß — da von den im allgemeinen mit 1:20 nach innen geneigten Schienen bereits bei einer Überhöhung von 75 mm die innere Schiene senkrecht zu stehen kommt — die innere Schiene leicht eine zu starke Neigung nach außen erhalten könnte; dann aber hat eine zu große Überhöhung auch wieder eine zu starke Abnutzung des inneren Schienenstranges zur Folge. Die Vorschriften des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen geben daher für die Größe der Überhöhung keine bindende Bestimmung, fordern vielmehr nur (TV. § 7³ und Grz. § 6²), daß in Krümmungen der äußere Schienenstrang unter Berücksichtigung des Halbmessers und der Fahrgeschwindigkeiten soviel über den inneren Strang erhöht werden soll, daß die Abnutzung beider Schienenstränge tunlichst gleich wird.

Berücksichtigt man nun weiter, daß die theoretische Formel (3) eigentlich nur für freilaufende Achsen gilt, so ist es erklärlich, daß sie für Bahnen mit Zügen verschiedener Gattung praktisch keine große Bedeutung hat und daher nicht mehr verwendet wird.

Für die Anwendung wesentlich brauchbarere Werte liefert die auf Grund praktischer Erfahrungen und wissenschaftlicher Erwägungen vom technischen Ausschusse des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen für Regelspur vorgeschlagene Versuchsformel

$$h^{\text{mm}} = \frac{k}{R} = \frac{m \cdot V^{\text{km/Std}}}{R^{\text{m}}} \dots \dots \dots (4)$$

in der für V die in der Krümmung zulässige Größtgeschwindigkeit anzunehmen ist und m eine Konstante darstellt. In Preußen rechnet man etwa mit $m = 500$, so daß sich die Formel

$$h^{\text{mm}} = \frac{500 V^{\text{km/Std}}}{R^{\text{m}}} \dots \dots \dots (5)$$

ergibt. Da aber die Erfahrungen im allgemeinen gelehrt haben, daß kleine Überhöhungen weniger nachteilig sind als zu große¹⁾, so wird neuerdings bei

¹⁾ Dietz empfiehlt in der Ztg. des Vereins Deutsch. Eisenb.-Verw. 1910, S. 745—746 in starken Krümmungen die Abnutzung der Außenschiene selbst auf Kosten der Innenschiene herabzumindern. Er will dem Rechnung tragen, indem dem Betrage der Über-

der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn die Überhöhung auch noch etwas geringer angenommen, als sie sich aus der Formel (5) ergibt. Hier wird nämlich die Überhöhung nach folgender, auf Erfahrungsgrundsätzen beruhender Zusammenstellung¹⁾ bemessen, die unter Berücksichtigung der für die Krümmung in Betracht kommenden größten Fahrgeschwindigkeit zu verwenden ist.

Überhöhung der äußeren Schiene in Krümmungen.

Halbmesser der Krümmung m	Fahrgeschwindigkeit in km/Std																					
	15	20	25	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
3000	Überhöhung in mm															20	20	20	20	20	20	20
2000								20	20	20	20	25	25	25	30	30	30	35	35	35	40	40
1500							20	20	20	25	25	25	30	30	35	35	35	40	40	40	45	45
1300						20	20	20	25	25	25	30	30	35	35	40	40	40	45	45	50	
1200					20	20	20	25	25	25	30	30	35	35	40	40	40	45	45	50		
1100				20	20	20	25	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45	50	50			
1000				20	20	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45	45	50	55				
900			20	20	20	25	30	30	35	35	40	40	45	45	50	55	55					
800			20	20	25	30	30	35	40	40	45	45	50	55	55	60						
700		20	20	20	30	30	35	40	45	45	50	55	55	60	65							
600		20	20	25	35	40	40	45	50	55	60	65	65	70								
500	20	20	25	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80									
400	20	25	30	40	50	55	65	70	75	80	90	95										
300	25	35	40	50	65	75	85	90	100	110												
250	30	40	50	60	80	90	100	110	120													
200	40	50	65	75	100	110	125															
180	40	55	70	85	110	125																
150	50	65	85	100	135																	
125	60	80	100	120																		
120	65	85	105	125																		
100	75	100	125																			

Diese Tabelle zeigt einmal, daß die größtzulässige Überhöhung bei den preußischen Bahnen 135 mm beträgt. Bei den französischen Bahnen kommen demgegenüber Überhöhungen bis zu 200 mm vor; doch empfehlen sich Überhöhungen von mehr als 125 bis 150 mm bei Hauptbahnen und mehr als 160 bis 170 mm bei Nebenbahnen nicht. Die Tafel zeigt weiter, daß bei besonders großen Geschwindigkeiten Überhöhungen noch bei Halbmessern von 3000 m ausgeführt werden. Im allgemeinen pflegt sonst bei Halbmessern von mehr als 2000 m bei Hauptbahnen und mehr als 1000 m bei Nebenbahnen die äußere Schiene nicht mehr überhöht zu werden.

höhung, der die statischen Wirkungen der Zentrifugalkraft berücksichtigt, noch ein Betrag hinzugefügt wird, der von der Krümmung abhängig ist. Er schlägt daher für die Überhöhung vor die Formel:

$$h_{\text{mm}} = \frac{6 (V^{\text{km/Std}})^2 + 10000}{R^{\text{m}}}$$

¹⁾ Vorschriften für die Herstellung, Unterhaltung und Erneuerung des Oberbaues Preußisch-hessische Staatseisenbahnen, Ausgabe 1909, Anlage 1.

Für Schmalspurbahnen empfiehlt die Hütte folgende, sich aus Gl. (1) ergebende Formeln:

$$\begin{aligned} \text{für 1 m-Spur} \quad h^{\text{mm}} &= \frac{8,3 (V^{\text{km/Std}})^2}{R^{\text{m}}}, \\ \text{für 0,75 m-Spur} \quad h^{\text{mm}} &= \frac{6,2 (V^{\text{km/Std}})^2}{R^{\text{m}}}, \\ \text{für 0,60 m-Spur} \quad h^{\text{mm}} &= \frac{5 (V^{\text{km/Std}})^2}{R^{\text{m}}}. \end{aligned}$$

Die Schienenüberhöhung ist aus dem Bestreben heraus vorgesehen worden, die Betriebssicherheit zu gewährleisten. Versuche und Erfahrungen haben aber gezeigt, daß die Schienenüberhöhung mehr eine Frage der Wirtschaftlichkeit als der Sicherheit ist, und daß eine lediglich zur Sicherheit anzunehmende Überhöhung, soweit sie in scharfen Bögen überhaupt erforderlich ist, sich in sehr bescheidenen Grenzen halten kann. Eine ausreichende Überhöhung bringt aber wieder den Vorteil mit sich, daß für die Reisenden die lästigen Seitenkräfte aufgehoben und die Seitenstöße vermieden werden; denn bei einer für die angewendete Geschwindigkeit theoretisch richtig ausgeführten Überhöhung würde der Reisende das Befahren einer Krümmung gar nicht bemerken.

Die Überhöhung wird in der Regel durch Heben der äußeren Schiene gewonnen. Bei scharfen Gegenkrümmungen mit Zwischengeraden kommt jedoch gleichzeitig ein Senken der inneren Schiene vor. Über die Herstellung der Überhöhung bei Wegübergängen in Schienenhöhe vgl. S. 310 und 311.

Das dachförmig geneigte Planum erfordert in Krümmungen der Überhöhung entsprechend eine Verbreiterung, die bei eingleisigen Strecken durch eine einseitige Neigung des Planums vermieden werden kann.

Vor Bahnhöfen führt man häufig eine verminderte Überhöhung ($1/2$ bis $1/5$) aus. In den Stationen selbst sieht man, wenn alle Züge halten, am besten von der Überhöhung ganz ab, während man, wenn Schnellzüge die Station mit unverminderter Geschwindigkeit durchfahren, die Überhöhung am zweckmäßigsten in voller Höhe herstellt. In den Bahnhofbengleisen werden Überhöhungen nicht ausgeführt, ebensowenig — mit Rücksicht auf die schwierige Herstellung — in Weichenkrümmungen (TV. § 39² und Grz. § 31²). Weichen dürfen daher im krummen Strang¹⁾ nur mit verringerter Geschwindigkeit durchfahren werden (in Deutschland bei Hauptbahnen 45 km/Std und bei Nebenbahnen 30 km/Std; bei den preußischen Bahnen in Weichen von der Neigung 1:14 60 km/Std). Bei Bahnen in städtischen Straßen wird wegen der Anpassung der Schienen an die Fahrbahn der Straßen eine Überhöhung im allgemeinen nicht ausgeführt.

c) Herstellung der Überhöhung und Übergangsbögen.

Die Herstellung der Schienenüberhöhung erfolgt mittels einer Rampe, in der die äußere Schiene von der gewöhnlichen Höhe zu der überhöhten ansteigt. Eine zu steile Rampe verursacht einen unruhigen Lauf und kann

¹⁾ Der Halbmesser der Weichen beträgt bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der deutschen Reichsbahn 500 m bei Weichen 1:14, 245 m bei Weichen 1:10, 190 m bei Weichen 1:9 und 140 m bei Weichen 1:7. Letztere werden nur in ganz beschränktem Umfange, und zwar im allgemeinen nur in Verschiebegleisen verwendet. Weichen, durch die im regelmäßigen Betriebe Züge abgelenkt werden, sollen die Steigung 1:10 erhalten. Wo auf Hauptbahnen Personenzüge im regelmäßigen Betriebe durch den krummen Strang fahren, sollen zweckmäßig Weichen 1:14 benutzt werden.

unter Umständen sogar eine Entgleisung veranlassen, weil bei der Ausfahrt aus der Krümmung auf der windschiefen Fläche eine Entlastung und ein Schweben des führenden äußeren Vorderrades eintritt. Eine zu steile Rampe ist daher zu vermeiden.

Für Haupt- und Nebenbahnen schreiben die TV. § 7⁵ über die Ausführung dieser Überhöhungsrampe vor:

Die Überhöhung muß auf eine nach der größten Fahrgeschwindigkeit zu bemessende Länge auslaufen, die mindestens das 300fache der Überhöhung zu betragen hat.

Und ähnlich bestimmt die BO. im § 10²:

Die Überhöhung des äußeren Schienenstranges gekrümmter Gleise muß auf eine möglichst große Länge, mindestens aber auf das 300fache ihres Betrags auslaufen.

Bei den preußischen Bahnen geht man zur Erzielung des ruhigen Befahrens eines Gleises über dieses Maß noch weit hinaus und gibt der Überhöhungsrampe möglichst nicht weniger als das 600fache der Überhöhung.

Für Lokalbahnen bestimmen die Grz. in § 6³:

Die Überhöhung des äußeren Stranges gekrümmter Gleise soll auf eine nach der größten Geschwindigkeit zu bemessende Länge auslaufen, die tunlichst das 300fache der Überhöhung beträgt.

Ebenso wie der Anschluß der Überhöhung an eine nicht überhöhte Strecke eine stetige Überleitung durch Einschaltung einer Überhöhungsrampe erfordert, so bedingt auch im Grundriß der Anschluß des Bogens an die Gerade eine besondere Ausbildung.

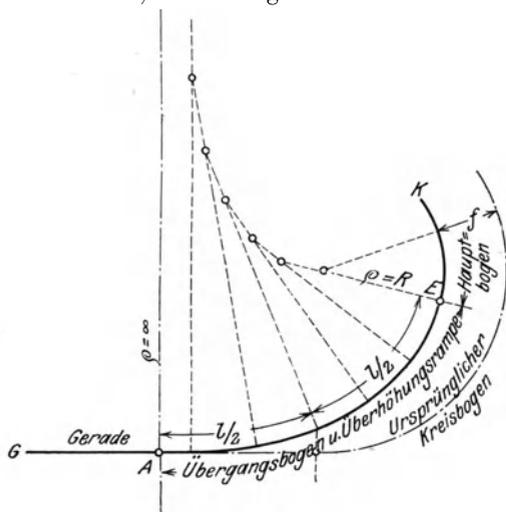


Abb. 38.

bis er die Krümmung des Hauptbogens ($\rho = R$) erreicht. Dadurch ergibt sich, wie Abb. 38 auch erkennen läßt, die Notwendigkeit einer Verschiebung oder Einziehung des zur Ausführung kommenden Hauptbogens gegenüber dem ursprünglichen Kreisbogen um ein Maß f . Der Übergangsbogen soll halb vor und halb hinter dem Anfange des ursprünglichen Kreisbogens liegen. Er wird gleichzeitig verwendet, um die Überhöhungsrampe auszuführen, die tunlichst so mit dem Übergangsbogen zusammenfallen soll, daß am Anfangspunkt des Bogens die Überhöhung voll vorhanden ist (TV. § 7⁴). Der Überhöhungsbogen führt demnach aus der geraden Linie stetig über von $\rho = \infty$ und $h = 0$ im Punkte A nach dem Punkte E , wo der wirkliche Kreisbogen von $\rho = R$ beginnt und die volle Überhöhung erreicht ist. Kann der Übergangsbogen nicht so lang werden, wie die Überhöhungsrampe,

so ist je nach der Örtlichkeit die Rampe in die Gerade oder besser in den Hauptbogen hineinzuziehen; in keinem Falle ist die Neigung der Rampe über ein gewisses Maß hinaus zu erhöhen, selbst wenn deshalb eine verringerte Überhöhung ausgeführt werden müßte.

Für Haupt- und Nebenbahnen sind Übergangsbögen nach TV. § 29² bei Neubauten in Hauptgleisen und nach BO. § 7³ in den durchgehenden Hauptgleisen auszuführen. Für Lokalbahnen wird nach Grz. § 22² die Anordnung von Übergangsbögen empfohlen.

Um die Gestalt des Übergangsbogens AE , die nach vorstehenden Ausführungen zu der Geraden AG und zu dem Kreisbogen EK die in Abb. 39 dargestellte Lage einnehmen muß, zu ermitteln, sei:

- d die Ordinate des Übergangsbogens an seinem Endpunkte in mm,
- l die gemeinsame Länge des ganzen Übergangsbogens und der Überhöhungsrampe in der Projektion auf die Tangente in m,
- h die Überhöhung in mm,

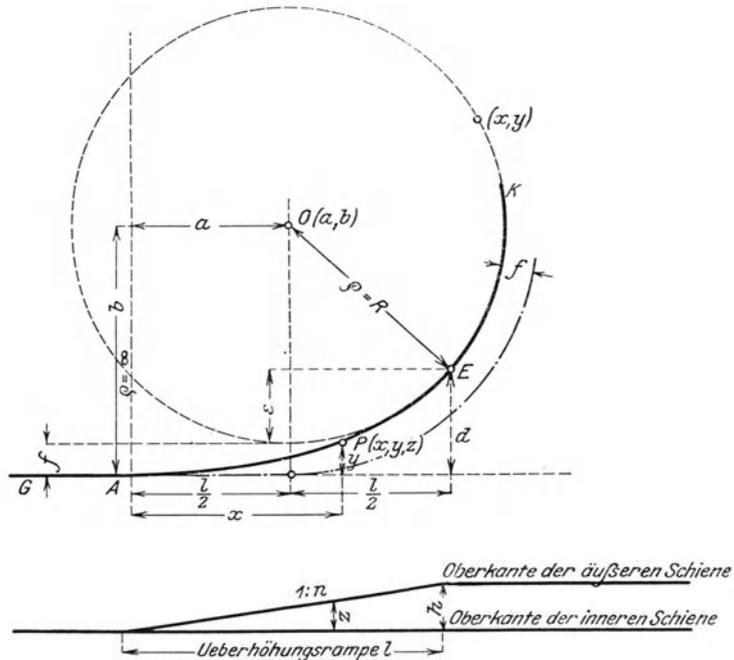


Abb. 39.

$1:n$ das Ansteigungsverhältnis der äußeren Schiene gegen die innere. Dann ist die Länge des Übergangsbogens $l = nh$ und entsprechend für einen Punkt $P(x, y, z)$, $x = nz$. Ferner ist nach Gleichung (4) S. 211 unter Annahme einer konstanten Geschwindigkeit

$$h = \frac{k}{R} \text{ und entsprechend } z = \frac{k}{\rho};$$

das ergibt:

$$x = n \frac{k}{\rho} = \frac{C}{\rho}, \text{ wenn } C = nk = lR \text{ und } \frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{x}{C};$$

durch Integration erhält man:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2P} + \text{konst.}; \text{ konst.} = 0 \dots \dots \dots (6)$$

nochmals integriert ergibt sich als Gleichung des Übergangsbogens

$$y = \frac{x^3}{6C} = \frac{x^3}{6lR} \dots \dots \dots (7)$$

Der Übergangsbogen ist demnach eine kubische Parabel.

$$\text{für } x = l \text{ wird } y_4 = d = \frac{l^2}{6R};$$

$$\text{„ } x = \frac{l}{2} \text{ „ } y_2 = \frac{d}{8} = \frac{l^2}{48R}.$$

Um die Lage des Übergangsbogens zum anschließenden Kreisbogen festzulegen, ist in Abb. 39 für einen Punkt (x, y) des Kreises:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2;$$

woraus sich durch Differenzieren ergibt:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x - a}{y - b}$$

und für einen Punkt $P(x, y)$ der kubischen Parabel nach Gleichung (6)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2C}$$

Für den Punkt E als Punkt des Kreises sowie des Übergangsbogens ergibt sich, da $x = l$

$$\frac{l - a}{b - d} = \frac{l^2}{2C} = \frac{l}{2R},$$

woraus, da annähernd $b - d = R$ gesetzt werden kann, sich $a = \frac{l}{2}$ ergibt.

Hierdurch ist die Bedingung, daß der Übergangsbogen je zur Hälfte vor und hinter dem ursprünglichen Berührungspunkt des Kreisbogens liegen soll, erfüllt.

Dann wird weiter $f = d - \varepsilon$ und, da $\left(\frac{l}{2}\right)^2 = \varepsilon(2R - \varepsilon)$ und ε gegenüber den $2R$ vernachlässigt werden kann,

$$f = \frac{l^2}{6R} - \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2R} = \frac{l^2}{24R} = \frac{d}{4};$$

$$y_2 = \frac{l^2}{48R} = \frac{f}{2}.$$

Beispiel: Für $R = 500$ m und $V = 60$ km/Std. ergibt sich nach der Tafel S. 212 eine Überhöhung von $h = 60$ mm. Nimmt man die Neigung der Überhöhungsrampe zu 1:300 an, so ergibt sich eine Länge des Übergangsbogens von $l = 300h = 18$ m und eine Verschiebung des ursprünglichen Kreises von $f = \frac{l^2}{24R} + 0,045^m$.

Zu Beginn des Eisenbahnverkehrs, als nur geringe Zuggeschwindigkeiten und meist große Gleishalbmesser in Betracht kamen, lag keine Veranlassung vor, Übergangsbögen anzuordnen oder sie besonders sorgfältig auszubilden. Bei der Zunahme der Zuggeschwindigkeiten hat sich aber mehr und mehr ergeben, daß gerade eine zweckmäßige Ausbildung der Übergangsbögen zur Erzielung eines ruhigen, sicheren und stoßlosen Laufes der Wagen in schnell-

fahrenden Zügen Wert hat und daß eine möglichst flache Steigung der Überhöhungsrampe und demnach lange Übergangsbögen besonders in schnellbefahrenen Gleisen von besonderer Bedeutung sind. Deshalb widmet man jetzt der zweckmäßigen Anordnung der Übergangsbögen besondere Beachtung.

Auf den Schnellzugstrecken der preußischen Bahnen soll für die Länge der Überhöhungsrampen, soweit örtlich irgend erreichbar, sogar das 1000-fache der Überhöhung angewendet werden¹⁾. Daß so flache Überhöhungsrampen, die die ganze Gleislage nicht unwesentlich beeinflussen, bautechnisch nicht immer erreichbar sind, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden; namentlich wird man bei Bahnen im Hügellande sich häufig mit steileren Anlaufsteigungen behelfen müssen. Aber auch auf den übrigen nicht von Schnellzügen befahrenen Strecken der preußischen Bahnen werden die Übergangsbögen jetzt mit möglichst flachen Rampenneigungen ausgeführt.

Um die Absteckung des Übergangsbogens, die von der Tangente des Bogens aus erfolgt, möglichst zu vereinfachen, sind bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn umstehende besondere Tafeln 1 und 2²⁾ für Haupt- und Nebenbahnen aufgestellt, die ohne weiteres für die meist vorkommenden Halbmesser neben der Ermittlung des Anfangs- und Endpunktes des Übergangsbogens (A und E in Abb. 40), die Festlegung von drei Zwischenordinaten des Übergangsbogens (y_1 , y_2 und y_3) ermöglichen. Hierbei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Längenabstufung der Übergangsbögen auf drei zu beschränken, was für die einzelnen Kreisbögen ein verschiedenartiges Rampenverhältnis zur Folge hat, das bei den Hauptbahnen (Tafel 1) zwischen 1 : 730 und 1 : 2000 und bei Nebenbahnen (Tafel 2) zwischen 1 : 320 und 1 : 1300 schwankt.

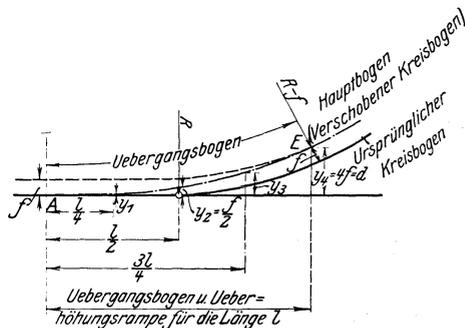


Abb. 40.

Die Tafeln lassen erkennen, daß bei Hauptbahnen Übergangsbögen für alle Bögen unter 3000 m Halbmesser, für Nebenbahnen für alle Bögen unter 2000 m angewendet werden. Von diesen Grenzen ab verzichtet man auf Übergangsbögen, weil die Verschiebung so klein werden würde, daß man sie beim Abstecken im Gelände nicht mehr berücksichtigen könnte.

Übergangsbögen werden, wie erwähnt, nur in durchgehenden Hauptgleisen hergestellt, während sie in Bahnhofsneben Gleisen nicht ausgeführt werden.

Wie bereits lange Zeit im Betriebe befindliche und verfahrenre Bögen, bei denen gleichfalls die in den Tafeln 1 und 2 angegebenen Längen der Übergangsbögen anzustreben sind, ausgerichtet und festgelegt werden, ist in der Anlage 3 der Vorschriften für die Herstellung, Erhaltung und Erneuerung des Oberbaues, Ausgabe 1909, näher ausgeführt.

Die zur Einlegung des Übergangsbogens erforderliche seitliche Verschiebung f kann beim Abstecken durch Verschieben der Tangente nach außen hergestellt werden, wodurch allerdings eine recht unerwünschte Verdrehung der Zwischengeraden bedingt wird, oder es wird nach Abb. 40 unter Festhaltung der Tangenten der Bogen selbst soweit nach einwärts geschoben, daß die Einlegung des Übergangsbogens möglich ist. In diesem Falle wird der erwähnte Nachteil einer Verdrehung der Zwischengeraden vermieden. Diese Einziehung ist bei kleinen Halbmessern so bedeutend — nach Tafel 1 S. 218 bis zu 0,889 m — daß schon beim Grunderwerb und bei der Absteckung der einzelnen Bauwerke Rücksicht darauf genommen werden muß. Die Absteckung des Übergangsbogens sowie des Kreisbogens erfolgt von den Tangenten

¹⁾ Erlaß des preuß. Ministers d. öff. Arb. I D 18417 v. 8. Nov. 1910.

²⁾ vgl. Vorschriften für die Herstellung, Unterhaltung und Erneuerung des Oberbaues der preußisch-hessischen Staatseisenbahnen, Ausgabe 1909.

Herstellung der Übergangsbögen bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn.

Tafel 1. Hauptbahnen.

Halbmesser R m	Länge des Übergangsbogens l m	Verschiebung des ursprünglichen Kreises $f = \frac{l^2}{24R}$ m	y_1 bei $\frac{l}{4}$ m	$y_2 = \frac{f}{2}$ bei $\frac{l}{2}$ m	y_3 bei $\frac{3}{4}l$ m	$y_4 = 4f$ bei l m	Rampenverhältnis, wenn Rampe und Übergangsbogen zusammenfallen und die größte Überhöhung nach Tafel S. 212 hergestellt wird
300	80	0,889	0,056	0,444	1,500	3,556	1 : 730
350	80	0,762	0,048	0,381	1,285	3,048	1 : 800
375	80	0,701	0,044	0,356	1,200	2,844	1 : 800
400	80	0,667	0,042	0,333	1,125	2,667	1 : 840
450	80	0,593	0,037	0,296	1,000	2,372	1 : 880
475	80	0,561	0,035	0,281	0,947	2,245	1 : 940
500	60	0,300	0,019	0,150	0,506	1,200	1 : 750
550	60	0,273	0,017	0,137	0,460	1,091	1 : 800
600	60	0,250	0,016	0,125	0,422	1,000	1 : 860
650	60	0,231	0,014	0,115	0,389	0,924	1 : 890
700	60	0,214	0,013	0,107	0,362	0,857	1 : 920
800	60	0,188	0,012	0,094	0,316	0,750	1 : 1000
900	60	0,167	0,010	0,083	0,281	0,667	1 : 1100
1000	60	0,150	0,009	0,075	0,253	0,600	1 : 1100
1500	40	0,044	0,003	0,022	0,075	0,178	1 : 1000
2000	40	0,033	0,002	0,017	0,056	0,133	1 : 1300
2500	40	0,027	0,002	0,013	0,045	0,107	1 : 1600
3000	40	0,022	0,001	0,011	0,038	0,088	1 : 2000

Tafel 2. Nebenbahnen.

Halbmesser R m	Länge des Übergangsbogens l m	Verschiebung des ursprünglichen Kreises $f = \frac{l^2}{24R}$ m	y_1 bei $\frac{l}{4}$ m	$y_2 = \frac{f}{2}$ bei $\frac{l}{2}$ m	y_3 bei $\frac{3}{4}l$ m	$y_4 = 4f$ bei l m	Rampenverhältnis, wenn Rampe und Übergangsbogen zusammenfallen und die größte Überhöhung nach Tafel S. 212 hergestellt wird
180	40	0,370	0,023	0,185	0,648	0,482	1 : 320
200	40	0,333	0,021	0,167	0,563	1,333	1 : 320
250	30	0,150	0,009	0,075	0,253	0,600	1 : 300
300	30	0,125	0,008	0,063	0,211	0,500	1 : 350
350	30	0,107	0,007	0,054	0,181	0,429	1 : 400
400	20	0,042	0,003	0,021	0,070	0,167	1 : 310
450	20	0,037	0,002	0,019	0,063	0,148	1 : 330
500	20	0,033	0,002	0,017	0,056	0,133	1 : 400
600	20	0,028	0,002	0,014	0,047	0,111	1 : 460
700	20	0,024	0,001	0,012	0,040	0,095	1 : 530
800	20	0,021	0,001	0,010	0,035	0,083	1 : 640
900	20	0,019	0,001	0,009	0,031	0,074	1 : 800
1000	20	0,017	0,001	0,008	0,028	0,067	1 : 800
1500	20	0,011	0,001	0,006	0,019	0,044	1 : 1000
2000	20	0,008	0,001	0,004	0,014	0,033	1 : 1300

aus am besten mit Hilfe von Zahlentafeln, von denen die von Sarrazin und Oberbeck¹⁾ die bekanntesten sind.

Beim Zeichnen von Lageplänen in kleinem Maßstabe ($< 1:500$) werden die Übergangsbögen nicht dargestellt. Trotzdem ist die Ermittlung ihrer Längen von vornherein erforderlich, um zu wissen, welchen Abstand man zwischen den beieinander liegenden Endpunkten zweier Kreisbögen ($A E$ in Abb. 43) mindestens inne zu halten hat. Diesen Abstand nennt man Zwischengerade, die nach Ausführung der Übergangsbögen außer einem mittleren geraden Stück l' aus zwei anschließenden Übergangsbögen besteht.

d) Korbbögen; Gegenkrümmungen.

Korbbögen. Ist es mit Rücksicht auf die Geländeverhältnisse nicht möglich, zwei gerade Gleisstücke durch einen einzigen Kreisbogen von einem Halbmesser R miteinander zu verbinden, so pflegt man etwa nach Abb. 41 zwei einander berührende Kreisbögen von verschiedenen Halbmessern (z. B. R_1 und R_2) in einem sogenannten Korbbogen aneinanderzuschalten. Hierfür schreiben die TV. in § 29³ und die Grz. in § 22³ vor, daß schon beim Entwurfe darauf zu achten ist, daß aneinanderstoßende, gleichgerichtete Krümmungen unter Anwendung stetig wachsender oder abnehmender Halbmesser ineinander übergeführt werden. Hierzu stellt man zwischen den beiden Bögen einen Übergangsbogen her, der von R_1 und h_1 überleitet zu R_2 und h_2 und ermittelt die Größen $h = h_1 - h_2$ und $l = l_1 - l_2$, sowie $f = f_1 - f_2$ und verteilt den Übergangsbogen auch hier zu beiden Seiten des theoretischen Berührungspunktes B (s. Abb. 41), wobei der kleinere Halbmesser R_2 um das Maß f eingezogen wird. Weichen die beiden Halbmesser R_1 und R_2 nicht wesentlich voneinander ab, so wird die Rechnung ergeben, daß es nicht erforderlich ist, zwischen den einzelnen Kreisbogenstücken bei B Übergangsbögen einzuschalten; man beschränkt sich dann darauf, die Übergangsteigung in den flacheren Bogen zu legen, damit bei Beginn des schärferen Bogens bereits die volle Schienenüberhöhung vorhanden ist.

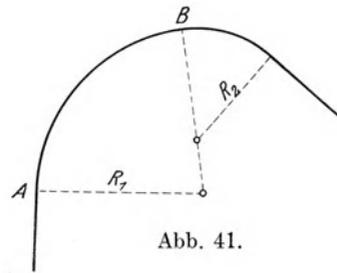


Abb. 41.

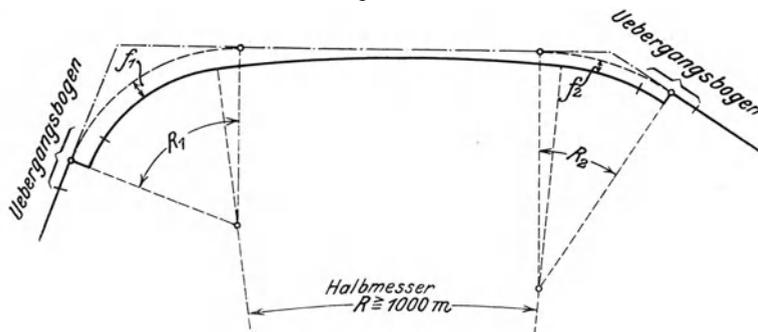


Abb. 42.

Zwischen gleichlaufenden (Korb-) Bögen glaubte man früher vielfach wenigstens eine kurze Zwischengerade einschieben zu müssen. Demgegenüber besteht jetzt der Grundsatz, kurze Gerade zwischen gleichlaufenden Bögen, selbst wenn die Länge der Geraden zur Ausbildung der Übergangsbögen mit einem angemessenem geraden Zwischenstück ausreichen sollte, nach Abb. 42 durch einen dritten flachen Bogen zu ersetzen, weil sich gezeigt hat, daß

¹⁾ Sarrazin und Oberbeck, Taschenbuch zum Abstecken von Kreisbögen mit und ohne Übergangskurven für Eisenbahnen, Straßen und Kanäle, 28. Auflage, Berlin 1913.

hierdurch ein wesentlich ruhigeres Befahren eintritt. Die Überhöhung wird, wenn die gleichlaufenden Bögen gleiche Überhöhung aufweisen, in dem dritten flachen Zwischenbogen ganz durchgeführt; sonst muß der mittlere flache Kreisbogen mindestens so lang sein, daß darin die Überhöhung des flachen äußeren Bogens in den schärferen sich überführen läßt. Läßt sich bei Haupt- und Nebenbahnen zwischen zwei in gleichem Sinne gekrümmten Bogen die Einschaltung einer Geraden nicht umgehen, so ist die Überhöhung auch in ihr durchzuführen, wenn zwischen den Überhöhungsrampen nicht mindestens 30 m ohne Überhöhung bleiben würden (TV. § 7^a).

Ähnlich ist das Verdrücken der Gleisbögen zur Aufnahme von Weichenverbindungen durch Verwendung von Weichen mit gekrümmtem Stammgleis zu vermeiden.

Gegenkrümmungen. Folgen zwei Bögen entgegengesetzter Krümmung einander, so muß zwischen ihnen zunächst mindestens so viel Länge vorhanden sein, daß man die Übergangsbögen anbringen kann. Da die Übergangsbögen zur Hälfte in die Gerade, zur Hälfte in die Bogen fallen, wäre also, wenn l_1 und l_2 die Längen der Übergangsbögen sind, mindestens eine

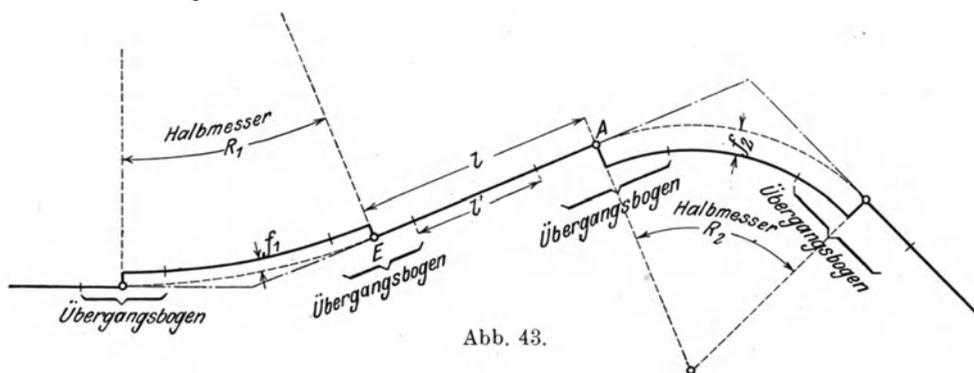


Abb. 43.

gerade Länge von $\frac{l_1 + l_2}{2}$ erforderlich. Ein bei solcher Ausführung unvermitteltes Aufeinanderfolgen von Übergangsbögen, die nach entgegengesetzten Richtungen ansteigen, würde aber einen unruhigen Lauf der Wagen zur Folge haben. Um einen sanften und stetigen Übergang zu erreichen, ordnet man daher zwischen den Endpunkten der Überhöhungsrampen noch eine gerade Strecke an, deren Länge von der Fahrgeschwindigkeit und dem Radstande der Fahrzeuge abhängig ist. Nach den TV. § 29³ und der BO. § 7⁴ muß diese Gerade für durchgehende Hauptgleise der Hauptbahnen mindestens 30 m, bei Nebenbahnen ebenso wie bei Lokalbahnen (nach Grz. § 22⁴) mindestens 10 m lang sein. Dadurch ergeben sich zwischen den theoretischen Bogenanfängen (A—E in Abb. 43) unter Zugrundelegung der Tafeln 1 und 2 auf S. 218 für Hauptbahnen Zwischengerade von 70 bis 110 m und für Nebenbahnen von 30 bis 50 m.

Die bei den preußischen Bahnen gültige Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen Ausgabe 1905 und Entwurf von 1910 enthält ferner folgende Bestimmungen: Gegenkrümmungen der durchgehenden Hauptgleise, die von durchfahrenden Schnellzügen benutzt werden, sollen möglichst Halbmesser von mindestens 1000 m erhalten. Halbmesser unter 500 m sind hierbei unzulässig. Bei Gegenkrümmungen der durchgehenden Hauptgleise ist zwischen dem Ausaufe der Überhöhungsrampen eine Gerade von mindestens 30 m vorzusehen und wenn Schnellzüge mit unverminderter Geschwindigkeit durchfahren, womöglich eine Gerade von 50 m; dieses Maß kann bei den übrigen Hauptgleisen und auf Nebenbahnen bis auf 10 m ermäßigt werden. Sind Gegenkrümmungen in einem Verbindungs- oder sonstigen Nebengleise nicht zu vermeiden, so soll zwischen ihnen eine mindestens 6 m lange Gerade liegen.

Bei den von Schnellzügen befahrenen Gegenkrümmungen wird jetzt besonderer Wert auf eine recht schlanke Führung gelegt. In Gegenkrümmungen muß der Halbmesser um so größer sein, je kleiner der Ablenkungswinkel ist¹⁾. Die Zwischengerade zwischen Gegenkrümmungen wird man, wie auch schon die vorstehende Bestimmung angibt, für Schnellzüge größer zu wählen haben als das vorgeschriebene Mindestmaß von 30 m, und zwar so groß, daß die Wagen vor der Einfahrt in die zweite Krümmung mit Sicherheit einen ruhigen Lauf angenommen haben und nicht ins Schwanken geraten. Beachtet man, daß durch das starke Anziehen der Kuppelungen sich die Seitenschwankungen von einem Wagen auf den anderen übertragen, so wird eine Länge der Zwischengeraden gleich der Zuglänge erwünscht sein; ist eine Schnellfahrt ausgeschlossen, so genügen etwa 50 m. Dort, wo nur mit geringen Geschwindigkeiten (< 30 km/Std.) gefahren werden darf, kann wohl auf die Anlage der Übergangsbogen verzichtet werden, weil hier ein besonders unruhiger Lauf der Wagen nicht zu befürchten ist.

Aus vorstehenden Gründen sind daher auch die vorerwähnten Bestimmungen bei den preußischen Bahnen verschärft worden. Hier sollen auf den Hauptbahnen kurze Gegenkrümmungen Halbmesser von tunlichst nicht unter 2000 m und möglichst lange Zwischengeraden erhalten; für Schnellzugstrecken sollen, soweit irgend erreichbar, sogar Halbmesser von 3000 m und Zwischengeraden von 50 m angewendet werden²⁾; auch sollen, um die Richtungsverhältnisse der durchgehenden Hauptgleise nicht zu verschlechtern, Auseinanderziehungen von Hauptgleisen, etwa zur Anlage von innen liegenden Überholungsgleisen, möglichst ganz vermieden werden³⁾. Nach den bayrischen Vorschriften sind bei allen Neuanlagen und Umbauten die Verzierungen der durchgehenden Hauptgleise tunlichst flach mit 100 m langen Zwischengeraden und mit anschließenden Krümmungen von 3000 m — nur ausnahmsweise von 1500 m — Halbmesser zu versehen.

Beispiel: Eine Gegenkrümmung weist zwei Bögen von 600 und 2000 m auf. Welche zwischen den theoretischen Bogenanfangspunkten gelegene Zwischengerade muß mindestens vorhanden sein, wenn die Gegenkrümmung von Zügen mit 70 km Geschwindigkeit befahren werden soll? Die Neigung der Überhöhungsrampe soll mit 1 : 600 ausgeführt werden.

Aus der Tafel S. 212 ergibt sich für den Halbmesser von $R_1 = 600$ m bei $V = 70$ km/Std Fahrgeschwindigkeit eine Überhöhung von $h_1 = 60$ mm und demnach eine Länge des Übergangsbogens $l_1 = 600 \times 60 \text{ mm} = 36$ m.

Für den Halbmesser von $R_2 = 2000$ m ergibt sich eine Überhöhung von $h_2 = 20$ mm und eine Länge des Übergangsbogens $l_2 = 600 \times 20 \text{ mm} = 12$ m. Da zwischen den Anfängen der Überhöhungsrampe eine Gerade von mindestens 30 m vorhanden sein soll, so wird zwischen den Bogenanfangspunkten erforderlich eine Gerade von

$$AE = l = \frac{l_1}{2} + 30 + \frac{l_2}{2} = 54 \text{ m.}$$

Führt man die Übergangsbögen und Überhöhungsrampen nach der Tafel 1 auf S. 218 aus, so wird $l = \frac{60}{2} + 30 + \frac{40}{2} = 80$ m.

6. Umgrenzung des lichten Raumes.

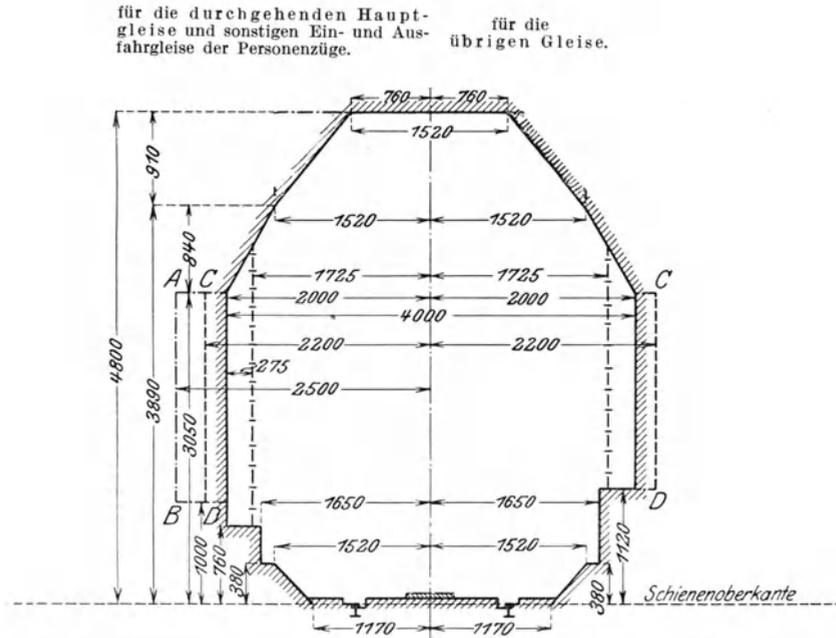
Eine einheitliche Spurweite genügt noch nicht zur ungefährdeten Überleitung der Fahrzeuge von einer auf eine andere Linie. Hierzu ist vielmehr zu beiden Seiten der Gleisachse noch ein bestimmter Raum, die „Umgrenzung des lichten Raumes“, offenzuhalten. Nach dieser bestimmen sich die Abstände, bis zu der feste Gegenstände, wie z. B. Bauwerke, an das Gleis heranrücken dürfen, auch werden danach die Lichtweiten der Bahnunterführungen und Tunnel, sowie die Gleisentfernung festgesetzt.

¹⁾ vgl. Schwarz, Gegenkrümmungen in Eisenbahngleisen, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1914, S. 104.

²⁾ Erlaß d. preuß. Ministers d. öffentl. Arb. ID, 18417 vom 8. Nov. 1910.

³⁾ Erlaß d. preuß. Ministers d. öffentl. Arb. ID, 15162 vom 28. Aug. 1910.

An den durchgehenden Hauptgleisen und den sonstigen Ein- und Ausfahr Gleisen von Personenzügen ist bei Haupt- und Nebenbahnen innerhalb des Bereiches des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen ein lichter Raum mindestens nach der in Abb. 44 links, an allen übrigen (insbesondere den Bahnhofsneben Gleisen) nach der in der Abbildung rechts mit ausgezogenen



Seitlicher Spielraum für Neubauten: *AB* für die freie Strecke mit Ausnahme der Kunstbauten. *CD* für die Stationen und die Kunstbauten der freien Strecke.

Unterer Teil der Umgrenzung des lichten Raumes.



- $a = \begin{cases} 135 \text{ mm für unbewegliche, mit der Fahrachene fest verbundene Gegenstände,} \\ 150 \text{ mm für alle übrigen unbeweglichen Gegenstände,} \end{cases}$
- $b = \begin{cases} 41 \text{ mm bei den Zwangschienen der Weichen und Kreuzungen,} \\ 45 \text{ mm bei anderen Zwangschienen mit Genehmigung der Landesaufsichtsbehörde,} \\ 67 \text{ mm für alle übrigen unbeweglichen Gegenstände.} \end{cases}$

--- Zulässige Umgrenzung des lichten Raumes für vollspurige Lokalbahnen, beginnend in 760 mm oder 1120 mm Höhe über Schienenoberkante.

Abb. 44. Umgrenzung des lichten Raumes der vollspurigen Haupt- und Nebenbahnen.

Linien und Schraffur gekennzeichneten Umgrenzung offenzuhalten. In Krümmungen ist auf die Spurerweiterung und die Gleisüberhöhung Rücksicht zu nehmen (BO. § 11 und TV. §§ 30 und 34). Hierbei vergrößern sich die angegebenen Maße in einer Krümmung nach der Innenseite des Bogens um die Spurerweiterung, und das Lichtraumprofil stellt sich der Überhöhung der äußeren Schiene entsprechend schräg, wodurch sich nicht nur die freizuhalten Höhe, sondern auch die Breite vergrößert.

Um den Lokomotivführern und Heizern, wenn sie sich aus dem Führerstand hinausbeugen, und den am Zuge entlang gehenden Zugbegleitbeamten Schutz zu gewähren, ist bei den Neubauten der Hauptbahnen und den für die Beförderung von Militärzügen bestimmten Nebenbahnen Deutschlands außerhalb der Umgrenzung des lichten Raumes nach BO. § 11 von festen Gegenständen, wie Widerlagern, Stützmauern, Wasserkränen u. ähnl. noch ein seitlicher Spielraum freizuhalten. Dieser ist vorzusehen an den durchgehenden Hauptgleisen und den sonstigen Ein- und Ausfahrtsgleisen von Personenzügen in einer Höhe von 1,0 bis 3,05 m, an allen übrigen Gleisen in einer Höhe von 1,12 bis 3,05 m über SO. (vgl. die Linien *AB* und *CD* in Abb. 44). Die Breite des Spielraumes beträgt:

auf der freien Strecke: bei Kunstbauten mindestens 0,2, im übrigen mindestens 0,5 m,
innerhalb der Stationen: mindestens 0,2 m.

Die TV. empfehlen in den §§ 30 und 34 das Freihalten dieser Spielräume.

Die für den unteren Teil der Umgrenzung des lichten Raumes freizuhaltenden Maße sind in dem unteren Teil der Abb. 44 angegeben. Bei den hier für *b* angegebenen Maßen ist in gekrümmten Gleisen, soweit erforderlich, auf die Spurerweiterung Rücksicht zu nehmen. Die Tiefe von 38 mm des freien Raumes neben der Schieneninnenkante muß selbst bei stärkster Abnutzung der Schienen voll vorhanden sein. Für Zahnbahnen wird die Umgrenzung zwischen den Schienen nach der in Abb. 44 unten strich-punktiert gezeichneten Linie eingeschränkt.

An Wegübergängen in Schienenhöhe müssen nach § 19¹ der TV. die Schranken bei jeder Stellung noch mindestens 0,50 m von der Umgrenzung des lichten Raumes abstehen.

Für zweigleisige Tunnel soll außerhalb der Umgrenzung des lichten Raumes überall noch ein Spielraum von mindestens 0,30 m, in eingleisigen Tunnels ein solcher von mindestens 0,40 m vorhanden sein (TV. § 16¹). Der Grund hierfür liegt nicht nur in der Möglichkeit eines ungefährteten Begehens des Tunnels, sondern auch in der Vermeidung zu schlechter Luft, wie sie besonders bei langen eingleisigen Tunnels leicht eintritt. In diesem für die Tunnel besonders vorgesehenen Spielraum dürfen die Stromleitungen der elektrisch betriebenen Bahnen untergebracht werden (TV. § 16). Auch hier muß die geänderte Lage der Umgrenzung des lichten Raumes durch Spurerweiterung und Überhöhung berücksichtigt werden.

Für Ladegleise der Stationen ist die zeitweise Einschränkung des lichten Raumes durch bewegliche Ladeklappen zulässig (TV. § 34).

Alle festen Gegenstände auf den Bahnsteigen, wie Säulen u. dgl. sollen bis zu einer Höhe von 3050 mm über Schienenoberkante mindestens 3000 mm im Lichten von der Mitte des Gleises abstehen, für das der Bahnsteig benutzt wird (TV. § 46³ und BO. § 13 Abs. 2).

In Lokomotivschuppen sollen nach TV. § 60⁷ Holzteile des Daches oberhalb des Standortes der Lokomotivschornsteine mindestens 5800 mm über Schienenoberkante liegen. Die Toröffnungen der Lokomotiv- und Wagenschuppen sollen mindestens 3350 mm Lichtweite und 4800 mm lichte Höhe über Schienenoberkante haben. Bei Neubauten wird eine Lichtweite von 4000 mm empfohlen (TV. §§ 60⁹ und 61⁴). Für die deutsche Reichsbahn soll nach BO. § 11 Abs. 7 bei Neubauten die Lichtweite der Toröffnungen in den Lokomotiv- und Wagenschuppen mindestens 3,8 m betragen.

Ausnahmen von den Bestimmungen der Umgrenzung des lichten Raumes kann das Reichsverkehrsministerium und für Ladegleise, die nicht von durchgehenden Zügen befahren werden, auch die Aufsichtsbehörde (Reichsbahndirektion) zulassen (BO. § 11).

Für die Reichsbahn ist auf denjenigen Strecken, für die eine elektrische Zuförderung vorgesehen oder beabsichtigt ist, noch eine Erweiterung des Lichtraumprofils festgesetzt, und zwar kommen 4 verschiedene Lichtraumumgrenzungen in Betracht:¹⁾

¹⁾ vgl. Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens 1923 S. 95 und Tafel 21 (Heft 5).

1. für leichte Bauwerke,
2. für schwere Bauwerke,
3. für bestehende Überbauten und Tunnel, deren Abänderung nur mit ganz erheblichen Kosten möglich ist,
4. für neue Tunnel.

Bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn werden alle festen Gegenstände, deren Abstand von der Gleismitte weniger als 2,20 m beträgt, durch einen Anstrich mit weißer Farbe kenntlich gemacht. Für Profileinschränkungen, die sich auf größere Längen erstrecken, kann der Anstrich auf den Anfang und auf geeignete Zwischenstellen, soweit dies für die klare Kennzeichnung erforderlich ist, beschränkt werden.

Nach der bei den preußischen Bahnen gültigen Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen (Entwurf 1910) sind Einfahrtsignale tunlichst 2,5 m von der Gleismitte entfernt aufzustellen.

Für vollspurige Lokalbahnen, auf die Wagen der Hauptbahnen übergehen, soll die für Haupt- und Nebenbahnen vorgeschriebene Umgrenzung

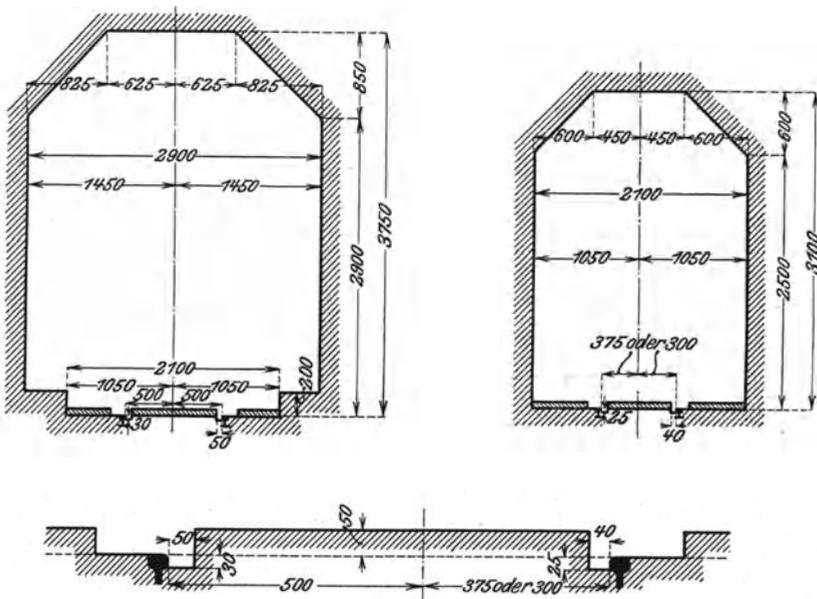


Abb. 45. Umgrenzungen des lichten Raumes für schmalspurige Lokalbahnen.

des lichten Raumes eingehalten werden, jedoch ist eine Breitereinschränkung von 4000 mm auf 3450 mm bis zu der in Abb. 44 bezeichneten Linie $\frac{1}{1}$ zulässig, die vom Querschnittsmaß der Hauptbahnwagen noch 150 mm absteht. Gehen Wagen der Hauptbahn auf die Lokalbahn nicht über, so ist die Umgrenzung des lichten Raumes nach den Fahrzeugen der Lokalbahn zu bemessen (Grz. § 23).

Für schmalspurige Lokalbahnen gelten die in Abb. 45 dargestellten Umgrenzungen des lichten Raumes. Die Durchführung der für die Spurweite von 1 m (Abb. 45, links) angegebenen Umgrenzung des lichten Raumes wird auch für die Spurweite von 0,75 m als erwünscht bezeichnet (Grz. §§ 23 und 27). Auch hier ist in Bahnkrümmungen der Spurerweiterung und Gleisüberhöhung durch angemessene Erweiterung der Umgrenzung Rechnung zu tragen. Für Schmalspurbahnen, auf denen Wagen der Hauptbahnen mittels besonderer Fahrzeuge (Rollschemel, Rollböcke usw.) befördert werden sollen, ist die in Abb. 44 dargestellte Umgrenzung des Lichtraumprofils für Hauptbahnen von der Unterkante der Radlaufkreise des auf dem Roll-

schemel stehenden Hauptbahnwagens ab einzuhalten (Grz. § 23). Für vollspurige Lokalbahnen mit Zahnradbetrieb ist es zulässig, für die Zahnstange den lichten Raum über SO. bis zu 100 mm Höhe und 500 mm Breite einzuschränken.

Die Schranken an Wegübergängen in Schienenhöhe sollen auch bei den Lokalbahnen bei jeder Stellung mindestens 0,50 m von der Umgrenzung des lichten Raumes abstehen (Grz. § 15²).

In Tunneln soll bei Lokalbahnen außerhalb der Umgrenzung des lichten Raumes überall ein Spielraum von mindestens 200 mm vorhanden sein.

Für Preußen sind in den Bau- und Betriebsvorschriften für nebenbahnähnliche Kleinbahnen mit Maschinenbetrieb vom 15. Januar 1914 im § 7 besondere Bestimmungen gegeben. Hiernach entspricht das Lichtraumprofil der vollspurigen Bahnen dem für Haupt- und Nebenbahnen vorgeschriebenen (Abb. 44), jedoch werden die bei dieser Umgrenzung vorgesehenen seitlichen Spielräume von 200 und 500 mm, bei Kleinbahnen weder verlangt noch empfohlen. Für Schmalspurbahnen, auf die Fahrzeuge der vollspurigen Bahnen nicht übergehen, ist nach § 7, Abs. 2a dieser Vorschriften die Umgrenzung des lichten Raumes nach den zu verwendenden Fahrzeugen von der eisenbahntechnischen Aufsichtsbehörde festzusetzen, wobei die in Abb. 45 angegebenen Maße als Mindestmaße gelten.

In England zeigt die Umgrenzung des lichten Raumes bei den einzelnen Bahnverwaltungen eine große Verschiedenartigkeit. Vielfach ist die Breite etwa wie in Deutschland rd. 4,0 m, die Höhe dagegen nur 4,12 bis 4,34 m.

7. Gleisabstände auf der freien Strecke.

Der Achsabstand nebeneinander liegender Gleise ist auf der freien Strecke von der Umgrenzung der Fahrzeuge und z. T. von der Umgrenzung des lichten Raumes abhängig. Die nach außen aufschlagenden Türen der Personenwagen bleiben bei Mittelstellung im geraden Gleise noch innerhalb der festgesetzten Umgrenzung des lichten Raumes. Wählt man daher den Abstand zweier nebeneinander liegenden Gleise von Mitte zu Mitte zu 4 m, so berühren sich die Wagen auch bei Offenstehen der Türen nicht. So zweckmäßig nun auch wohl die volle Freihaltung der Umgrenzung des lichten Raumes auf der freien Strecke ist, so hält man es mit Rücksicht auf die bedeutende Kostenersparnis hier doch für zulässig, bei ausreichender Wahrung der Umgrenzung der Fahrzeuge, die nur 3,15 m breit sein dürfen, die Umgrenzungslinien des lichten Raumes zweier Gleise sich soweit überdecken zu lassen, daß nur bei Offenstehen der Türen eines der beiden sich begegnenden Züge eine Berührung noch vermieden wird, während bei Offenstehen der Türen in beiden sich begegnenden Zügen die Türen gegeneinander schlagen würden.

Die TV. (§ 31) und BO. (§ 12) verlangen demgemäß für Haupt- und Nebenbahnen einen Abstand der Doppelgleise von mindestens 3,5 m, während die TV. (§ 31) daneben bei Neubauten noch den die volle Umgrenzung des lichten Raumes frei haltenden Abstand von mindestens 4 m empfehlen.

Bei den preußischen Bahnen begnügt man sich bei zweigleisigen Strecken mit einem Abstände der Gleisachsen von 3,5 m, während andere deutsche Bahnen, z. B. die sächsischen Staatsbahnen, doppelgleisige Strecken mit 4 m Gleisentfernung ausführen.

Der Abstand zwischen Gleispaaren oder einem Gleispaar und einem dritten Gleise soll nach BO. § 12 und TV. § 31 mindestens 4 m zwischen den Gleismitten betragen (vgl. Abb. 46 und 47). Die Untersuchungen über den zweckmäßigsten Abstand benachbarter Gleise haben jedoch zu dem Ergebnis geführt, daß der in § 12 (1) der BO. vorgeschriebene Gleisabstand von mindestens 4 m auf freier Strecke zwischen Gleispaaren oder zwischen einem Gleispaar und einem dritten Gleise nicht ausreicht, um die Sicherheit des Bahnpersonals bei Arbeiten an den inneren Gleisen und eine genügende

Lagerung von Baustoffen zu gewährleisten, und daß die sich hieraus ergebenden größeren Arbeitspausen und längeren Beförderungswege zur Verteuerung der Unterhaltung führen. Es empfiehlt sich daher, diesen Gleisabstand überall da zu vergrößern, wo dies ohne unverhältnismäßig hohe Mehrkosten erreichbar ist. Als geeignet wird nach einem Erlaß des preußischen Ministeriums d. öff. Arb. v. 2. Mai 1918 das Maß von 4,75 m empfohlen¹⁾. Nach einer Mitteilung des ehemaligen Reichseisenbahnamts können indes auch bei diesem Maß Signale nicht zwischen den Gleisen aufgestellt werden; es ist hierzu vielmehr eine Entfernung von $2 \times 2,50 +$ Breite des Signalmastes, also von mindestens 5,26 m einzuhalten, und es kann bei geringerem Abstände im allgemeinen nur die Verwendung von Signalbrücken in Betracht kommen, weil ein Ausschwenken der Gleise zur Verschlechterung der Gleislage führt und vermieden werden muß. Es wird sodann zweckmäßig sein, die Bettung in dem Zwischenraum zwischen den Gleispaaren nicht durchzuführen, sondern eine Aussparung als Fußweg zwischen den Gleispaaren in Planumhöhe vorzusehen.

Was die Entfernung der Einzelgleise bei mehrgleisigen Bahnen anbelangt, so ist es empfehlenswert, die Gleisabstände bei neuen Bahnen so zu bemessen, daß für jedes Gleis rechts von der Fahrrichtung ein Gleisabstand von mindestens 4 m vorgesehen wird (vgl. Abb. 46 und 47). Daher würden

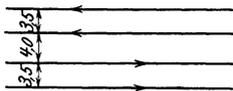


Abb. 46.

auch zwei eingleisige, auf längeren Strecken nebeneinander herlaufende Bahnlinien in mindestens 4 m Abstand voneinander zu legen sein. Dadurch wird erreicht, daß die Signale 5 und 6b der Signalordnung gut sichtbar rechts



Abb. 47.

neben dem Gleis aufgestellt werden können. Der Abstand von zwei zusammengehörenden Gleisen einer zweigleisigen Strecke, der nach § 12 der BO. mindestens 3,5 m betragen muß, wird von der vorhergehenden Bestimmung nicht berührt.

Ähnlich sind die Gleisabstände auf der freien Strecke in anderen Ländern. In Österreich erhalten die Streckengleise im allgemeinen einen Abstand von 4 m, in Frankreich neuerdings von 3,5 m. In England pflegt bei zweigleisigen Bahnen der Achsabstand mindestens 3,4 m zu betragen; weiter hinzutretende Gleise sind mindestens 4,62 m davon entfernt anzuordnen. Nebengleise sollen von benachbarten Hauptgleisen 4,01 m entfernt sein. In den Vereinigten Staaten von Amerika sind die Gleisabstände auf der freien Strecke sehr verschieden und schwanken bei den verschiedenen Bahngesellschaften zwischen 3,66 und 4,27 m.

Bei voll- und schmalspurigen Lokalbahnen, auf die Wagen der Hauptbahn übergehen, sollen die Gleise nach Grz. § 24 ebenfalls einen Abstand von mindestens 3,5 m von Mitte zu Mitte erhalten. Bei schmalspurigen Lokalbahnen dagegen, auf die Wagen der Hauptbahnen nicht übergehen, soll der Gleisabstand so groß sein, daß der lichte Raum über jedem Gleise nach der festgesetzten Umgrenzung frei bleibt. Ferner wird empfohlen, den Abstand so zu bemessen, daß zwischen den breitesten Fahrzeugen oder Ladungen ein freier Raum von mindestens 0,5 m Breite frei bleibt (Grz. § 24²⁾.

Bei Brücken, Aufstellung von Signalen zwischen den Gleisen u. dgl. muß der Gleisabstand vergrößert werden.

Über die Gleisabstände auf den Stationen s. S. 233.

¹⁾ vgl. auch Schlesinger, Organ f. Fortschritt 1918, Heft 21/22. — Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1918, S. 392.

8. Ruhender Raddruck; Tragfähigkeit des Oberbaues und der Brücken.

a) Ruhender Raddruck.

Der ruhende Raddruck von Fahrzeugen der Haupt- und Nebenbahnen, deren Übergang auf andere Bahnen nicht ausgeschlossen ist, darf nach T. V. § 64 bei Ausnutzung der festgesetzten Tragfähigkeit im Stillstande gemessen in der Regel 7 t nicht übersteigen. Dabei soll das auf 1 m Wagenlänge einschl. der Puffer entfallende Gesamtgewicht (Eigengewicht und Ladegewicht) in der Regel nicht über 3,1 t betragen.

Bei Hauptbahnen ist für gewisse Lokomotiven und Wagen, die ausschließlich in Zügen mit höchstens 50 km/Std. Fahrgeschwindigkeit eingestellt werden, ein Raddruck von 7,5 t zulässig (TV. § 64²). Auf der eigenen Bahn kann bei Hauptbahnen der Raddruck unter Berücksichtigung der Radfolge in den Grenzen der Tragfähigkeit des Oberbaues und der Brücken (vgl. unter b und c) gesteigert werden (TV. § 64³). Ähnliches bestimmt die BO. in § 19 für Haupt- und Nebenbahnen:

Der Raddruck stillstehender Fahrzeuge darf bei der größten Belastung im allgemeinen nicht mehr als 7 t betragen. Auf Strecken, wo der Oberbau und die Brücken eine genügende Tragfähigkeit haben, darf der Raddruck stillstehender Fahrzeuge 8 t erreichen.

Bei vollspurigen Lokalbahnen, auf denen die Tragfähigkeit des Oberbaues für den Übergang der gewöhnlich vorkommenden Güterwagen der Hauptbahnen bemessen ist, kann (nach Grz. § 41) ein Raddruck bis zu 6 t, im Stillstande gemessen, angewendet werden. Für vollspurige Lokalbahnen ohne Übergang von Güterwagen der Hauptbahn und für Schmalspurbahnen werden die nachstehenden größten Raddrücke, im Stillstande gemessen, empfohlen:

Spurweite .	1435 mm	1000 mm	750 mm	600 mm
Raddruck .	5 t	4,5 t	4 t	3,5 t

Bei Berechnung des Oberbaues und der Brücken begnügt man sich nicht damit, die vorstehend angegebenen ruhenden Raddrucke anzunehmen, sondern rechnet mit Rücksicht auf eine spätere Erhöhung der Raddrucke zum Teil mit größeren Lasten.

b) Tragfähigkeit des Oberbaues.

Bei Hauptbahnen müssen die Schienen der von Lokomotiven befahrenen Gleise Fahrzeuge von 7,5 t Raddruck, im Stillstande gemessen, auch bei der größten Geschwindigkeit (es ist also auch die Fliehkraft — in der Regel mit 15 v. H. des Raddruckes — in Rechnung zu stellen) mit Sicherheit aufnehmen können (TV. § 6). Beim Baue neuer Bahnen und zweiter Gleise, sowie bei Einführung neuer Oberbauanordnungen auf bestehenden Bahnen müssen die Schienen mindestens eine Tragfähigkeit für Fahrzeuge von 8 t Raddruck, im Stillstande gemessen, auch bei der größten Fahrgeschwindigkeit besitzen (TV. § 6).

Die BO. geht in § 16 noch etwas weiter und bestimmt, daß die Gleise der Hauptbahnen Fahrzeuge von 7,5 t Raddruck, im Stillstande gemessen, mit Sicherheit tragen müssen. Beim Neubau, wie bei der in zusammenhängenden Strecken erfolgenden Erneuerung muß der Oberbau der Hauptbahnen eine Tragfähigkeit erhalten:

- a) im allgemeinen für mindestens 8 t,
- b) auf besonders stark beanspruchten Strecken für mindestens 9 t Raddruck,

im Stillstand gemessen.

Bei Nebenbahnen sollen nach TV. § 6 die Schienen der von Lokomotiven befahrenen Gleise Fahrzeuge von 7 t Raddruck, im Stillstande gemessen, auch bei der größten Fahrgeschwindigkeit mit Sicherheit aufnehmen können, während nach der BO. § 16 die Landesaufsichtsbehörde im Einvernehmen mit dem Reichsverkehrsministerium zu bestimmen hat, inwieweit aus Rücksichten der Landesverteidigung die Gleise eine Tragfähigkeit für 7,5 t Raddruck mit Sicherheit besitzen sollen.

Bei Lokalbahnen sollen die Schienen vollspuriger Gleise, auf welche Hauptbahnwagen mit dem gewöhnlichen Raddruck übergehen, Fahrzeuge von mindestens 5 t (wenn tunlich 6 t) Raddruck, im Stillstande gemessen, tragen können. Sollen aber alle gewöhnlich vorkommenden Gattungen von Hauptbahn-Güterwagen übergehen, so soll die Tragfähigkeit bei einer Fahrgeschwindigkeit von 40 km/Std. mindestens 6 t (wenn tunlich 7 t) betragen. Auf schmalspurigen Bahnen, auf welche Hauptbahnwagen mittels Rollschemel übergehen, sollen die Fahrzeuge einen Raddruck von 3,5 t, im Stillstande gemessen, bei einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/Std. mit Sicherheit besitzen können. Bei Bahnen, auf welche Hauptbahnwagen nicht übergehen, soll die Tragfähigkeit der Schienen dem vorkommenden größten Raddrucke bei der größten Fahrgeschwindigkeit entsprechen (Grz. § 5).

e) Tragfähigkeit der Brücken.

Bei Hauptbahnen müssen nach T. V. § 15 neue oder umzubauende Brücken, die mit Dampflokomotiven befahren werden sollen, mindestens für die in Abb. 48 dargestellte Verkehrslast berechnet werden. Demgegenüber schreibt die BO. im § 16 für die Deutsche Reichsbahn zur Bemessung der Tragfähigkeit neuer und zu erneuernder Brücken die wesentlich stärkeren, in Abb. 49 dargestellten Lastenzüge vor.

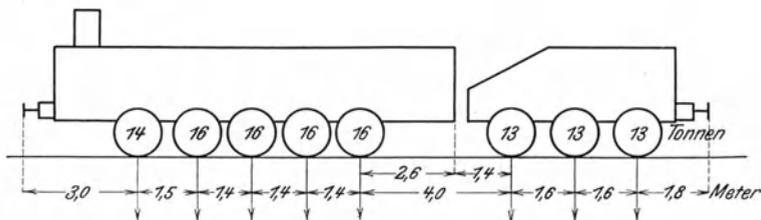


Abb. 48.

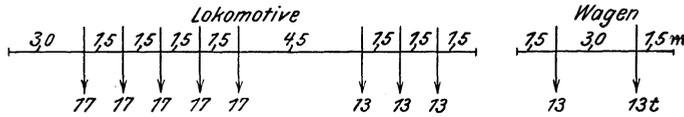
Mit Rücksicht auf das stetige Anwachsen des Verkehrs, der zu einer stärkeren Belastung der Züge führt, haben sich die preußischen Bahnen, um ein etwaiges Bedürfnis zur Verstärkung und Erneuerung von Bauwerken für absehbare Zeit möglichst auszuschließen, veranlaßt gesehen, noch einen schwereren Lastzug für die neu zu erbauenden Brücken derjenigen Strecken vorzuschreiben, für die auch die neuen schweren Schienen (Form 15) angewendet werden. Dieser neue schwere Rechnungslastzug entspricht in der allgemeinen Anordnung dem in Abb. 49 dargestellten, nur sind die Achsdrucke der Lokomotiven von 17 t auf 20 t, alle übrigen Achsgewichte von 13 auf 15 t erhöht.

Für Nebenbahnen sind in den TV. keine besonderen Vorschriften über die Tragfähigkeit der Brücken gegeben, während nach der BO. die Landesaufsichtsbehörde im Einvernehmen mit dem Reichseisenbahnamt (jetzt

der Reichsverkehrsminister) bestimmen soll, inwieweit die für die Hauptbahnen getroffenen Vorschriften aus Rücksichten der Landesverteidigung auch für die Nebenbahnen anzuwenden sind.

Für Lokalbahnen sind besondere Bestimmungen nicht festgesetzt.

Ein Zug mit zwei Lokomotiven in ungünstigster Stellung und einer unbeschränkten Anzahl einseitig angehängter Wagen von den nachstehend angegebenen Achsbelastungen und Radständen.



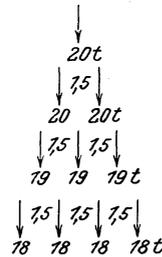
oder aber:

eine Achse von 20 t, oder

zwei Achsen von je 20 t, oder

drei Achsen von je 19 t, oder

vier Achsen von je 18 t,



wenn durch diese Belastungen die Brücken oder Brückenteile stärker beansprucht werden, als durch die oben angegebene Lokomotive.

Abb. 49. Verkehrslast für neue und zu erneuernde Brücken.

9. Breite des Bahnkörpers.

Der Bahnkörper besteht aus dem Ober- und Unterbau. Der Oberbau ist der aus Schienen, Schwellen und Bettung bestehende, oberhalb des Planums gelegene Teil; unter dem Planum (= Unterbaukrone) versteht man (s. Abb. 50) die Fläche 1, 2, 3 des einseitig oder beiderseitig abgebochten

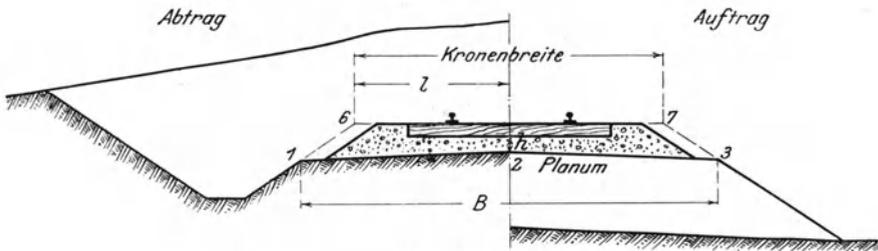


Abb. 50.

Erdkörpers¹⁾. Den unterhalb des Planums gelegenen, meist aus Auf- und Abtrag herzustellenden Erdkörper bezeichnet man vorwiegend als Unterbau. Die Länge der durch die Schienenunterkante gelegten, mit den beiderseitigen Böschungslinien zum Schnitt gebrachten Graden 6 bis 7 wird Kronenbreite genannt. Das Maß *h* von Schwellenunterkante bis Oberkante Planum nennt man die Bettungshöhe.

¹⁾ In den preußischen Vorschriften für die Herstellung, Erhaltung und Erneuerung des Oberbaues (Ausgabe 1909) ist für Planum die nicht ganz klare Bezeichnung „Bahnkrone“ eingeführt.

Für Hauptbahnen soll der Abstand l vom Rande der Kronenbreite bis Mitte des nächstliegenden Gleises, um dem Oberbau eine sichere Unterlage zu gewähren, mindestens 2 m (BO. § 8, TV. § 32), für Nebenbahnen mindestens 1,75 m (TV. § 32) betragen. Für vollspurige Lokalbahnen soll dieses Maß mindestens 1,5 m, für Schmalspurbahnen mindestens gleich dem Maß der Spurweite sein (Grz. § 25). Bei Haupt- und Nebenbahnen ist auf hohen Dämmen und auf der äußeren Seite scharfer Krümmungen das Maß zu vergrößern, was auch für Lokalbahnen empfohlen wird.

Die Breite B des Planums hängt nicht nur von der Kronenbreite, sondern auch von der Art der Schwellen (ob hölzerne oder eiserne) und von der Bettungshöhe h ab, die je nach den örtlichen Verhältnissen und der Art der Böschung bei Hauptbahnen auf 0,20 bis 0,30 m, bei Nebenbahnen mindestens auf 0,15 bis 0,20 m zu bemessen ist (TV. § 3) und bei vollspurigen Lokalbahnen auf eigenem Bahnkörper $\geq 0,13$ m, bei schmalspurigen $\geq 0,10$ m sein soll. Jedoch wird für Lokalbahnen eine größere Bettungshöhe empfohlen. Bei Zahnstrecken soll eine Bettungshöhe von mindestens 0,20 m vorhanden sein.

Die Planumsbreite B beträgt demnach bei

zweigleisigen Hauptbahnen	8,6 bis 9,5 m,
eingleisigen „	5,1 „ 5,6 „,
vollspurigen Nebenbahnen	4,4 „ 5,10 „,
„ Lokalbahnen	3,8 „ 4,6 „,
Schmalspurbahnen von 1,00 m Spur	2,65 „ 3,80 „,
„ „ 0,75 „ „	2,1 „ 3,3 „,
„ „ 0,60 „ „	1,8 „ 2,9 „.

Die verschiedenen Bahnverwaltungen haben für die einzelnen Bahnarten bestimmte Regelformen für den Bahnkörper und den Bettungsquerschnitt vorgeschrieben. Danach ist z. B. bei den preußischen Bahnen die Planumsbreite B^1)

für neue zweigleisige Hauptbahnen etwa 9,28 m (bei Holzschwellen) und 9,04 m (bei eisernen Schwellen),

für eingleisige Hauptbahnen 5,55 m (bei Holzschwellen) und 5,31 m (bei eisernen Schwellen); doch soll hier die Planumsbreite wenigstens im Grunderwerb von vornherein zweigleisig angelegt werden, und

für Nebenbahnen 5,06 m (bei Holzschwellen) und 4,80 m (bei eisernen Schwellen).

10. Bauliche Anlage der Stationen.

Für die Linienführung ist es zunächst wichtig, die zulässige Länge der Stationen zu kennen. Sie richtet sich in erster Linie nach der Länge der längsten, die anschließenden Strecken befahrenden Züge, die wieder von den Steigungsverhältnissen der Bahn abhängig sind. Der Ermittlung der längsten Gleise sind gegebenenfalls die Leerwagenzüge zugrunde zu legen. Auch muß die nutzbare Gleislänge (vor dem Ausfahrtsignal) nicht nur die Wagen aufnehmen können, sondern auch Raum für die Lokomotive und den Tender bieten. Für die nutzbare Länge der Kreuzungsstationen sind nach BO. (§ 14) für Bahnen, die für die Beförderung von Militärzügen in Betracht kommen, Gleislängen bis zu 550 m (Länge der Militärzüge) vorgeschrieben. Für einen halben Militärzug wird mit einer Länge von 290 m gerechnet. Während in den TV. und den Grz. die Länge der Züge nicht begrenzt ist, diese vielmehr nur nach den Neigungsverhältnissen der Bahnen, den Einrichtungen der Stationen, sowie der Art der Fahrzeuge bemessen werden soll, ist nach der BO. (§ 54) die Länge der Züge durch die Ge-

¹⁾ vgl. Vorschriften für die Herstellung, Unterhaltung und Erneuerung des Oberbaues. Ausgabe 1909.

schwindigkeit begrenzt und darf im höchsten Falle für Güterzüge 60 bis 120 (ausnahmsweise 150) Achsen, für Personenzüge bei Hauptbahnen 44 bis 80 und für Nebenbahnen 26 bis 80 Achsen betragen. Hierbei ist für eine Achse je nach der Bauart der Wagen eine Länge von 4 bis 5 m anzunehmen. Diese größtzulässigen Längen der Züge werden bei Gebirgsbahnen nie erreicht werden; hier werden die nutzbaren Bahnhofsgleislängen 100 bis 300 m im allgemeinen nicht überschritten.

Zu der nutzbaren Länge kommt noch die Länge für die Weichenanlagen und die Gleisverbindungen hinzu.

Schließen an einen Bahnhof beiderseits Neigungen an, so muß die Bahnhofslänge ferner an jedem Ende um die für die Ausrundung erforderliche Tangente verlängert werden, weil die Weichen nicht in dem Ausrundungsbogen liegen, sondern sich erst an die Ausrundungstangente anschließen dürfen. Ebenso ist bei Anschluß eines Bogens an die Weichenstraße des Bahnhofs zu berücksichtigen, daß die Weiche nicht in den Übergangsbögen liegen, sondern erst am Ende des Übergangsbogens, möglichst nach Zwischenschaltung einer etwa 10 m langen Geraden (TV. § 36) beginnen darf.

Die Bahnhöfe sollen möglichst wagerecht angelegt werden. Ist man gezwungen, sie in eine Neigung zu legen, so darf sie nicht die Stärke erreichen, daß sich die Wagen etwa bei Wind von selbst in Bewegung setzen können. Die größte zulässige Neigung ergibt sich also aus dem Laufwiderstand der Wagen, der z. B. nach Frank $w = 2,5 + b \left(\frac{V}{10}\right)^2$ und für $V = 0$. $w = 2,5$ beträgt. Sowohl nach den TV. (§ 36) als auch nach der BO. (§ 7) darf demnach auch für Haupt- und Nebenbahnen das Neigungsverhältnis der Bahnhofgleise, abgesehen von Versubgleisen, denen man, um durch Benutzung der Schwerkraft das Rangieren zu erleichtern, absichtlich ein Gefälle gibt, nicht mehr als 2,5 v. T. (= 1 : 400) betragen. Ausweichgleise dürfen in die stärkere Neigung der freien Strecke eingreifen. Für kleine Stationen sind abgesehen von den Gleisen für zurückzulassende Wagen auch stärkere Steigungen zulässig (TV. § 36). Die Anordnung von Steigungen bis zu 2,5 v. T. im Bahnhof ist besonders dann von Vorteil, wenn das Gelände in der Längsrichtung des Bahnhofes ansteigt.

Für Lokalbahnen wird empfohlen, die Neigung in den Stationen mit Ausnahme der Endweichen nicht stärker als 2,5 v. T. (= 1 : 400) zu wählen, doch werden für kleinere Stationen stärkere Neigungen für zulässig erachtet (Grz. § 28). Durch die Einlegung der wagerechten oder schwachgeneigten Längen auf den Stationen ergeben sich bei Gebirgsbahnen, die eine bestimmte Höhe erreichen müssen, große Längenverluste.

Zur Einschränkung dieser legt man Haltepunkte in stärkere Steigungen; oder man läßt bei ganz schwierigen Verhältnissen wohl auch, um nicht an Streckenlänge zu verlieren, die Hauptgleise in der Größtneigung durchgehen. Dann ordnet man die Station entweder nach Abb. 51 an, wobei ein von a nach b fahrender Zug über a—d, d—c und c—b und ein von b nach a verkehrender Zug über b—c, c—d und d—a geleitet wird, oder man legt die Aufstellgleise nach Abb. 52, die die Station Matsuida an der japanischen Usui-Toge-Bahn darstellt, seitlich stumpf an; die von oben kommenden Züge können bei der Einfahrt unmittelbar am Bahnsteig vorfahren, müssen aber bei der Ausfahrt zurücksetzen, während die von unten kommenden Züge zunächst an der Station vorbeifahren und dann zurückdrücken müssen. Die Station bildet gleichzeitig eine Fangvorrichtung für etwaige durchgegangene Wagen und Züge. Ähnlich ist u. a. auch die Station Algrund an der Vintschgaubahn bei Meran ausgebildet. Bei ganz schwierigen Gelände-Verhältnissen legt man auch wohl die ganze Station in eine starke Neigung, wie z. B. bei Corbezzi¹⁾ (hier mit $s = 25$ v. T.), und ordnet Sicherheits-, Auszieh- und Rücksetzgleise mit Gegensteigungen an, um einem unbeabsichtigten Durchlaufen des Zuges vorzubeugen.

Bei Bahnen von größerer Bedeutung empfiehlt es sich, die vom Bahnhof ausgehende maßgebende Steigung — es sei denn, daß sie besonders

¹⁾ vgl. Zeitschr. f. Bauwesen 1887, S. 418.

schwach ist — nicht unmittelbar an den Bahnhof anzuschließen, sondern nach Abb. 53 zwischen der schwachen Bahnhofs- und starken Streckenneigung eine 200 bis 400 m lange, nur etwa 3 v. T. geneigte Strecke einzuschalten. Hierdurch wird bei der Bergfahrt das Anfahren für starke Züge aus dem Bahnhof erleichtert, das Zerreißen eines Zuges erschwert, und ge-

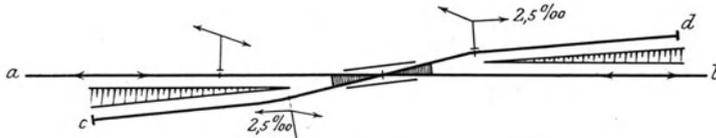


Abb. 51.

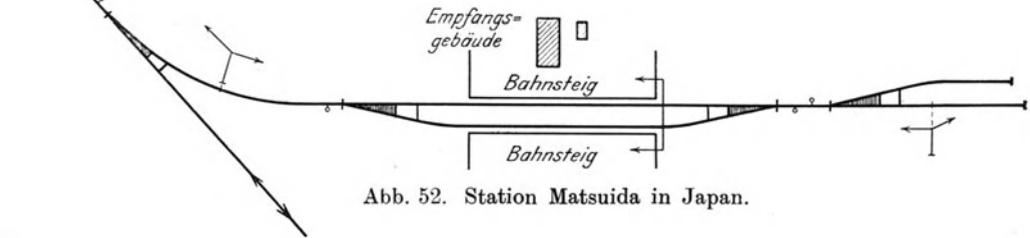


Abb. 52. Station Matsuida in Japan.

gebenenfalls das Nachschieben durch Schiebelokomotiven erübrigt, während in der Fahrt bergab zum Bahnhof hin zu starkes Bremsen vermieden und das Anhalten der Züge vor den Einfahrtsignalen der Stationen erleichtert wird. Der Längenschnitt eines auch mit Anlaufsteigung in dem anschließenden Gefälle ausgerüsteten Bahnhofs (vgl. S. 176/177), wäre daher nach Abb. 53 auszubilden, wobei jedoch darauf hingewiesen sei, daß jede Anlaufsteigung bedenklich ist. Über Neigungswechsel für Bahnhofsnebengleise vgl. S. 204.



Abb. 53.

Eine Querneigung des Bahnhofs kann häufig zur Ersparnis an Erdarbeiten zweckmäßig sein und in beschränktem Maße ausgeführt werden.

Krümmungen sind in Bahnhöfen nach Möglichkeit zu vermeiden, weil sie die Bahnanlage unübersichtlich gestalten und den Ausbau von Weichenstraßen erschweren. Zum mindesten empfiehlt es sich, an den Bahnhofsenden eine genügend lange Gerade oder schwache Krümmung zur Entwicklung der Ein- und Ausfahrweichen vorzusehen (TV. § 36), für die aber bei kleinen Anlagen die sonst neuerdings angewendeten Weichen mit gekrümmtem Mutterstrang nicht empfehlenswert sind. Liegt eine Station in einer Krümmung, so empfiehlt es sich, sie so flach wie möglich zu halten und das Empfangsgebäude an die Außenseite des Bogens zu legen, weil so eine bessere Übersicht über den Bahnhof erreicht wird.

Für die Hauptgleise der Hauptbahnen soll der Krümmungshalbmesser (nach BO. § 7) in Stationen wie auf der freien Strecke mindestens 180 m betragen, bei Nebenbahnen mindestens 100 m, und wenn Fahrzeuge der Hauptbahn auf die Nebenbahn übergehen sollen, mindestens 180 m. Für die

Krümmungsverhältnisse der Bahnhofsnebengleise bestehen in der BO. keine bindenden Vorschriften.

Die bei den preußischen Bahnen maßgebende Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen, Ausgabe 1905 und Entwurf von 1910, ergänzt die BO. durch folgende Bestimmungen:

Die Halbmesser gekrümmter durchgehender Hauptgleise sind in den Stationen tunlichst nicht kleiner zu wählen als auf der freien Strecke. In den übrigen Gleisen, die von Hauptbahnlokomotiven befahren werden, sind, abgesehen von Weichenkrümmungen, Krümmungen von weniger als 180 m Halbmesser und in Gleisen, die nicht von Hauptbahnlokomotiven befahren werden, solche von weniger als 140 m Halbmesser zu vermeiden. Wenn Gleise nur von Lokomotiven mit einem festen Radstande von nicht mehr als 3 m und Wagen mit einem Radstande von nicht mehr als 4,5 m befahren werden, ist ein Halbmesser bis 100 m herab zulässig.

Für die Krümmung der Bahnhofsnebenweichen wird empfohlen (TV. § 39¹) einen größeren Halbmesser als 180 m zu wählen. Zwischen Gegenkrümmungen eines Verbindungsgleises zweier Weichen soll eine Gerade von wenigstens 6 m liegen (TV. § 39²). Vor Weichen, die aus gekrümmten Gleisen in entgegengesetzter Richtung abzweigen und von Zügen gegen die Spitze befahren werden, soll eine mindestens 6 m lange Gerade eingelegt werden; für Abzweigungen in gleicher Richtung wird die Einschaltung einer mindestens 6 m langen Geraden empfohlen, wenn die Gleiskrümmung einen Halbmesser unter 500 m hat (TV. § 39⁴).

Über die Umgrenzung des lichten Raumes in den Stationen vgl. S. 223.

Den Abstand der Bahnhofsgleise von Mitte zu Mitte wählt man, sofern nicht die Anlage von Zwischenbahnsteigen, Ladebühnen, Stellwerkbuden, Lichtmasten und ähnliches eine größere Entfernung bedingt, im allgemeinen zu 4,5 m.

Im einzelnen bestimmen für die Hauptbahnen die TV. im § 38, daß abgesehen von Überladegleisen der Abstand womöglich 4,75 m, mindestens aber 4,50 m betragen soll. Für durchgehende Hauptgleise kann insbesondere in kleineren Stationen ein geringerer Abstand zugelassen werden. Der Abstand von Hauptgleisen, zwischen denen Bahnsteige liegen, soll wenigstens 6,00 m von Mitte zu Mitte betragen; in Stationen mit geringem Personenverkehr kann dieser Abstand eingeschränkt werden. Nach TV. § 61² soll ferner der Abstand der Gleise in den Wagenschuppen nicht unter 4,4 m herabgehen. Ähnlich schreiben die BO. im § 12 für Hauptbahnen vor, daß auf Bahnhöfen der Gleisabstand, abgesehen von Überladegleisen, mindestens 4,5 m betragen soll; jedoch kann die Landesaufsichtsbehörde Ausnahmen von diesen Bestimmungen für die durchgehenden Hauptgleise, zwischen denen ein Bahnsteig nicht anzulegen ist, und für bestehende Gleise zulassen.

Die Bestimmung schließt also nicht aus, mit besonderer Genehmigung den Gleisabstand auch bis auf 3,5 m — den üblichen Abstand von Gleisen auf der freien Strecke — zu ermäßigen. Hierzu wird man insbesondere übergehen, wenn bei Anlage von Außenbahnsteigen eine gerade Durchführung von Schnellzuggleisen auf großen Verkehrsstrecken zur Erzielung einer möglichst ruhigen Fahrt erreicht werden soll¹⁾ und ein Schutzgitter zur Verhütung von Gleisüberschreitungen an verbotenen Stellen nicht erforderlich ist. Wird ein Schutzgitter von etwa 1,5 m Höhe vorgesehen, so sind die Hauptgleise im allgemeinen auf 4,5 m auseinander zu ziehen. Bei Neubauten müssen nach BO. § 12 Gleise, zwischen denen ein Bahnsteig anzulegen ist, mindestens 6 m Abstand erhalten. Beim Umbau von Stationen mit geringem Personenverkehr kann die Aufsichtsbehörde jedoch kleinere Abstände zulassen.

Nach der Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen, Ausgabe 1905 (und dem Entwurf von 1910) kommen ferner folgende Bestimmungen in Betracht: Der Abstand der Gleise, zwischen denen Hauptsignale aufgestellt werden, soll bei neuen Gleisanlagen mindestens 4,75 m betragen. Bei ausgedehnten Bahnhofsanlagen sind tunlichst einzelne größere Gleisabstände — etwa von 6 m — einzuschalten (besonders bei Weichenstraßen), um ein gefahrloses Begehen des Bahnhofs zwischen verschiedenen Gleisgruppen zu ermöglichen. Auf Grenzbahnhöfen empfiehlt sich für Übergabegleise ein Abstand von 5 m. Wenn Bahnsteige zwischen den Gleisen anzuordnen sind, so ist

¹⁾ Erl. des preuß. Min. d. öff. Arb. I D 18417 v. 8. Nov. 1910; vgl. auch die Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen, Ausgabe 1905 und Entwurf von 1910.

der Gleisabstand wesentlich zu vergrößern. Für einen Zwischenbahnsteig ist bei einseitiger Benutzung eine Gleisentfernung von mindestens 6 m erforderlich, bei zweiseitiger Benutzung sind die Bahnsteige, tunlichst auf 9 m oder mehr auseinander zu rücken. Bei großen Bahnhöfen mit Gepäckbahnsteigen soll der Abstand von Mitte zu Mitte Gleis 9—13,5 m, betragen. Dieses Maß genügt in der Regel auch bei kleineren Bahnhöfen, wo keine Gepäckbahnsteige vorhanden sind. Erscheint bei großen Bahnhöfen ohne Gepäckbahnsteige ein größerer Abstand als 13,5 m nötig, so ist die Genehmigung des Ministers einzuholen. Die nutzbare Breite von Außenbahnsteigen ist nicht unter 3 m anzunehmen. Wo es erwünscht ist, in der Verlängerung des Bahnsteiges zwischen den Hauptgleisen Aufstellgleise anzuordnen, empfiehlt es sich, den Abstand der Hauptgleise gleich einem Vielfachen der gewöhnlichen Gleisentfernung von 4,5 m zu wählen. Bei Anordnung von unabhängigen Gepäckbahnsteigen auf Stationen mit lebhaftem Verkehr ist ein Gleisabstand von mindestens 7,5 m anzunehmen, damit sich auch dann, wenn die beiderseitigen Gleise von Zügen besetzt sind, zwei Gepäckkarren bequem ausweichen können.

Ähnliche Gleisentfernungen finden sich auch auf den Stationen anderer Länder. In Österreich beträgt der Gleisabstand 4,5 bis 4,75 m und mehr. In Frankreich behält man auf Bahnhöfen zwischen den Hauptgleisen den Abstand auf der freien Strecke (3,5 m) im allgemeinen bei. Nebengleise erhalten von benachbarten Hauptgleisen meist einen Abstand von 4 m, unter sich einen Abstand bis zu 3,5 m herab. In England ist der Abstand der Nebengleise untereinander vielfach nicht größer als der Abstand der Gleise auf der freien Strecke, vielfach etwa 4 m. In den Vereinigten Staaten von Amerika sind die Gleisabstände auf den Stationen im allgemeinen kleiner als auf den europäischen Bahnen und betragen nur selten mehr als 4 m. Empfohlen wird hier für die Entfernung der Nebengleise von den Hauptgleisen $16' = 4,88$ m, während für die Gleise der Verschiebebahnhöfe ein Abstand von $13' = 3,96$ m, für die übrigen Nebengleise ein Abstand von $12' = 3,66$ m für ausreichend gehalten wird¹⁾.

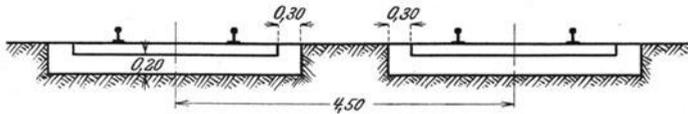


Abb. 54.

Für Nebenbahnen soll nach TV. § 38 der Abstand der Bahnhofgleise, abgesehen von Überladegleisen, womöglich 4,5 m, mindestens aber 4 m von Mitte zu Mitte betragen. Die Gleise, zwischen denen Bahnsteige liegen, sollen wenigstens 4,5 m von Mitte zu Mitte entfernt sein. In der BO. wird im § 12 für Bahnhofgleise ein Abstand, abgesehen von Überladegleisen, von mindestens 4,5 m gefordert; jedoch wird der Aufsichtsbehörde überlassen, Ausnahmen von diesen Bestimmungen zuzulassen.

Für Lokalbahnen ist nach Grz. § 30, sofern sie vollspurig sind, und Wagen der Hauptbahn übergehen, auf Stationen noch ein Gleisabstand von 4 m zulässig; für Gleise, zwischen denen eingestiegen wird, wird ein Abstand von 4,5 m gefordert. Auf Vollspurbahnen, auf welche Wagen der Hauptbahn nicht übergehen, und auf Schmalspurbahnen soll der Gleisabstand mindestens gleich der um 0,60 m vermehrten größten Wagen- und Ladebreite sein.

Der Bahnkörper wird, wenn nicht besondere Entwässerungen vorgesehen werden müssen, auf Bahnhöfen etwa nach Abb. 54 ausgebildet.

Stationen sind für Hauptbahnen in der Regel, für Nebenbahnen nach Bedürfnis einzufrieden.

Die Anlage der Zufuhrwege zu den Bahnhöfen sowie der Bahnhofvorplätze wird in Preußen seit 1887 als Angelegenheit des Wegebaupflichtigen den Gemeinden überlassen (vgl. S. 319 u. ff.).

Über die weitere Ausgestaltung der Bahnhöfe vgl. Anweisung über das Entwerfen von Eisenbahnstationen, Ausgabe 1905 und Entwurf von 1910.

¹⁾ vgl. J. A. Droege, Freight terminals and trains. Newyork 1912. S. 43.

VI. Grundsätze für die Linienführung.

Von Prof. Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

Wie bereits im Abschn. II angedeutet ist und im Abschn. IX noch näher ausgeführt werden wird, ist nicht diejenige Trasse die günstigste, welche die geringsten Baukosten verursacht, sondern die, die unter Berücksichtigung der Bau- und Betriebs- einschl. der Unterhaltungskosten die geringsten Ausgaben erfordert, bei der also die Ausgaben für die Verzinsung und Tilgung des Baukapitals und die Kosten des Betriebes (einschl. der Bahnunterhaltung) am niedrigsten werden. Mit Bezug auf die Baukosten ist die Trasse die günstigste, die sich möglichst dem Gelände anschmiegt, größere Kunstbauten vermeidet und gleichzeitig die kürzesten Verbindungen herstellt zwischen der für die Überschreitung des Gebirgsrückens geeignetsten Stelle und dem Anfangs- und Endpunkt der Bahn. Dagegen sind die Betriebskosten nur selten auch auf der kürzesten Linie am günstigsten, weil sie von der Größe der Steigung wesentlich beeinflußt werden (vgl. zweckmäßigste Steigung S. 165).

Die wesentlichsten Gesichtspunkte, die bei der Linienführung zur Einschränkung der Bau- und Betriebskosten zu beobachten sind und die weiter unten im einzelnen erörtert werden, sollen hier zunächst kurz angegeben werden.

Bei Wahl der allgemeinen Richtung der Bahn ist zunächst zu beachten, daß die gerade Linie als kürzeste Verbindung zwischen den Endpunkten einer Bahn zwar die günstigste Trasse darstellen würde, daß sich diese aber bei Überwindung der vorhandenen Höhenunterschiede und der sonstigen natürlichen Hindernisse selten erzielen läßt. Man wird dann zur Ausführung von künstlichen Längenenwicklungen schreiten müssen (vgl. nachstehend unter 1.).

Liegen die zu verbindenden Punkte in sehr verschiedenen Höhen oder wird die Überschreitung von Gebirgskämmen und Wasserscheiden erforderlich, so ist zu prüfen, welche von den zahlreichen hier in Frage kommenden Ausführungsmöglichkeiten am zweckmäßigsten anzuwenden ist (vgl. S. 245).

Um die Kosten für den zum Bahnbau erforderlichen Grunderwerb möglichst einzuschränken und die fremden Interessen des Bergbaues, der Forst- und Domänenverwaltung, der Militärbehörden und der Post zu berücksichtigen (vgl. S. 259 u. ff.), sind ferner eine Reihe von Grundsätzen zu beachten. Dann ist auf die Bodenverhältnisse Rücksicht zu nehmen, weil sie die Bau- und Unterhaltungskosten der Bahn nicht unwesentlich beeinflussen (vgl. S. 261). Auch die Fragen, wie die Bahn mit Rücksicht auf die Geländegestaltung zu führen ist, ob tief im Tal oder hoch an der Berglehne, ferner wo Einschnitte, wo Tunnel, wo Aufträge oder Bauwerke (z. B. Pfeilerbahnen) zu verwenden sind, bedürfen der Prüfung (vgl. S. 262). Ebenso ist die Lage und Zahl der Stationen zu ermitteln und die Frage zu prüfen, welche seitlich von der geradlinigen Bahn gelegenen Zwischenorte unmittelbar oder durch eine Zweiglinie an die Bahn anzuschließen sind. Am Schluß dieses Abschnittes sind unter Ziffer 4 die Aufgaben der Linienführung erörtert, denen noch heute, nachdem in allen Kulturländern die wichtigsten Eisenbahnlinien ausgebaut sind, eine besondere Bedeutung zukommt.

Die Schutzanlagen zur Sicherung der Bahn gegen angrenzende Grundstücke, gegen Wasser-, Feuer- und Windbruch, gegen Schnee-, Flugsandverwehungen und Lawinen, und ferner die Lage der Bahn zu anderen Verkehrswegen (anderen Eisenbahnen, Wegeanlagen und Wasserstraßen) sind von besonderer Bedeutung. Der Erörterung all der hierfür in Betracht kommenden Fragen sind daher im folgenden zwei besondere Abschnitte unter VII und VIII gewidmet.

1. Künstliche Längenentwicklungen.

Ist es nicht möglich, beim Einzeichnen einer Linie in den Schichtenplan (vgl. S. 374) dem zu erreichenden Höhenpunkt zustrebend, mit der der zulässigen Steigung s entsprechenden Länge L die angestrebte Höhe zu gewinnen, so muß die Linie künstlich verlängert werden. Die künstlichen Entwicklungen werden bei Bahnen im Gebirgs- und Hügelland die Regel bilden, weil die Gebirgsgestaltungen im allgemeinen derartig sind, daß das Gefälle oben stärker ist als unten. Weist daher die Geländeneigung im unteren Teile des Gebirgszuges etwa die Neigung auf, mit der die Bahn angelegt werden soll, so muß wenigstens in dem oberen steileren Gelände eine Längenentwicklung gewählt werden. Durch die künstlichen Längenentwicklungen wird es erreicht, die Bahn entweder ganz auf der für den Bau und Betrieb günstigen Talsohle (vgl. S. 262) anzuordnen oder nur auf kurze Strecken und nicht zu hoch über der Talsohle zu führen.

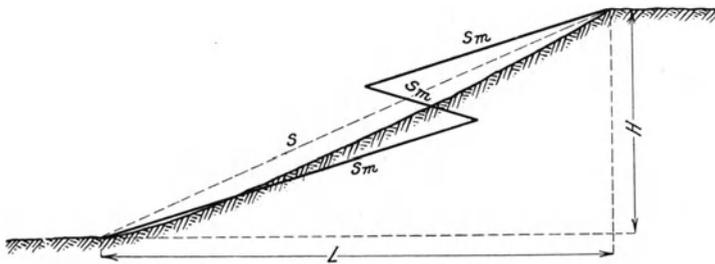


Abb. 55.

Für die Linienführung einer im Tal ansteigenden Bahn ist das durchschnittliche Gefälle des Tales maßgebend. Ist dieses stärker als die zulässige Neigung, so wird man zu den Längenentwicklungen greifen.

Entspricht der zulässigen Steigung s_m eine Länge L_m , so ist noch die Linie zu verlängern um

$$L_1 = L_m - L = 1000 H^m \left[\frac{1}{s_m^{0,00}} - \frac{1}{s^{0,00}} \right]$$

diese Länge kann an einer einzigen, wie in der Abb. 55 angedeutet, oder an mehreren geeignet liegenden Stellen gewonnen werden.

Beispiel: Ist die zu überwindende Höhe $H = 80$ m, die Luftlinie $L = 1000$ m und ist eine Größtsteigung von $s_m = 25$ v. T. zulässig, so wird durch künstliche Entwicklung eine Verlängerung der Linie notwendig von

$$L_1 = \frac{1000 H}{s_m} - L = 2200 \text{ m,}$$

und die insgesamt erforderliche Bahnlänge beträgt $L_m = 3200$ m.

Zur Berechnung der Länge einer gewundenen Bahnlinie ermittelt sich die Länge eines Bogens vom Halbmesser R und Zentriwinkel α zu

$$l^m = \frac{2\pi}{360} \cdot R\alpha = 0,0175 R^m \cdot \alpha.$$

Die Bahnlänge kann nun künstlich entwickelt werden durch Spitzkehren, Bogenkehren und Doppelschleifen, Seitentalkehren, Schlingen und Schnecken.

a) Spitzkehren.

Hierbei führt eine Linie in der Richtung des Tales ansteigend in eine Kopfstation, von der sie in entgegengesetzter Richtung an derselben Berg-

lehne weitersteigend, gegebenenfalls wie in Abb. 56 in eine zweite Kopfstation mündet. Diese Art der Längenentwicklung ist in der baulichen Anlage die billigste, weil sie beste Anpassung an das Gelände ermöglicht

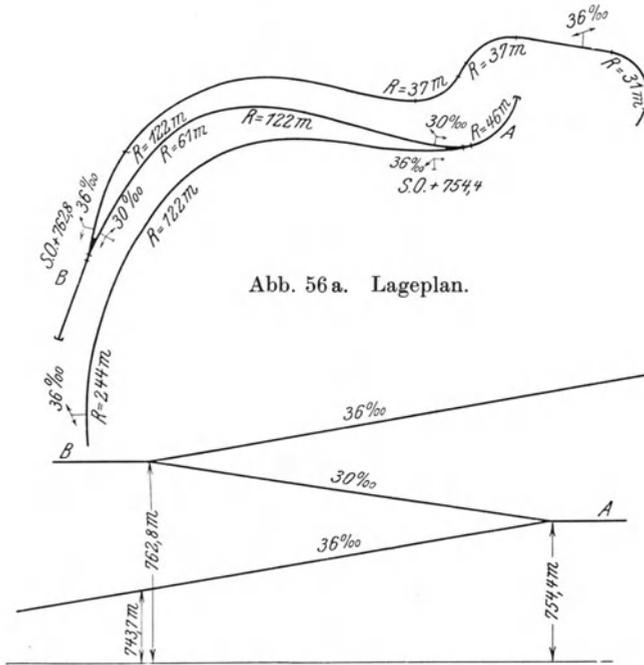


Abb. 56 a. Lageplan.

Abb. 56 b. Höhenplan.



Abb. 56 c. Ansicht.

Abb. 56 a bis c. Doppelte Spitzkehre der Darjeeling-Himalaya-Bahn.

und weil Bögen, die tief in das Gelände einschneiden, vermieden werden können. Sie hat aber wegen der mehrfachen Kopfstationen eine umständliche und kostspielige Betriebsführung zur Folge, erfordert viele Stationen, die kaum immer gleichzeitig für den Verkehr notwendig sein werden und gestattet infolge des jedesmaligen Anhaltens an der Spitzkehre und Vornahme des Richtungswechsels nur geringe Fahrgeschwindigkeiten.

Trotzdem sind Spitzkehren mehrfach, hauptsächlich bei Bahnen untergeordneter Bedeutung, in schwierigem Gelände ausgeführt worden, so z. B. auf der Bahn Blankenburg—Tanne im Harz an der Station Bast-Michaelstein, in mehrfacher Aufeinanderfolge bei der Darjeeling-Himalaya-Bahn in der britisch-indischen Provinz Bengalen (Abb. 56), auf der Lima-Oroya-Bahn in Peru und bei anderen südamerikanischen Gebirgsbahnen. Die bekannteste deutsche Spitzkehre bei Elm an der Wasserscheide zwischen dem Main und der Weser ist, um die durch ihr Befahren eintretenden Zeitverluste — verbunden mit verllorener Steigung — zu ersparen, durch Bau eines großen 3,57 km langen Tunnels beseitigt worden (vgl. S. 273).

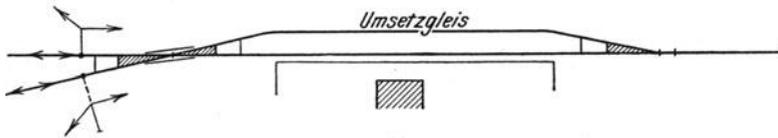


Abb. 57.

Die Betriebsführung kann bei der Spitzkehre eine zweifache sein. Bei der einen Art wird der Zug abwechselnd gezogen und geschoben; die Maschine steht dann bald oben, bald unten. In diesem Falle braucht jede Kehrstation nach Abb. 56a nur ein Stumpfgleis aufzuweisen. Um hierbei die Strecken für das Schieben der Züge möglichst kurz zu halten, werden, wie bei der Darjeeling-Himalaya-Bahn (Abb. 56a bis c) und der Usambara-Bahn in Ostafrika, zweckmäßig zwei Spitzkehren als doppelte Spitzkehren hintereinander geschaltet, so daß die Maschine, nachdem sie den Zug über den zwischenliegenden kurzen Teil heraufgedrückt hat, immer wieder an die Spitze des Zuges gelangt.

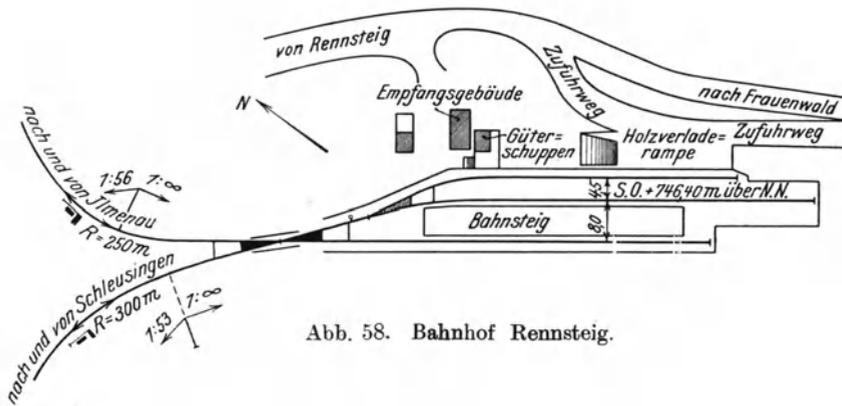


Abb. 58. Bahnhof Rennsteig.

Die zweite Betriebsart besteht darin, daß der Zug stets gezogen wird. Bei dieser Anordnung genügt an der Spitzkehre dann aber nicht ein einfaches Stumpfgleis, sondern es muß außerdem nach Abb. 57 ein Umsetzgleis angeordnet werden, durch das die Maschine wieder an die Spitze des Zuges gelangen kann.

Der in Abb. 58 dargestellte, an der Strecke der Nebenbahnlinie Ilmenau-Schleusingen in Thüringen gelegene Bahnhof Rennsteig, der ebenfalls als Spitzkehre ausgebildet ist, verfolgt als Scheitelstation einer Zahnstrecke einen anderen Zweck. Da hier die Maschine

während der Fahrt stets am talseitigen Ende des Zuges stehen soll, wird durch diese nur mit Stumpgleisen versehene Kehre die Betriebsführung sogar verbessert, weil dadurch das sonst notwendige Umsetzen der Lokomotive erspart wird.

b) Bogenkehren und Doppelschleifen.

Bogenkehren, auch Serpentinaen genannt, kommen vor, wenn die Bahn nach Abb. 59 an einer Berglehne mehrfach mit Bogen um 180° wendend bergauf steigt. Die Entwicklung ähnelt den vorher beschriebenen Kehren, nur tritt an die Stelle der Spitzkehre das Kehren durch Bogen. Diese Längenentwicklung ist nur bei Verwendung sehr kleiner Bogenhalbmesser zweckmäßig.

Bogenkehren sind z. B. mit 4 Bogenkehren an dem Hagermannpaß in Colorado und auf anderen Bahnen in Nordamerika, ferner mit Halbmessern von 45 und 50 m mehrfach bei der 1 m-spurigen Berninabahn ausgeführt worden, und zwar nach Abb. 59 mit zwei Kehren, wovon die eine fast ganz im Tunnel gelegen ist, bei Alp Grüm¹⁾ und ferner bei La Dotta und mit vier Wendungen bei Cadera. Auch die mit Halbmessern von 120 m auf der 1 m-spurigen Albulabahn bei Bergün ausgeführten zweifachen Kehren sind als Bogenkehren anzusprechen.

Im allgemeinen ist jedoch die Bogenkehre in mehrfacher Aufeinanderfolge bei Längenentwicklungen für Eisenbahnen selten zu finden; sie ist vielmehr die übliche Entwicklung bei Straßen, die an einer steilen Berglehne hochzuführen sind. Von den zahlreichen derartigen Bergstraßen sei hier nur an die alte Gotthardstraße und an die Stillferjochstraße erinnert, die auf der Nordseite 48 Kehren aufweist.

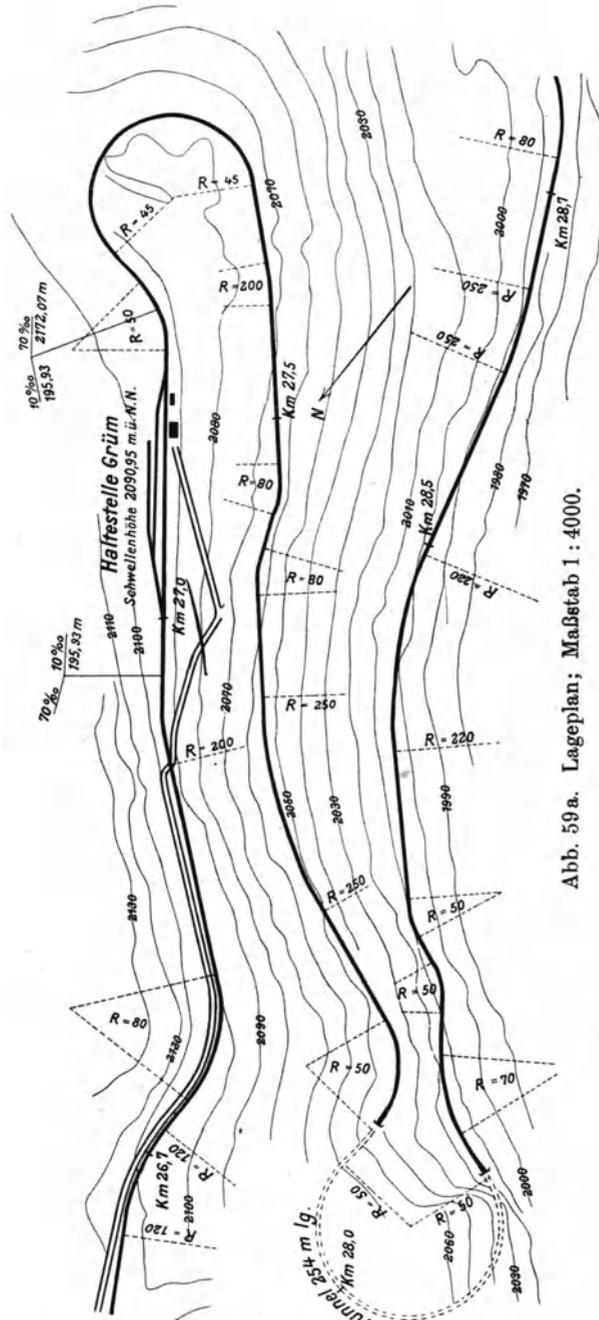


Abb. 59 a. Lageplan; Maßstab 1 : 4000.

Abb. 59 a u. b. Bogenkehren der Berninabahn bei Alp Grüm.

¹⁾ Aus Schweiz. Bauztg. 1912, Bd. LIX: Die Berninabahn.

Bogenkehren kommen aber nicht nur an Berglehnen, sondern auch in Tälern vor und haben dann in der Regel die einfachere Form von Doppelschleifen. Es steigt dann die Straße (nach Abb. 60) im Haupttale an, bis sie annähernd in der Höhe der Talsohle liegt, wendet an geeigneter Stelle,



Abb. 59b. Blick auf die Bogenkehren in Richtung Nord-Süd.

das Haupttal überschreitend, um 180° und steigt weiter an einer Tallehne entgegen der Bachneigung, bis nach nochmaliger Wendung ein weiteres Aufsteigen in der Richtung des Haupttales möglich wird. Wenn angängig, wird für die obere Kehre ein Seitental zu Hilfe genommen, andernfalls sind Tunnel unvermeidlich. Auf eine gewisse Strecke führen hierbei 3 Linien in verschiedener Höhe nahezu gleichlaufend nebeneinander her.

Einige der bekanntesten Doppelschleifen dieser Art sind die Schleifen der Gott-hardbahn bei Wasen, die beiden Schleifen der Schwarzwaldbahn zwischen Triberg und Hornberg (Abb. 60) und die Schleifen der Nordrampe der Lötschbergbahn bei Blausee-Mitholz (Abb. 61).

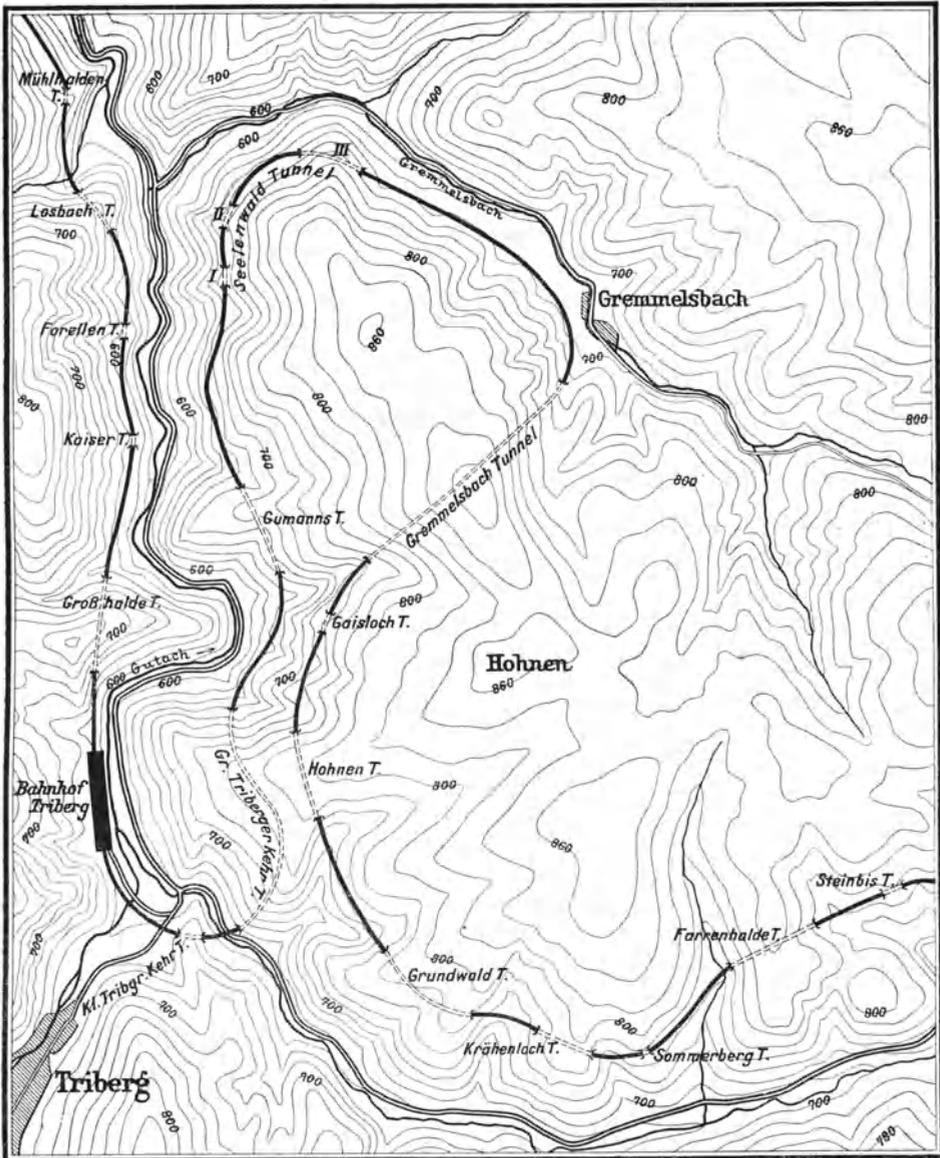


Abb. 60. Doppelschleife der Schwarzwaldbahn bei Triberg; Maßstab 1:25000.

c) Seitentalkehren.

Diese bilden die einfachsten Arten von Schleifenbildungen. Es biegt hierbei die Trasse vom Haupttal mit scharfem Bogen in ein Seitental, steigt in diesem an der einen Berglehne möglichst weit aufwärts, überbrückt an geeigneter Stelle in einem scharfen Bogen um 180° wendend das Tal, kehrt

an dem andern Talabhang entgegen dem Bachgefälle weitersteigend zurück und biegt mit einem Bogen in das Haupttal wieder ein, um darin weiter zu steigen. Während dies die üblichste Anordnung des Ausfahrens der Seiten-

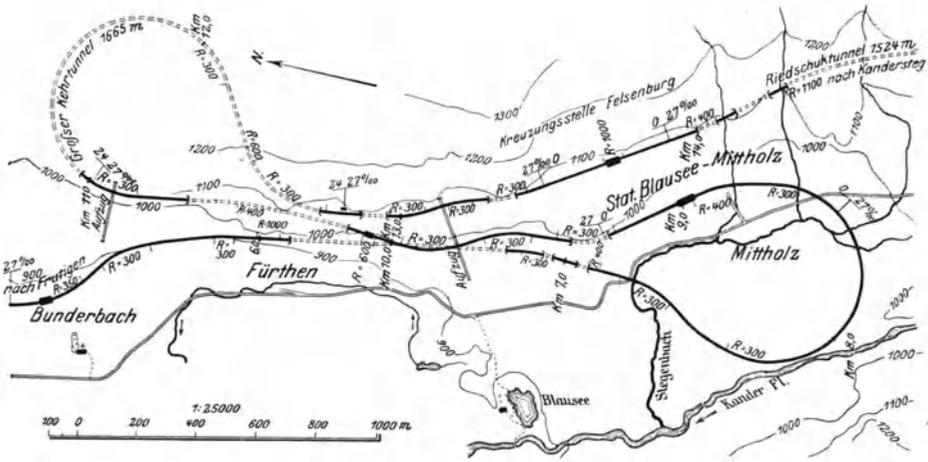


Abb. 61. Doppelschleife der Nordrampe der Lötschbergbahn.

täler ist, von der Abb. 62 zwei bei dem Haltepunkt Stöberhai der Südhazbahn gelegene Beispiele zeigt, kann es zuweilen auch durch die Örtlichkeit

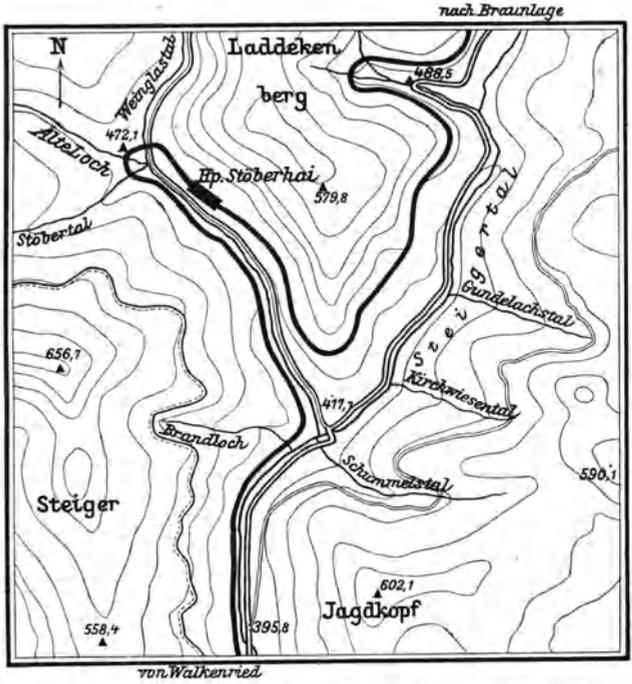


Abb. 62. Seitentalkehren auf der Südhazbahn bei dem Haltepunkt Stöberhai; Maßstab 1:25 000.

geboten sein, die Linie bei der Hin- und Rückfahrt in das Seitental auf derselben Berglehne entlang zu führen, wie das z. B. im Pflerschtal der Brennerbahn ausgeführt ist.

Durch das Ausfahren der Seitentäler wird stets eine große Talbrücke an der Einmündung des Seitentales in das Haupttal erspart, jedoch wird beim Einbiegen in das Seitental und beim Ausschwenken auch nicht selten ein kleiner Tunnel notwendig. Das Seitental darf nicht auf so große Länge ausgefahren werden, daß bei der Schwenkung auf die andere Bachseite der Bach unterfahren oder ein Tunnel angeordnet werden muß; denn ein

unter einem Bach erforderlicher Tunnel ist schwierig herzustellen. Das Ausfahren der Seitentäler kommt bei allen Hügelland- und Gebirgsbahnen vor und ist die gebräuchlichste Art der Längenentwicklungen. Be-

sonders gute Beispiele hierfür weisen die Semmeringbahn, die erste bedeutende Gebirgsbahn, und die Brennerbahn beim Schmirner- und Pflerschtal auf.

d) Schlingen.

Schlingen oder Kreiskehren sind Längentwicklungen, bei denen die Bahn eine volle Wendung um 360° ausführt, wodurch zwei Punkte der Trasse

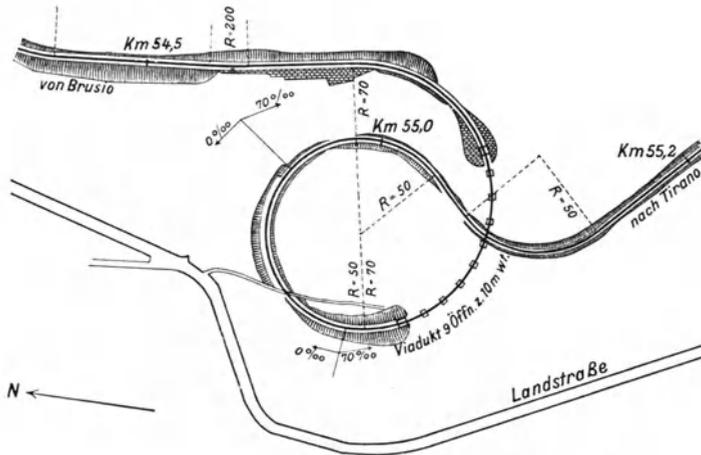


Abb. 63a. Lageplan; Maßstab 1:4000.

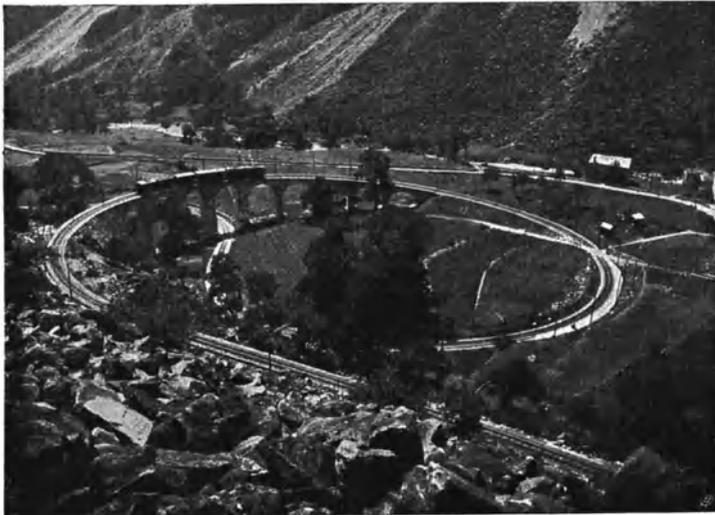


Abb. 63b. Blick talabwärts in südlicher Richtung auf die Schlinge.
Abb. 63a und b. Offene Schlinge der Berninabahn bei Brusio.

senkrecht übereinander zu liegen kommen. Diese Entwicklungen kommen zunächst als offene Schlingen vor. An der Kreuzungsstelle wird dann das obere Gleis auf einer Brücke über das untere geführt oder auch für das untere eine kurze tunnelförmige Unterführung angelegt. Zu der Anlage kann ein vorhandener Bergkopf oder eine Geländeeinsenkung zweckmäßig ausgenutzt werden.

Derartige Schlingen sind z. B. ausgeführt an der Berninabahn bei Brusio, wo nach Abb. 63 annähernd eine Kreisschlinge vorhanden ist, nach Abb. 64 bei der sogenannten Georgetown-Schlinge auf der Strecke Denver-Silverplume in den Vereinigten Staaten von Amerika, wo die beiden Kreuzungspunkte 23 m übereinander liegen und die Schlinge

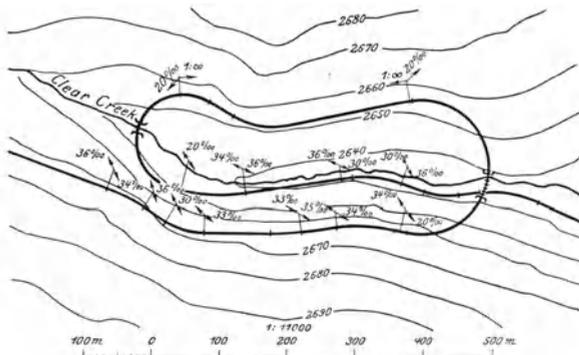


Abb. 64a. Lageplan.

die Form einer unregelmäßigen Ellipse hat, und mehrfach auf der erwähnten Darjeeling-Himalaya-Bahn, hier sogar als Doppelschlinge nach Abb. 65 und 66.

Wo in engen Tälern keine anderen Entwicklungsmöglichkeiten bestehen, kommt die Schlingenentwicklung als Tunnelkehre (Kehrtunnel) vor. Auch bei ihr wird man gern vorhandene Seitentäler und Bergkuppen benutzen, um die Linie wenigstens möglichst lange

offen führen zu können. In engen steilen Tälern ist das nicht möglich; dort verläßt dann die Trasse mit einem Tunnel in die Bergelehne eindringend das Haupttal,



Abb. 64b. Ansicht.

Abb. 64 a und b. Georgetown-Schlinge auf der Strecke Denver-Silverplume (90-cm-Spur) in den Vereinigten Staaten von Amerika.

wendet im Kehrtunnel ansteigend um 360° und führt an der Lehne des Haupttals weiter aufwärts. Nachteile dieser Entwicklungen sind schlechte Lüftung der schraubenförmigen Tunnel, schwierige Bauausführung und hohe Baukosten.

Solche Kehrtunnel sind u. a. mehrfach ausgeführt worden bei der Gotthardbahn, der Albulabahn, der Furkabahn bei Grengiols und auf der Bahnstrecke Zollhaus-Weizen

in Baden, wo durch die in Abb. 69 S. 248 unten dargestellte Kehre (Stockhalde-Kehrtunnel) mit einem Halbmesser von 350 m bei nur 10 v. T. Steigung eine Höhe von 22 m gewonnen wird.

Abb. 67 zeigt wohl die bemerkenswerteste derartige Schlingeneinlage zwischen Muot und Breda der Albulabahn. Wir haben hier zwei annähernd senkrecht übereinanderliegende Tunnelschlingen, die durch eine offene, den anderen Uferhang des Flusses benutzende Schleife miteinander verbunden sind.

e) Schnecken.

Eine Längsentwicklung endlich, wie sie nur bei den zur Ersteigung eines Gipfels dienenden und hier endigenden Bergbahnen vorkommen kann, weist der obere Teil der in Abb. 68 dargestellten Brockenbahn im Harz auf, bei der die Bahnlinie sich schneckenförmig zur Bergkuppe emporwindet und demnach etwa die Form einer Schraubenlinie hat.

Eine lehrreiche Aufeinanderfolge mehrfacher Längsentwicklungen zeigt Abb. 69, wo von Station Weizen in Baden her das Ausfahren eines Seitentales, eine Tunnelkehre und eine Schleifenbildung einander unmittelbar folgen.

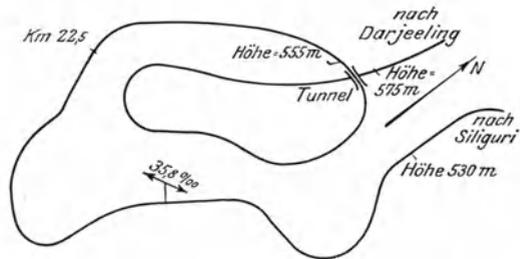


Abb. 65. Doppelschlinge der Darjeeling-Himalaya-Eisenbahn bei km 22,5.



Abb. 66. Doppelschlinge der Darjeeling-Himalaya-Eisenbahn bei km 27,0.

2. Überwindung größerer Höhen und Überschreitung von Wasserscheiden.

Die Bodenerhebungen der Erdoberfläche kann man nach ihrer Höhe unterscheiden in Höhenzüge mit Höhen bis zu etwa 150 m, Hügel, die 150—300 m hoch sind, und Berge, zu denen die über 300 m hohen Boden-

erhebungen gerechnet werden. Die Täler teilt man nach der Höhe der sie umgebenden Bodenerhebungen ein in Landtäler, Hügellandtäler und Gebirgstäler.

Nach der Höhenlage ganzer Gegenden unterscheidet man zwischen Flachland, Hügel- und Gebirgsland. Flachland liegt im Mittel bis zu 150 m über dem Meeresspiegel, Hügelland hat mittlere Höhe bis zu 300 m, Gebirgsland solche über 300 m. Bei letzterem kann man noch den Unterschied machen zwischen niederem Gebirgsland, Mittel- und Hochgebirgsland; zu dem ersteren wären z. B. der Thüringer Wald, zu dem zweiten das Riesengebirge und der Schwarzwald, zu dem dritten die Alpen zu rechnen.

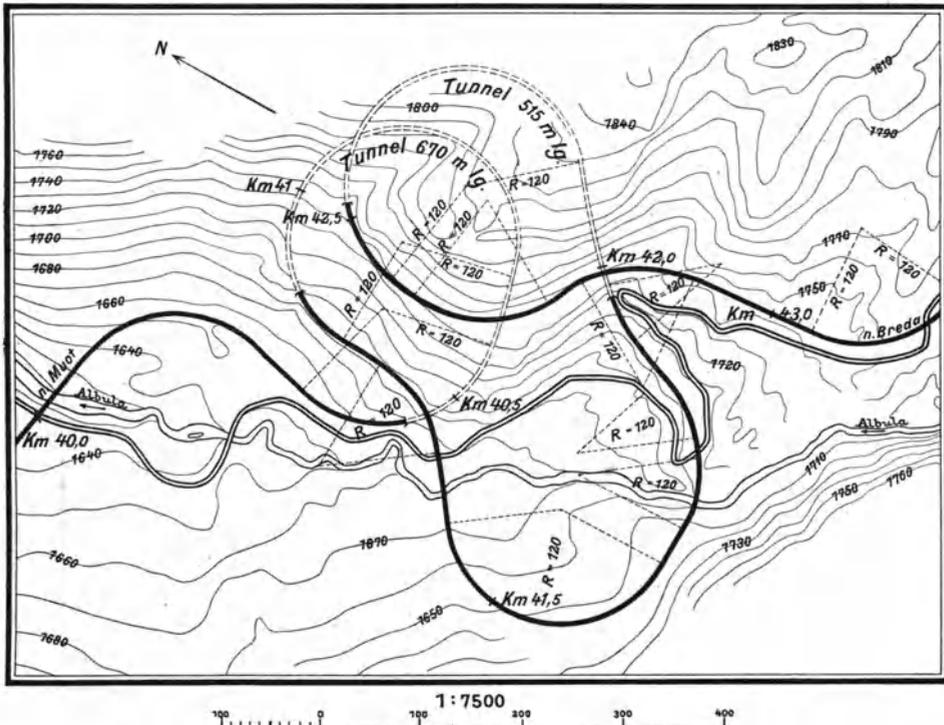


Abb. 67. Kehrtunnel der Albulabahn zwischen Muot und Breda.

Bei der Herstellung einer Bahn im Hügelland oder Gebirge kann es sich nun entweder darum handeln, zwei Punkte des gleichen Tales mit einander zu verbinden — es kommt dann in der Regel nur die Überwindung größerer Höhen in Betracht — oder es kann die Verbindung von Ortschaften in Betracht kommen, die in verschiedenen Tälern gelegen sind, wobei dann stets noch die sie trennende Wasserscheide zu überschreiten sein wird.

Bei den im Hügelland oder im Gebirge auszuführenden Bahnlinien unterscheidet man Bergbahnen und Gebirgsbahnen.

Bergbahnen¹⁾ sind Bahnlinien, die nur vom Tale aus auf Anhöhen oder Berge führen und dort enden. Sie haben meist keine Verbindung mit anderen Bahnen, bedienen nur einen begrenzten Bezirk des Gebirges und dienen hauptsächlich dem Ausflug-, zuweilen auch dem Ortsverkehr. Ihr Be-

¹⁾ vgl. Dolezalek: Bergbahnen in Röll's Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, 2. Aufl. Berlin-Wien 1912, 2. Bd. und K. Armbruster, Die Tiroler Bergbahnen, Verlag für Fachliteratur, G. m. b. H., Berlin.

trieb ist häufig auf die günstigste Jahreszeit beschränkt. Sie erhalten zur Einschränkung der Längen meist starke Neigungen und werden daher häufig als Zahn- und Seilbahnen, seltener als Reibungsbahnen ausgeführt. Als Beispiele von Bergbahnen, die als Reibungsbahnen ausgeführt sind, seien benannt die Brockenbahn im Harz und die Ütlibergbahn bei Zürich.

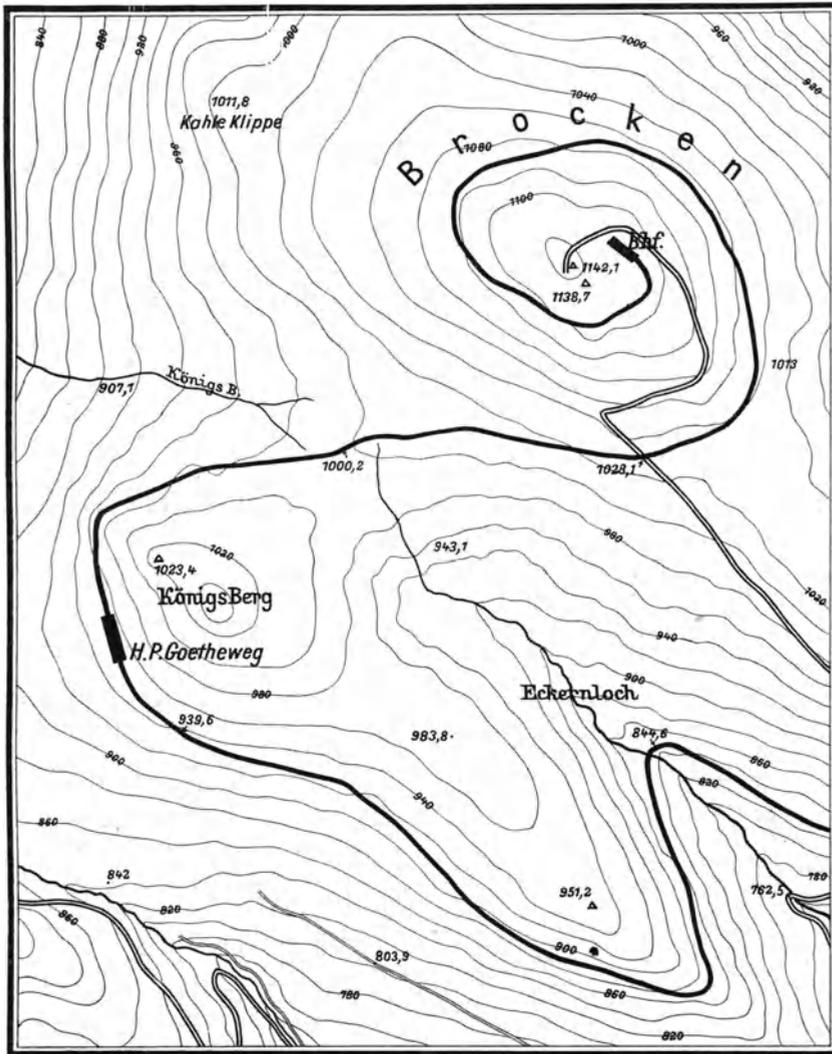


Abb. 68. Brockenbahn; Maßstab 1:25000.

Gebirgsbahnen¹⁾ sind demgegenüber für den Durchgangsverkehr bestimmt, sie überschreiten im allgemeinen die Gebirgszüge und vermitteln den Verkehr zwischen den Bahnnetzen zu beiden Seiten der Gebirgskette das ganze Jahr hindurch. Bei ihnen sind vielfach Wasserscheiden zu überschreiten. Als Beispiele von Gebirgsbahnen sei auf die Gotthardbahn und die Brennerbahn verwiesen.

¹⁾ vgl. Dolezalek: Gebirgsbahnen in Röll's Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, 2. Aufl. Berlin-Wien 1914. 5. Bd.

a) Überwindung größerer Höhen.

Die Ersteigung größerer Höhen kommt sowohl bei den Berg- als auch bei den Gebirgsbahnen vor.

Sind zwei Orte mit bedeutendem Höhenabstand durch eine Bahn miteinander zu verbinden, so wird man auf Grund der in den Abschnitten IV und V erörterten Grundsätze zunächst anstreben, um die Zugkraft gut auszunutzen, die Trasse als Reibungsbahn mit einheitlich durchgehender Neigung s_m , gegebenenfalls nach Abb. 70 unter Zuhilfenahme der erforderlichen künstlichen Längenentwicklungen auszubauen.

Ist die Geländegestaltung einer Bahn derartig, daß auf größere zusammenhängende Strecken stärkere Steigungen als s_m auch mit Hilfe der Längenentwicklungen sich kaum vermeiden lassen und daher eine Bahn mit einer gleichmäßigen Steigung nicht angelegt werden kann, so kann man nach Abb. 71 die einheitliche Betriebsführung dahin ändern, daß man eine Reibungsbahn mit zwei Betriebsstrecken von verschiedenen maßgebenden Steigungen s_{m1} und s_{m2} vorsieht. Der untere schwach geneigte Teil kann dann etwa als Flachlandbahn, der obere stärker geneigte als Gebirgsbahn ausgeführt werden. Auf letzterer werden dann entweder ganze Züge mit Vorspann, mit Schiebelokomotiven oder stärkeren Maschinen befördert werden, oder der ganze Zug wird hier geteilt. Die Zerlegung des Zuges kommt dort in Frage, wo die Steilstrecke so lang ist, daß die Lokomotiven durch die Zugteilung

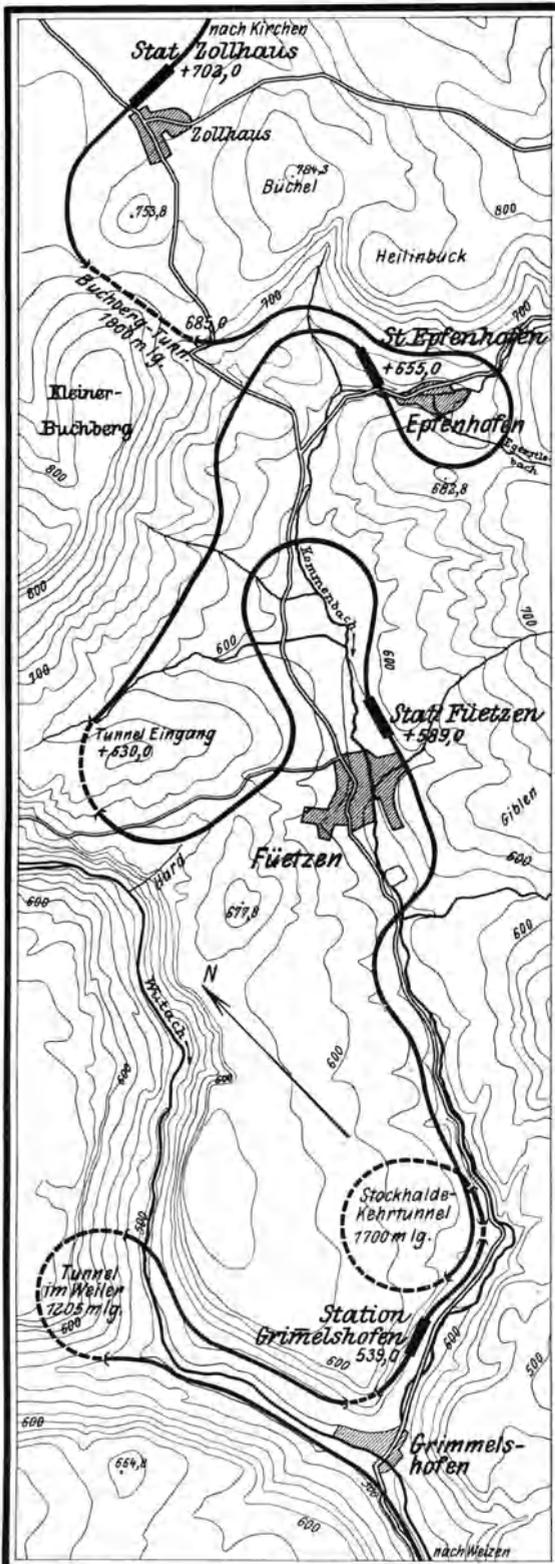


Abb. 69. Längenentwicklungen auf der Bahnstrecke Zollhaus-Grimmels-hofen(-Weizen) in Baden; Maßstab 1:40000.

günstiger ausgenutzt werden; hierbei kann man alsdann die Steigungen der Gebirgsstrecke so bestimmen, daß durch Zusammensetzung von zwei oder drei Zügen der auf der Gebirgsbahn verkehrenden Züge auch auf der flachgeneigten Strecke eine zweckmäßige Ausnutzung der Lokomotivzugkraft erreicht wird.

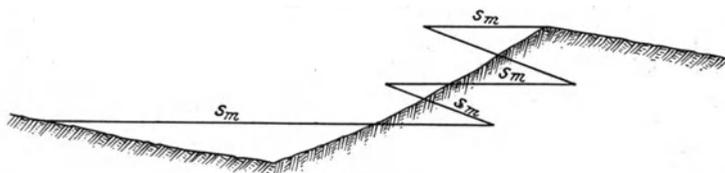


Abb. 70.

In dem Beispiel S. 168 errechnet sich als maßgebende Steigung in der Geraden für die Rohlastung von $G + T = 530$ t und eine $\frac{3}{3}$ gekuppelte Lokomotive von $L = 42$ t bei $V = 30$ km/Std. $s = 8,8$ v. T. Soll diese Last mit derselben Lokomotive bei der gleichen Geschwindigkeit in zwei Teilen befördert werden, so kann die maßgebende Steigung erhöht werden auf:

$$s_{m_2} = \frac{n \mu}{1 + \frac{G + T}{2L}} - w_g = \frac{150}{1 + \frac{265}{42}} - 3,09 = 17,4 \text{ v. T.}$$

Statt den Zug in zwei Teilen mit je einer Maschine auf dieser Steigung heraufzuziehen, könnte er auch bei Verwendung von zwei Lokomotiven (Vorspannmaschinen) mit einem Male auf der steilen Strecke heraufbefördert werden. Es empfiehlt sich jedoch nicht, eine Linie so zu bauen, daß auf längere Strecken von vornherein Vorspann nötig wird. Denn das Befördern von langen Zügen durch zwei Maschinen erhöht die Gefahr eines Zerreißen der Züge und ist sehr kostspielig, zumal die Zugkräfte beider Maschinen nie ganz ausgenutzt werden. Die auf der Semmeringbahn durch die Beförderung

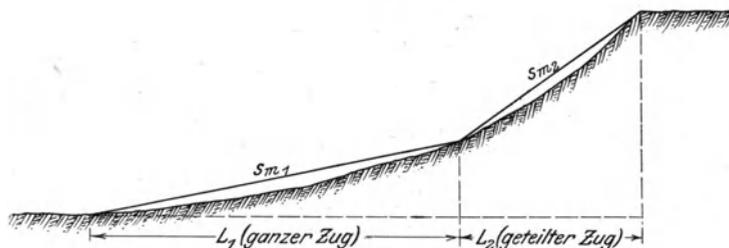


Abb. 71.

mit zwei Maschinen notwendigen bedeutenden Betriebskosten haben schon mehrfach Veranlassung gegeben, eine Verringerung der Steigungen durch Anlage eines Basistunnels (vgl. S. 256 ff.) in Erwägung zu ziehen. Man soll daher die Verwendung von Vorspannmaschinen auf ganz kurze Strecken und ausnahmsweise ungünstige Verhältnisse (nasse Schienen) beschränken. Auch die Verwendung besonders starker Maschinen auf einem stärker geneigten Streckenabschnitt ist im allgemeinen wirtschaftlich nicht zu empfehlen.

Ist es nun auch nicht möglich, mit zwei verschiedenen Steigungen s_{m_1} und s_{m_2} eine zweckmäßige Linie zu erhalten, so wird man die Bahn nach Abb. 72 in drei Abschnitte mit den Neigungen s_{m_1} , s_{m_2} und s_{m_3} zerlegen, wenn dadurch eine günstige Anpassung an die Geländegestaltung erreicht wird. Man wählt dann die Zuglasten so, daß sie auf der Steigung s_{m_3} kleiner sind als auf der Steigung s_{m_2} und auf dieser wiederum kleiner als

auf der Steigung s_{m1} . Dies ergibt sich durch den nach oben zu geringer werdenden Verkehr häufig ohne besondere Zugteilung.

Auf der Bahnlinie Betzdorf-Daaden, einer Zweigbahn der Strecke Cöln-Gießen sind in dieser Weise sogar 4 verschiedene Steigungen (1:100, 1:70, 1:68 und 1:54) angeordnet.

Hat das Gelände stufenförmige Gestalt, etwa nach Abb. 73, so würde die mittlere Steigung s_d zwischen dem tiefsten und dem höchsten Punkte der Talstufen die günstigste Steigung ergeben. Solche Trasse würde jedoch zu teilweise sehr hoher Lage über der Talsohle führen, was ungünstig ist und

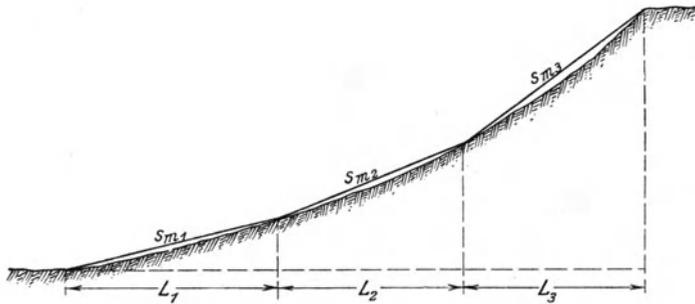


Abb. 72.

auch nicht immer möglich sein wird (vgl. S. 262). Man sieht daher bei solcher Geländegestaltung am besten in der Talsohle eine geringe Neigung s vor und legt an den Stufen künstliche Entwicklungen mit der maßgebenden Steigung s_m an.

Ist nun infolge zu steiler Geländeneigung eine Reibungsbahn nicht geeignet oder sollen Längenentwicklungen vermieden werden, so wird man zu einer Bahnart übergehen, die eine künstliche Erhöhung der Reibung gestattet, und zwar zur Zahnbahn; zunächst wird man jedoch Zahnstrecken nur auf den Steilrampen einlegen. Man erhält dann nach Abb. 74 gemischte Reibungs-

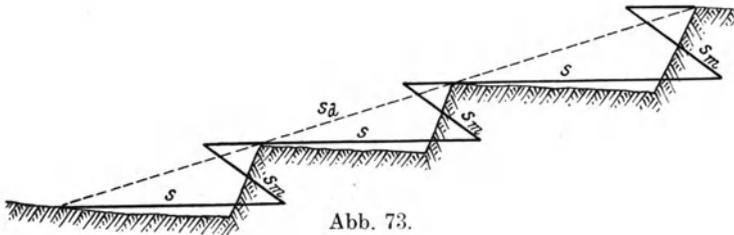


Abb. 73.

und Zahnbahnen, die auch bei größerer Verkehrsbedeutung, — sofern es sich nicht um bedeutende Durchgangsbahnen handelt, — sehr zu empfehlen sind. Hierbei werden die flachen Strecken als Reibungsbahn hergestellt und betrieben, während auf den stärkeren Steigungen Zahnstangen eingelegt werden. Die Größtneigungen solcher Bahnen betragen auf den Reibungsstrecken bei Dampftrieb 18 bis 40 v. T., bei elektrischem Betrieb bis 90 v. T., auf den Zahnstrecken bei Dampftrieb 55 bis 120 v. T., bei elektrischem Betrieb 55 bis 255 v. T. (vgl. die Zusammenstellung auf S. 203). Das Verhältnis zwischen den Steigungen der Reibungs- und der Zahnbahn ($s_m : s_z$) ist, wenn die Lokomotive für gemischten Betrieb gleichmäßig ausgenutzt werden soll, zweckmäßig zu 1:2 bis 1:2,7 zu wählen. Mehrfach sind z. B. für die Reibungsbahn Steigungen von etwa 25 v. T. und für die Zahnstrecken

Steigungen von etwa 60 v. T gewählt worden. Die gemischten Bahnen werden ausgeführt etwa nach Abb. 74 mit nur einer Zahnstrecke zur Überwindung einer höheren Geländestufe oder nach Abb. 75 mit häufigem Wechsel von Reibungs- und Zahnstrecken, indem an den steilen Talstufen statt künstlicher Entwicklungen Zahnstrecken eingeschaltet werden.

Die Betriebsführung ist, wenn nur eine Zahnstrecke vorhanden ist, derartig, daß die Zahnradlokomotive an der Übergangsstelle zwischen Reibungs- und Zahnstrecke die Reibungslokomotive ablöst oder auch so, daß in der Reibungsstrecke die Reibungslokomotive den Zug zieht und in der Zahnstrecke Reibungs- und Zahnradlokomotive gemeinsam arbeiten und zwar erstere voran, letztere nach Ansetzen an den Übergangsstellen hinten. Wechseln Reibungs- und Zahnstrecken häufiger, wie bei der Mehrzahl der gemischten Bahnen, so werden die Züge durch vereinigte vierzylindrige Reibungs- und Zahnradlokomotiven, die sowohl als Reibungs- als auch als Zahnradlokomotiven arbeiten, gezogen oder geschoben. Auf den Reibungsstrecken werden nur die Reibungstriebäder, auf den Zahnstrecken diese sowie die Zahnräder angetrieben, so daß auf diesen Strecken neben der auf die Zahnstange wirkenden Zugkraft auch die Zugkraft der Reibungsmaschine ausgenutzt ist.

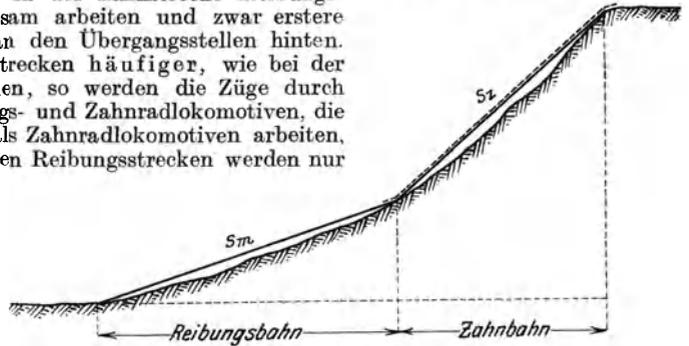


Abb. 74.

Da das Ziehen der Züge auf den steilen Zahnstrecken wegen zu starker Beanspruchung der Kuppelungen bedenklich ist, so werden vielfach die Züge auf den Reibungsstrecken gezogen und auf den Zahnstrecken geschoben, was die Anlage von Umsetzgleisen an den Übergangsstellen erfordert.

Die Geschwindigkeit auf den gemischten Bahnen beträgt auf den Reibungsstrecken 15 bis 45, in den Zahnstrecken 8 bis 18 km/Std. (Beispiele für gemischte Bahnen vgl. S. 203.)

Bei größeren Steigungen wird man dann zu reinen Zahnbahnen übergehen, die infolge der stärkeren Neigungen, meist bis 250 v. T. (bei der Pilatusbahn sogar 480 v. T.), und auch kleinerer zulässiger Krümmungen ein günstiges Anschmiegen an das Gelände gestatten und daher durch Vermeidung

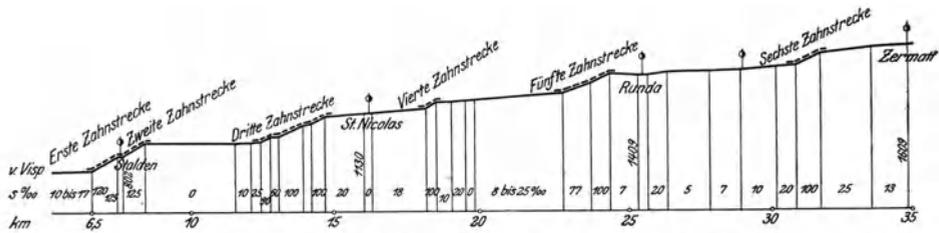


Abb. 75. Längenschnitt der gemischten Reibungs- und Zahnbahn Visp—Zermatt.

von großen Kunstbauten und Längsentwicklungen sowie durch die dadurch erreichte Verkürzung der Linie meist im Bau und im Betriebe billiger werden. Die bei Zahnbahnen vorhandene geringe Geschwindigkeit von 6 bis 12 km/Std. wird häufig durch die Verkürzung der Linie ausgeglichen. Die Zahnbahnen werden mit Dampflokomotiven, elektrischen Lokomotiven und elektrischen Triebwagen betrieben.

Bei ganz besonders starken Steigungen muß dann zur Verwendung von Seilbahnen gegriffen werden, die vorzugsweise bei Bergbahnen, seltener bei Gebirgsbahnen vorkommen. Sie erhalten Steigungen bis zu 700 v. T. Man unterscheidet Seilbahnen mit fester Fahrbahn (Standseilbahnen) und solche mit schwebender Fahrbahn (Schwebeseilbahnen).

Bei den Standseilbahnen (vgl. Abb. 76) hängen zwei Wagen derartig an einem oben über eine Seilscheibe geführten Seil, daß der eine Wagen mit derselben Geschwindigkeit von der Talstation bergwärts fährt, mit der zu gleicher Zeit der zweite Wagen von der Bergstation zu Tale läuft. Durch abwechselnde Drehung der Umlenkrolle werden beide Wagen zu gleicher Zeit abwechselnd aufwärts und abwärts geführt. Die Bahn kann ein- oder zweigleisig sein; im ersteren Falle ist für die sich begegnenden beiden Wagen in der Mitte eine Ausweichstelle erforderlich. Als Antriebskraft wird entweder die Schwerkraft benutzt, indem der abwärts gehende Wagen durch Wasser belastet wird, oder es wird eine Rolle durch Elektromotoren in Drehung versetzt. Danach unterscheidet man Seilbahnen mit Wasserübergewicht und mit Motorantrieb.



Abb. 76.
Virglbahn bei Bozen.

Werden auf stark geneigten Streckenabschnitten einer Reibungsbahn die Züge durch Drahtseil (mit oder ohne Zuhilfenahme von Lokomotiven) befördert, so nennt man sie geneigte Ebenen. Sie kommen bei Gebirgsbahnen vor. Die Wagen der Reibungsbahn gehen auf die geneigte Ebene über.

Geneigte Ebenen werden entweder mit einem stetig umlaufenden, geschlossenen und durch eine Maschinenanlage in Gang gesetzten Seil betrieben, an dem die Züge befestigt werden, oder es wird ein offenes Seil verwendet, das oben über eine Umlenkrolle läuft; hierbei wird mit dem einen Seilende die bergauffahrende, mit dem andern der bergabfahrende Zug oder eine Lokomotive verbunden. Ist die Reibung so stark, daß geschlossene Züge nicht mehr befördert werden können, so werden besondere an jedem Seilende befestigte Wagen- gestelle mit wagerechter Plattform verwendet, auf die die Eisenbahnwagen einzeln herauffahren und durch einen gleichzeitig herunter zu befördernden Wagen heraufgezogen werden. Diese Anordnung kann wegen ihrer geringen Leistungsfähigkeit nur bei Anlagen mit sehr geringem Verkehr verwendet werden. Sie kann z. B. in Betracht kommen als vorübergehende Anlage zur beschleunigten Fertigstellung eines Bahnbaues. Zwei geneigte Ebenen dieser Art befanden sich früher auf der Uganda- bahn in Britisch-Ostafrika mit Neigungen von 420 bis 470 v. T.

Eine beachtenswerte 2,5 km lange geneigte Ebene der ersteren Art ist zurzeit noch im Betriebe auf der Strecke Düsseldorf—Elberfeld zwischen Erkrath und Hochdahl. Hier ist die zweigleisige Bahn nach Abb. 77 um ein drittes Gleis 3 vermehrt. Zwei dieser mit 33,3 v. T. (= 1 : 30) geneigten Gleise (2 und 3) stehen durch ein oben über drei Seilscheiben laufendes Drahtseil in der Weise miteinander in Verbindung, daß z. B. der Zug außer durch die eigene, im Gleis 2 fahrende Zugmaschine M_1 durch eine im Gleis 3 abwärts fahrende Lokomotive M_2 gezogen wird, indem sie an dem Seil, an dem die Zugmaschine M_1 befestigt ist, zieht. Sind die Züge besonders schwer, so wirkt ferner eine dritte Maschine M_3 als Drucklokomotive am Ende des Zuges noch mit. Diese Lokomotive ist dann immer diejenige, die den vorhergehenden Zug am Seil gezogen hat. Die Gleise 2 und 3 werden abwechselnd für die Bergfahrt des Zuges benutzt. Vor der Station liegt oben eine wagerechte Strecke, die zum Abwerfen des Seiles benutzt wird. Da solche

Wagerechte für das nur talwärts benutzte Gleis 1 nicht erforderlich ist, so konnte dieses Gleis in gleichmäßiger, etwas schwächerer Neigung ausgeführt werden.

Mit dem Bau leistungsfähiger Lokomotiven für Steilrampen und der zahlreicheren Anwendung von künstlichen Längentwicklungen verloren die geneigten Ebenen, die früher mehr angewendet wurden, an Bedeutung. Sie kommen jetzt für Hauptbahnen nicht mehr in Betracht.

Vereinigte Reibungs- und Seilbahnen kommen bei Ersteigung einer hohen Talstufe vor. Als Beispiel sei die Bahn Lauterbrunnen—Mürren bei Interlaken erwähnt, die aus einer 1,2 km langen Seilbergbahn mit 550 v. T. mittlerer Neigung zur Ersteigung eines Hochplateaus und einer 4,2 km langen Reibungsbahn besteht.

Die Vereinigung einer Reibungs-, Zahn- und Seilbahn ermöglicht ein vollkommenes Anpassen an das Gelände. Sie ist bei der Vesuvbahn ausgeführt.

Bei den Schwebeseilbahnen, auch Luftseilbahnen genannt¹⁾, sind die Wagen schwebend auf einem durch Gerüste getragenen Gleis aufgehängt, das aus einem Drahtseil gebildet ist. Diese Bahnen verdanken ihre bedeutende Entwicklung der deutschen Industrie, durch die sie in alle Weltteile verbreitet worden sind, und sie finden vorzugsweise auf dem Gebiete der Güterbeförderung Verwendung.

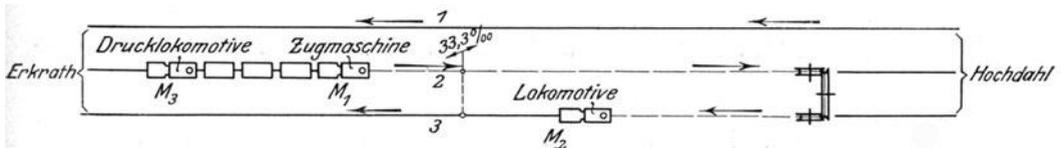


Abb. 77.

Das bekannteste System der Firma Bleichert & Co. (Leipzig-Gohlis) hat folgende Anordnung: Ein endlos über zwei wagerechte Rollen geführtes Seil, das durch Umdrehung der Rollen in Bewegung gehalten wird, dient als Zugseil. Über oder unter den beiden Strängen des Zugseiles befindet sich je ein besonderes Tragseil, das die Fahrbahn bildet. Die Tragseile sind an dem einen Ende fest verankert, an dem andern durch Gewichte gespannt. An den Endpunkten der Bahn schließen sich an das Tragseil Hängebahnschienen an, auf die die Beförderungsmittel übergehen. Die Tragseile ruhen auf Stützen, die in Entfernungen bis zu 1000 m angeordnet werden. Bei Bahnlängen von über 10 km werden Zwischenstationen notwendig. Die Wagen bestehen aus einem Laufwerk, daß auf dem Tragseil rollt, aus einem Gehänge mit Wagenkasten und aus der Kupplung zur Verbindung der Wagen mit dem Zugseil. In den Belade- und Entladestationen kuppeln sich die Wagen selbsttätig vom Zugseil ab. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 3,6 bis 7,2 km/Std. (1 bis 2 m/Sek.).

Während die Schwebeseilbahnen zunächst nur für Industrieanlagen und als Haldenbahnen für geringe Lasten ausgeführt wurden, ist man jetzt auch dazu übergegangen, sie als Berg-Schwebeseilbahnen in gebirgigen Gegenden zu verwenden und größere Lasten (bis zu 4 t) frei durch die Luft zu befördern. Ebenso war die Zulassung der Personenbeförderung von Bedeutung, weil sie zeigt, welches Vertrauen in die Regelmäßigkeit und Sicherheit des Betriebes von Schwebeseilbahnen gesetzt wird. Sie haben gegenüber den Standbahnen den Vorteil, daß die Fahrbahn — in Steigungen bis zu 1000 v. T. — durch Winkelstationen abgelenkt und in Spannweiten bis zu 1000 m oft mehrere Hundert Meter über der Talsohle geführt werden kann. Sie ermöglichen, weil die Entfernung der zur Aufnahme des Drahtseiles erforderlichen Stützen ganz der Örtlichkeit angepaßt werden kann, die freie Überspannung großer unzugänglicher und durch Brückenbauwerke kaum überspannbarer Täler, vermeiden

¹⁾ vgl. P. Stephan, Die Drahtseilbahnen, ihr Aufbau und ihre Verwendung. 2. Aufl. Berlin 1914.

die zur Anpassung an die Geländestaltung bei Standbahnen erforderlichen Windungen und sind daher, wie Abb. 78, die einen Längenschnitt einer Berg-Schweseilbahn darstellt, von der Geländegestaltung fast ganz unabhängig und können auch bei Überschreitung von Wasserscheiden angewendet werden. Der Betrieb ist einfach und billig und erfordert nur geringen Personalbedarf. Abb. 79 zeigt den Querschnitt und die Seitenansicht einer Berg-Schweseilbahn mit dem Trag-, Zug- und Fangseil. Letzteres soll den Wagen gegen

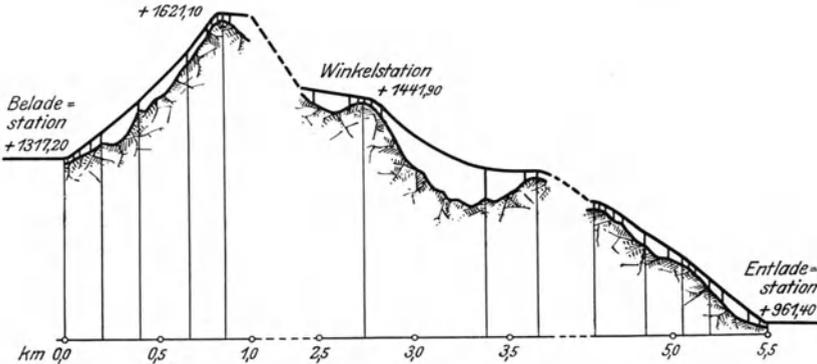


Abb. 78. Längenschnitt einer Berg-Schweseilbahn.

Abstürzen sichern, indem er sich im Augenblick der Gefahr fest gegen das Fangseil anklammt. Die Schweseilbahnen für den Personenverkehr stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung. Sie dürften wegen ihrer großen Vorzüge noch größere Verwertung finden.

Eine beachtenswerte Ausführung ist z. B. in den nordargentinischen Kordillern zwischen Chilecito (+1080 m) und den Famatina-Minen in La Mejicana (+4590 m) mit einem Gesamthöhenunterschied von

3510 m zwischen den Endpunkten bei 34,2 km wagerechter Länge ausgeführt worden. Die Bahn dient neben dem geringen Personenverkehr hauptsächlich der Beförderung von Kupfererzen talabwärts. — Wohl die bekannteste derartige Ausführung ist die Bahn auf das Vigiljoch in Lana bei Meran (Höhe 1150 m).

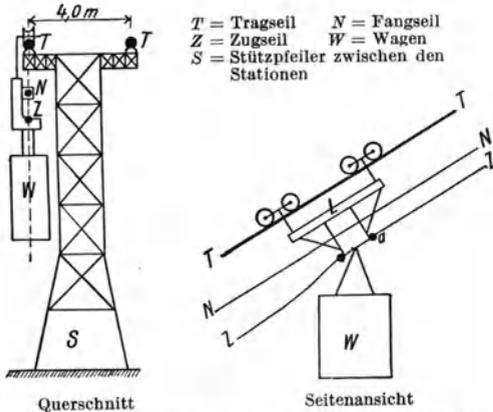


Abb. 79. Querschnitt und Seitenansicht der Berg-Schweseilbahn auf das Vigiljoch in Lana bei Meran.

Eine Abart der Schweseilbahnen stellen die Berg-Schweseilschienenbahnen dar, indem hier an Stelle der Tragseile steife eiserne Schienen treten. Die Anlage kommt hauptsächlich für Personenbeförderung in Betracht. In mehr oder weniger großen Entfernungen sind Ständer errichtet, die an beiden seitlich ausladenden Armen Längsträger besitzen, auf denen wiederum die Fahrschienen angebracht sind. Jeder Wagen hängt durch 2 Räder und 2 Hängebügel in der Schiene. Es bewegt sich stets der eine Wagen aufwärts, der andere abwärts. Die beiden Wagen sind durch ein Seil verbunden, das am oberen Ende der Bahn über eine Seilscheibe geführt ist. Eine derartige Anlage ist z. B. in Loschwitz bei Dresden ausgeführt.

Während für ununterbrochene Massenbeförderung auf größeren Entfernungen die selbsttätigen Seilbahnen am zweckmäßigsten sind, hat sich für Massenbeförderung im Innern industrieller Anlagen die Hängebahn als das geeignetste Beförderungsmittel entwickelt, die hier ebenfalls erwähnt werden soll. Die Elektrohängebahn besteht aus einer starren Schiene, an der die Förderwagen in Rollenlaufwerken hängend sich bewegen. Das Laufwerk jedes Wagens wird von einem kleinen Elektromotor angetrieben, der durch einen Schleifbügel Strom aus einer oberhalb der Schiene befindlichen Leitung entnimmt.

Der Vollständigkeit wegen sei hier auch die Schwebebahn nach dem System von Langen erwähnt, die als städtische Schnellbahn auf der Strecke Elberfeld—Barmen—Vohwinkel verwirklicht worden ist. Sie unterscheidet sich wie die Hängebahn von der Bergschwebebahn dadurch, daß die Wirkung des Zugseiles durch die Bewegung des Wagens mittels Elektromotoren ersetzt ist. An den beiden Endpunkten der Bahn sind die Gleise durch Umkehrschleifen verbunden, so daß die Wagen ohne Richtungsänderung im Kreise laufen können. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 40 bis 50 km/Std.

Eine besondere Art der Drahtseilbahnen für Personenbeförderung sind die Bergaufzüge nach der Bauart des Ingenieurs Feldmann, die an steilen Felswänden, bei denen andere Bergbahnsysteme, insbesondere auch Schwebebahnen mit Zwischenstützen, wirtschaftlich nicht mehr ausführbar sind, ein geeignetes und billiges

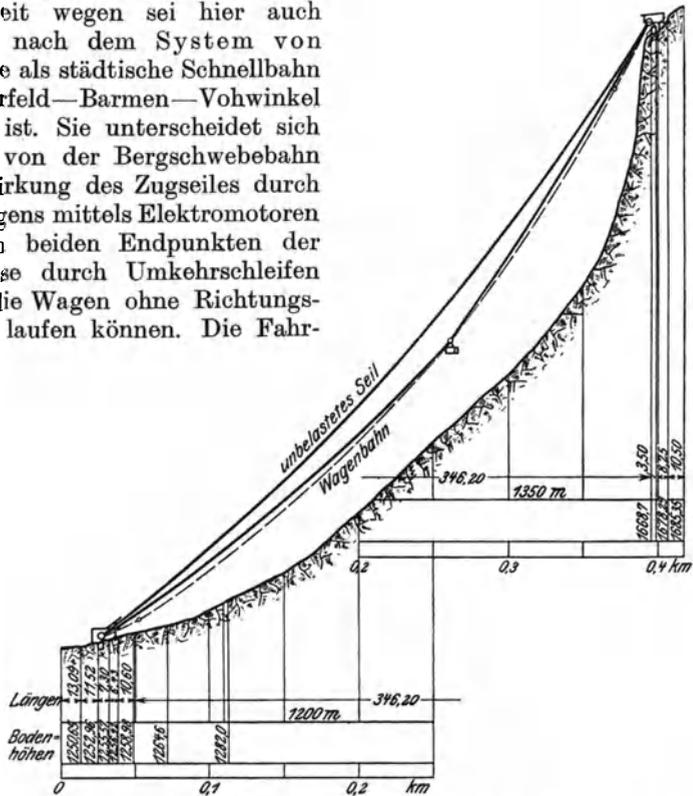


Abb. 80. Bergaufzug am Wetterhorn bei Grindelwald (Schweiz). Höhe rund 430 m.

Beförderungsmittel bilden. Das Bemerkenswerte ist die Aufhängung der Tragseile ohne Zwischenstützen, indem ein oder einige Tragseile oben an der Felswand fest verankert und durch Schwergewichte angespannt werden. An den Tragseilen hängt nach Abb. 80 in Rollenlaufwerken ein Wagen, dessen Bewegung durch ein Zugseil geregelt wird. Das Zugseil wird von einem oben befindlichen Motor auf- und abgewunden. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt höchstens 7,2 km/Std.

Eine Vereinigung von Schwebeseilbahnen und Bergaufzügen — also der beiden Schwebebahnbauarten mit und ohne Zwischenstützen — ist für eine Teilstrecke einer Bahn von Chamonix nach dem Montblanc in der Ausführung begriffen.

Senkrechte Bergaufzüge nach Art der gebräuchlichen Personenfahrstühle sind in gebirgigen Gegenden ebenfalls mehrfach ausgeführt worden.

Häufig wird das Gelände eine Reihe verschiedener Möglichkeiten für die Bahnanlage und die Verwendung verschiedener Bauarten zulassen, unter denen man nicht ohne weiteres die günstigste Lösung erkennen kann. Man wird dann verschiedene Entwürfe bearbeiten und Kostenvergleiche aufstellen müssen.

b) Überschreitung von Wasserscheiden.

Die Überschreitung von Wasserscheiden kommt fast ausschließlich bei Gebirgsbahnen vor, für deren Linienführung alsdann die Gestaltung der Gebirgsübergänge von maßgebendem Einfluß ist.

Die Verbindung der oberen Wendepunkte der nebeneinander gelegenen Schichtenlinien ergibt die Wasserscheidenlinie, auch Kamm- oder Berggrat genannt. Das Gelände fällt von dieser aus nach beiden Seiten hin ab, so daß die Niederschläge nach der einen und anderen Seite der Wasserscheide hin abfließen. Die Wasserscheide ergibt eine unregelmäßige, steigende und fallende Linie, deren höchste Punkte Gipfel und deren tiefste Sattel oder Pässe genannt werden.

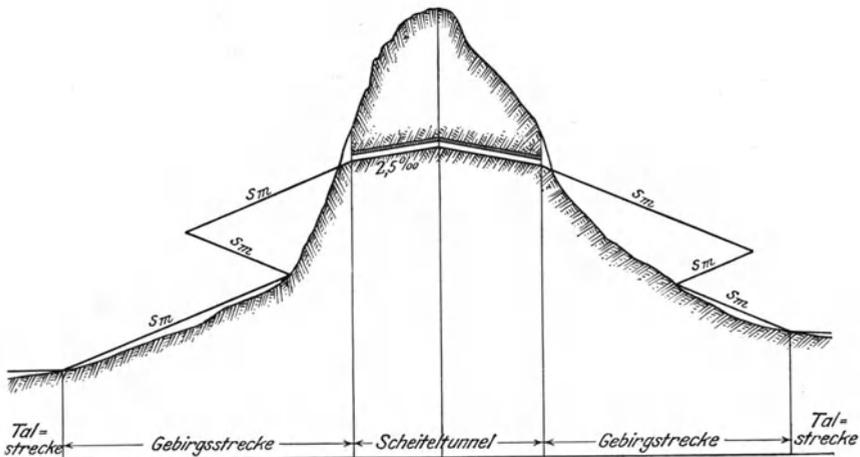


Abb. 81. Gebirgsbahn; Überschreitung der Wasserscheide durch Scheiteltunnel.

Sind die mit einer Bahn zu verbindenden Orte durch einen Gebirgszug getrennt, so muß man zunächst über die Talzüge Entscheidung treffen, in denen beiderseits der Wasserscheide die Bahn zu führen ist, um alsdann den für die Überschreitung des Gebirges in bezug auf Höhe und Lage günstigsten Punkt zu ermitteln. Das wird stets eine der tiefsten Einsenkungen der Wasserscheidenlinie, ein Sattel, sein. Kommen mehrere Pässe in Betracht, so wird man zunächst mit der Linie über denjenigen Sattel zu gehen versuchen, der die kürzeste Linie ermöglicht. Die Überschreitung des Gebirgsrückens an einem Gipfel wird nur in Frage kommen, wenn dadurch eine erhebliche Abkürzung der Linie erreicht wird. Die Kreuzung des Bergrückens soll möglichst senkrecht erfolgen. Da die Täler meist unten flacher als oben sind, wird man die untere Strecke nach Abb. 81 meist als Talbahn ausführen können. Daran wird sich häufig eine Gebirgsstrecke schließen, die mit einer durchgehenden Größtneigung s_m gegebenenfalls mit Längenenwicklungen angelegt wird.

Wie durch den Bau von neuen guten Bahnlinien eine Verkehrsverbindung verbessert werden kann, zeigt die Strecke München—Triest, deren

Länge durch die neuen österreichischen Alpenbahnen¹⁾ von 690 km auf 566 km, also um 124 km (= 18 v. H.) verringert worden ist. Auch die erforderliche Hebung hat sich, da der höchste Punkt der alten Linie im Brenner Paß auf + 1371 m und der höchste Punkt der neuen Linie im Tauerntunnel auf + 1226 m gelegen ist, um 145 m verringert.

Bei der Überschreitung eines Gebirgrückens sieht man sich nun vor die Wahl gestellt, die Wasserscheide in größerer oder geringerer Höhe zu durchbrechen. Zunächst kann man die Bahnlinie bis zur Wasserscheide hochführen, indem man die Bahn offen über den Scheitel führt. Dies verursacht, weil die Bahn bis zur Höhe des Scheitels ansteigen muß, eine große Bahnlänge und kann bei ungünstigen klimatischen Verhältnissen zu schwieriger Betriebsführung Veranlassung geben. Besonders können die Schneeverhältnisse die Bahn gefährden, die Feuchtigkeit die Reibung zwischen Schienen und Räder verringern, dazu kann Lawinengefahr kommen. Die Grenze der zu ersteigenden Höhe ist durch die Sicherung eines ununterbrochenen Betriebes im Winter festgelegt. Die Wasserscheide wird z. B. offen überschritten bei der Brennerbahn, deren Scheitelpunkt in einer Höhe von 1371 m über NN. liegt, ferner bei der Pustertalbahn (Scheitelhöhe + 1213 m), bei der 1 m-spurigen Bahn Landquart—Davos (Scheitelhöhe + 1634), bei der 1 m-spurigen Berninabahn (Schweiz—Italien, Scheitelhöhe + 2256 m), bei der Bergener Bahn (Bergen—Kristiania) in Norwegen (Scheitelhöhe + 1301 m) und bei einer Reihe von nord- und südamerikanischen Bahnen, die bei anderen klimatischen Verhältnissen noch wesentlich größere Höhen (über 4000 m) erreichen.

Um die vielen Nachteile, die sich aus der Hochführung der Bahn bis hinauf zur Wasserscheide ergeben, zu vermeiden, sieht man vielfach von der offenen Überschreitung eines hochliegenden Gebirgrückens ab und ordnet etwa nach Abb. 81 an der schmalsten Stelle des Bergrückens einen Scheiteltunnel an. Hierdurch erübrigt sich dann die Ersteigung der Wasserscheide und die Bahnlänge wird verringert. Das hat nicht nur eine wesentliche Verbilligung des Betriebes infolge der geringeren Hebung zur Folge, sondern es werden auch die auf dem Kamm stets vorhandenen ungünstigen klimatischen Verhältnisse vermieden. Demgegenüber sind als Nachteile die höheren Baukosten für den Tunnel, die durch den Tunnel bedingte Verlängerung der Bauzeit und die Rauchbelästigung im Tunnel bei Dampftrieb anzuführen. Einige derartige Ausführungen sind aus umstehender Tabelle (S. 258 oben) ersichtlich.

Derartige Tunnel erfordern bei größerer Länge an jedem der beiden Portale eine Betriebsstation, die es auch ermöglichen, auf Strecken, bei denen man sonst zwei Maschinen verwenden muß, unter entsprechender Steigungs-ermäßigung im Tunnel zur Einschränkung der Rauchbelästigung mit nur einer Lokomotive auszukommen.

Aus der Tabelle S. 258 oben ist auch zu ersehen, wie man bei den ersten großen Alpenbahnen (z. B. der Semmeringbahn) noch lange Tunnel vermied und die Bahn zu einem kurzen Scheiteltunnel in verhältnismäßig große Höhe führte, wie aber dann die bei den älteren Bahnbauten gesammelten reichen Erfahrungen mehr und mehr eine Steigerung der Tunnellänge mit sich brachten.

Mit Rücksicht auf die großartige Entwicklung, die der Tunnelbau in den letzten Jahrzehnten genommen hat und in Anbetracht der allgemeinen Verkehrszunahme ist man heute bestrebt, bei Linien, die einen außerordentlich

¹⁾ 1. Die Tauernbahn von Schwarzach-St. Veit nach Spittal a. d. Drau; 2. die Pyrhnbahn von Klaus nach Selztal; 3. die Karawankenbahn von Villach und Klagenfurt über Rosenbach nach Assling; 4. die Wocheinerbahn von Attling nach Görz und 5. die Linie Görz—Triest nach St. Andrä (neuer Hafen von Triest).

Bahnen mit Scheiteltunneln.

Bahnlinie	Länge des Scheiteltunnels in km	Höchster Punkt des Scheiteltunnels in m üb. NN.	Größte Höhe der Überlagerung in m	Bezeichnung des Tunnels
Arica—La Paz (Bolivia—Chile), gemischter Betrieb	0,15	4620		
Semmeringbahn (Österreich) 1854	1,43	895		
Schwarzwaldbahn (Baden) 1873	1,7	834		Sommerautunnel
Furkabahn (Schweiz), gemischter Betrieb	1,89	2170		
Basel—Olten	2,50	563		Alter Hauensteintunnel
Erfurt—Würzburg (Thüringer Wald) 1884	3,03	639		Brandleitetunnel
Odenwaldbahn 1882	3,1	—		Krähergtunnel
Andenbahn Buenos Aires—Valparaiso (Chile) 1910, gemischter Betrieb	3,2	3200		Andenübergang
Frankfurt a. M.—Bebra 1914	3,57	—		Schlüchterner Tunnel
Giovibahn (Genua—Tortona), alte Linie 1853	3,26	361		Giovitunnel
Moselbahn 1878	4,20	—		Cochem- (oder Kaiser-Wilhelm-Tunnel), längster deutscher Tunnel
Albulabahn (Thusis—St. Moritz) 1904	5,86	1823	911	Albulatunnel
Frasne—Vallorbe (Frankreich—Schweiz) 1914	6,1	895		Mont-d'Or-Tunnel (einseitiges Gefälle)
Wocheiner Bahn 1906	6,34	534	1000	Wocheiner Tunnel
Karawankenbahn 1906	7,98	960	638	Karawankentunnel
Giovibahn (Genua—Tortona), neue Linie 1889	8,3	342		Roncotunnel
Tauernbahn (Schwarzach—St. Veit—Spittal a. D.) 1909	8,55	1226	1567	Tauerntunnel
Berner Alpenbahn: Münster—Lengnau 1915	8,57	545		Grenchenbergtunnel
Arlbergbahn (Innsbruck—Bludenz) 1884	10,27	1310		Arlbergtunnel
Mont-Cenis-Bahn (Frankreich—Italien) 1871	12,23	1295	1590	Mont-Cenis-Tunnel
Lötschbergbahn der Alpenbahngesellschaft (Frutigen—Brig) 1913	14,60	1242	1520	Lötschbergtunnel
Gotthardbahn (Luzern—Bellinzona) 1882	14,91	1155	1530	Gotthardtunnel

Bahnen mit Basistunneln.

Bahnlinie	Länge des Scheiteltunnels in km	Höchster Punkt des Scheiteltunnels in m üb. NN.	Größte Höhe der Überlagerung in m	Bezeichnung des Tunnels
Basel—Olten 1914	8,14	452		Hauenstein—Basistunnel
Rickenbahn 1910	8,60	624		Rickentunnel [nel
Bologna—Florenz, im Bau	18,51	320		Großer Apennintunnel
Genua—Tortona, Entwurf	19,0	230		
Simplonbahn 1906	19,79	690	1875	Simplontunnel, der erste tiefliegende Wasserscheidetunnel
Kaukasusbahn (Wladikawkas—Tiflis), Entwurf	23,5	1359		
Ostalpenbahn				
a) Splügenbahn (Entwurf)	26,14	1030		Splügentunnel
b) Greinabahn (Entwurf)	20,35	922		Greinatunnel
St. Bernhardinbahn (Entwurf)	27,9	1000		

starken Verkehr erwarten lassen, zur Einschränkung der verlorenen Steigungen und Umwege und zur Verringerung der Betriebskosten bei Durchbrechung des Gebirges an schmalster Stelle den höchsten Punkt der Scheitelstrecke so tief wie irgendmöglich zu legen, auch wenn dadurch ein besonders langer Tunnel (Basistunnel) ausgeführt werden muß. Zu den Bahnlinien, bei denen man in Anbetracht der Höhenlage des Gebirgsrückens von einem Basistunnel sprechen kann, sind die auf Seite 258 unten angegebenen zu rechnen.

3. Grundsätze für die Anlage und Sicherung der Bahn.

a) Rücksichten auf den Grunderwerb und auf fremde Interessen.

„Bei Aufstellung der Entwürfe ist es die Aufgabe der Eisenbahnverwaltung, nicht nur den Anforderungen des Eisenbahnbetriebs und des Eisenbahnverkehrs zu genügen, sondern unter Abwägung aller Verhältnisse gleichermaßen auch den sonstigen Interessen in dem Sinne gerecht zu werden, daß Schädigungen von den Interessenten des öffentlichen oder privaten Rechtes abzuhalten sind, soweit dies technisch angängig und wirtschaftlich vertretbar ist, und zwar auch dann, wenn solchen Beteiligten nach dem bestehenden Recht ein zivilrechtlicher Entschädigungsanspruch nicht zur Seite steht. Bei Abwägung der hiernach zu berücksichtigenden Umstände sind nicht lediglich die zur Zeit der Entwurfsaufstellung bereits vorhandenen örtlichen Verhältnisse in Betracht zu ziehen, sondern es darf auch die Weiterentwicklung nicht unberücksichtigt bleiben, die in der nächsten Zukunft zu erwarten ist. Voraussetzung ist hierbei, daß bereits feste Tatsachen vorliegen, durch die eine bestimmte Weiterentwicklung sichergestellt ist“¹⁾.

Demnach soll jede neue Bahnlinie die bestehenden Besitz- und Verkehrsverhältnisse, soweit das möglich ist, unberührt lassen. Zu umgehen sind zunächst, wenn irgendwie möglich, Friedhöfe, deren Erwerb häufig auf unüberwindliche Schwierigkeiten stößt. Ferner wird man, um an Kosten für den Grunderwerb zu sparen, möglichst die Berührung von öffentlichen und sonstigen kostspieligen Gebäuden, gewerblichen Anlagen (z. B. Ziegeleien), auch das Anschneiden von Bau- und Gartenland vermeiden. Auch der Erwerb von Weinbergen wird meist teuer. Die Durchschneidung größerer zusammen bewirtschafteter Grundstücke erschwert oft die spätere Bestellung nicht unerheblich und veranlaßt Schadenersatzansprüche infolge der entstehenden Wirtschafterschwernisse. Sind die Restgrundstücke klein, so wird ihr Erwerb mit in Frage kommen. Am günstigsten ist es, was aber selten durchzuführen sein wird, wenn man bei Vorhandensein langer, schmaler Parzellen die Bahn parallel zu diesen legt, was nur den Erwerb weniger schmaler Streifen notwendig macht, während ein senkrechtes Durchschneiden langer schmaler Grundstücke hohe Kosten für Wirtschafterschwernisse zur Folge haben wird, die stellenweise sogar die eigentlichen Grunderwerbskosten übersteigen können.

Die Grunderwerbsverhandlungen und die damit in Zusammenhang stehenden landmesserischen Arbeiten sind rechtzeitig vorzubereiten und mit Beschleunigung zu betreiben. Die Verhandlungen beim freihändigen Erwerb, der zunächst stets anzustreben ist, sind zweckmäßig mündlich zu führen. Ist freihändiger Erwerb nicht zu erzielen, so ist möglichst die Bauerlaubnis zu erwirken, um Bauverzögerungen durch die Verhandlungen im Enteignungsverfahren zu vermeiden.

¹⁾ vgl. Erlaß d. preuß. Ministers d. ö. A. vom 7. Februar 1914, V. 54, D. 1, E.-Verordn.-Bl. 1914, S. 33.

Zur Gewinnung von Unterlagen für die Gestaltung des Bauentwurfs hat rechtzeitig ein Benehmen mit den beteiligten Behörden, Gemeinde-, Kreis- und sonstigen Verwaltungen und geeignetenfalls auch mit privaten Beteiligten stattzufinden. Dies gilt namentlich auch für die Interessen der Forst- und Domänenverwaltung, für etwaige im Gange befindliche Zusammenlegungs- und Aufteilungsverfahren, gegebenenfalls auch für die Interessen des Ansiedlungswerks und der Moorkultur. Weiter sind die Wünsche der Deichpolizeibehörden, des Bergbaus, der Militärverwaltung und der Post, sowie Wünsche an der Erhaltung von Natur- und Kunstdenkmälern in Betracht zu ziehen. Weiter kommen die allgemeinen land-, forst- und wasserwirtschaftlichen Interessen, die Interessen des Wasser- und Straßenbaues und nicht zum mindesten die städtebauliche Entwicklung in Frage.

Wegen der fiskalischen Forsten sind die zuständigen Regierungen schon vor der landespolizeilichen Prüfung (s. Abschn. XI) zu hören, insbesondere um auch die Wünsche und Ansichten der Lokalforstbeamten (Oberförster) über die Lage der Linie, sowie über die Anlage und Einrichtung der Stationen kennen zu lernen. Ebenso sind, wenn Staatsdomänen berührt werden, schon vor Beginn der Messungen durch Anfrage bei der zuständigen Regierung Ermittlungen anzustellen. Da beim Bau von Nebenbahnen auch die Aufschließung der größeren Moorflächen berücksichtigt und gefördert werden soll, so wird man, wenn die Interessen der Moorkultur in Betracht kommen, auch hierüber durch Anfrage bei den Regierungen rechtzeitig Ermittlungen einleiten. Festzustellen ist, ob in der von der Bahn berührten Gegend ein Zusammenlegungs- oder Aufteilungsverfahren schwebt oder bevorsteht. Ferner ist der Bedeutung der Deichpolizei beim Entwurf einer Bahn Rechnung zu tragen¹⁾. Wo ein Eingriff in die Deichanlage sich nicht vermeiden läßt, sind die Meliorationsbaubeamten als Gutachter zu hören.

In Bergbaugedenden wird man durch Anfrage bei dem zuständigen Oberbergamt festzustellen haben, ob bergbauliche Interessen irgendwelcher Art bei dem Bahnbau in Betracht kommen. Ist dies der Fall, so müssen bei den Oberbergämtern Unterlagen angefordert werden, aus denen die in dem Bahngelände und seiner Umgebung in Frage kommenden bergbaulichen Verhältnisse zu entnehmen sind. Es ist dann anzustreben, abgebaute Grubenfelder zu vermeiden, weil unter der Bahn oder in gewisser Entfernung befindliche Stollen meist plötzliche, nicht unerhebliche Senkungen verursachen, die allerdings nach bestimmter Zeit aufhören. Wenn, wie es neuerdings vielfach geschieht, die Stollen zugeschlämmt werden, so braucht auf sie keine Rücksicht genommen zu werden. Aber auch die Führung der Bahn durch unabgebaute Grubenfelder kann zu Entschädigungsansprüchen führen, weil der Abbau alsdann behindert wird. Am zweckmäßigsten ist es dann, sich mit der zuständigen Bergbehörde ins Benehmen zu setzen.

Das militärische Interesse wird durch den Bau einer Bahn insofern berührt, als störende Eingriffe in die Einrichtungen der Landesverteidigung vermieden und die Bahnanlagen von vornherein den Anforderungen entsprechend ausgestaltet werden müssen, die von der Heeresverwaltung demnächst an den Betrieb der fertigen Bahn und an ihre Verteidigungsfähigkeit zu stellen sein werden.

Beim Baue von Bahnen, die der Landesverteidigung oder wenigstens der Beförderung von Militärzügen zu dienen haben, sind gewisse Anforderungen in Bezug auf die Linienführung, Neigung und Krümmung, die Aus-

¹⁾ vgl. Erlaß des preuß. Ministers der öffentl. Arb. IV. A. 2957 und des Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten III b. 4738 I. C. 4411 v. 16. Juni 1902. Eisenbahn-Verordnungsbl. 1902, S. 307.

gestaltung der Stationen und die Entfernung der Zugfolgestellen zu erfüllen. Für ganze Militärzüge ist eine nutzbare Gleislänge von 550 m, für einen halben Zug von 290 m vorzusehen (BO. § 14¹).

Aber auch bei den Oberpostdirektionen ist anzufragen, welche Anlagen auf Grund des Eisenbahn-Post-Gesetzes vom 20. Dez. 1875 (Reichsgesetzblatt S. 318) für erforderlich erachtet werden. Nach Art. 7 hat bei Errichtung neuer Bahnhöfe oder Stationsgebäude, sowie bei Um- oder Erweiterungsbauten die Eisenbahnverwaltung auf Verlangen der Post die durch den Eisenbahnbetrieb bedingten, für Zwecke des Postdienstes erforderlichen Diensträume gegen Mietsentschädigung zu beschaffen und zu unterhalten. Ebenso haben die Eisenbahnen bei Mangel an geeigneten Privatwohnungen in der Nähe der Bahnhöfe auf die Beschaffung von Dienstwohnungen für Postbeamten, die zur Verrichtung des Eisenbahnpostdienstes notwendig sind, Rücksicht zu nehmen.

Besonders sorgfältig sind die Wege- und Vorflutverhältnisse, die vielfach Veranlassung zu eingehenden Verhandlungen bieten, bei Aufstellung der Entwürfe zu untersuchen. Die damit betrauten Beamten müssen sich über die Verhältnisse auf Grund der Örtlichkeit und geeignetenfalls auch durch Benehmen mit den zuständigen Stellen sowie mit Privaten unterrichten. Dies gilt auch für die Aufklärung über die oft schwierigen landwirtschaftlichen Wegeverhältnisse, insbesondere über die Art, wie die Felder in einem Gemeindebezirk verteilt sind und von den Besitzern befahren werden. Auch im übrigen ist auf eine Ermittlung der berührten privaten Interessen Bedacht zu nehmen.

b) Lage und Anordnung der Bahn mit Bezug auf die Bodenverhältnisse und Geländegestaltung.

Während die Geländegestaltung im Flachlande dem Bahnbau nur selten Schwierigkeiten bereiten wird, sind hier doch die Bodenverhältnisse des von der Bahn durchschnittenen Gebiets zu beachten, weil sie einen Einfluß auf die Bau- und Unterhaltungskosten der Bahn ausüben und daher gegebenenfalls für die Verlegung der Trasse ausschlaggebend sein können. Zunächst wird man Erdschichten und Erdmassen vermeiden, die spätere Bewegungen und Rutschungen des Bahnkörpers zur Folge haben können. Hierzu gehören Moore, Torfe und Sümpfe. Diese sind zuweilen nicht ohne weiteres wahrnehmbar und verursachen später große Unbequemlichkeiten. Um sie von vornherein umgehen zu können, müssen geologische Karten zu Hilfe genommen und gegebenenfalls Bodenuntersuchungen vorgenommen werden. Können solche Flächen nicht durch Verlegung der Bahn umgangen werden, so sind die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.

Zu beachten ist ferner, daß eine Bahn in der Ebene auf Dämmen besser liegt als im Einschnitt, weil sie hier trockener und fester gelegen, nicht den Schneeerwehungen ausgesetzt ist und geringere Unterhaltungskosten verursacht. Man wird daher, selbst wenn dadurch der Ausgleich der Bodenmassen ungünstig beeinflusst wird, zuweilen Dämme den Einschnitten vorziehen.

Die Herstellung von Einschnitten im Erdreich, das auf einer wasserführenden, tonhaltigen Rutschfläche ruht, führt häufig Gleichgewichtsstörungen herbei und hat Rutschungen zur Folge, weshalb auch solch Untergrund nach Möglichkeit zu umgehen ist. Ist dies nicht erreichbar, so sind solche Schichten möglichst vor Herstellung des Einschnittes, solange die Massen noch in Ruhe sind, durch Sickerschlitze, Stollen und Schächte zu entwässern.

Auch für die Herstellung von Aufträgen sind Bodenarten, die eine Gefährdung herbeizuführen geeignet sind, wie Ton u. dergl. zu vermeiden.

Häufig wird man schon bei der Linienführung große Ersparnisse in der Beschaffung von Baustoffen erzielen können, wenn es möglich ist, die Bahn so zu legen, daß durch einen Einschnitt für die Bettung geeigneter Kies und Steinschlag oder Steine und Sand für Bauzwecke gewonnen werden.

In wasserarmen Gegenden wird auch das Vorhandensein von Quellen für das Speisewasser der Lokomotiven auf die Anlage der Bahn von Einfluß sein. Neuerdings ist für das Auffinden solcher Quellen auch die Wünschelrute mit Erfolg verwendet worden.

Im Gebirge und auch schon im Hügellande wird die Lage der Bahn durch die Geländegestaltung und die Bodenverhältnisse des Geländes wesentlich mehr beeinflußt werden als im Flachlande. Wenn auch hier die bei den Flachlandbahnen zu beachtenden Hindernisse wie etwaige Moore, Seen, Sümpfe, Rutschflächen, ferner Wasserläufe und Verkehrswege in Betracht kommen können, so sind hier außerdem der Bahn in erster Linie durch die Lage der Täler bestimmte Richtungen gewiesen, die häufig zu Umwegen Veranlassung geben werden.

Bei der Führung der Bahn im Tale entsteht die Frage, ob man die Linie besser in der Talsohle entlang führt (Talbau) oder in größerer Höhe anordnet (Hangbau). Die Führung der Bahn im Tale hat den Nachteil, daß etwaiges Hochwasser den Bahndamm leicht gefährden kann, daß höhere Grunderwerbskosten entstehen, und daß in stärkerem Maße künstliche Entwicklungen und Bahnverlängerungen notwendig werden. Die Bahnlage im Hangbau hoch an den Berglehnen entlang erschwert dagegen die Zugänglichkeit der Bahnhöfe von den Ortschaften, die meist im Tal gelegen sind, und bedingt den Bau kostspieliger langer Straßenanlagen von den Ortschaften zu den hochgelegenen Bahnhöfen; dann aber treten auch größere Erschwernisse beim Bau durch schwierigere Zufuhr der Baustoffe und durch die stärkere Querneigung im oberen Talhange auf. Die Steilheit der Berglehnen erschwert die Befestigung der Auf- und Abtragsböschungen und erfordert zahlreiche Stütz- und Futtermauern. Die Bahngräben müssen wegen der Kraft der Wassermassen ausgemauert werden. Es werden insbesondere bei Kreuzung der oft schluchtartig gestalteten Seitentäler mehr Kunstbauten an dem Unterbau erforderlich, der eine besonders sorgfältige Ausbildung erheischt, um einer Lockerung durch die starken Erschütterungen und Lasten vorzubeugen — häufig muß der Bahnkörper vollständig als Viadukt in scharfen Bögen ausgebildet werden, die durch die Anschmiebung der Bahnlinie an das Gelände bedingt sind. Dazu kommen weiter Betriebserschwernisse und eine verminderte Betriebssicherheit. Ob die Gefahren durch Schneeverwehungen, Lawinen und Steinfälle bei der Lage der Bahn in der Talsohle oder bei höherer Lage größer werden, hängt von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab.

Häufig wird man eine Bahnlinie am zweckmäßigsten und billigsten in der Weise führen, daß die Bahn zunächst dem Gelände in seinen Windungen an der Tallehne folgt und erst in einer gewissen Entfernung vom Scheitel, um die Höhe zu erreichen, die Talsohle verläßt, um allmählich längs der Berglehne emporzusteigen.

In Bezug auf die Bodenverhältnisse kann bei festen Bodenarten die Bahnlage durch die Lage der Schichten beeinflußt werden. Der Anschnitt schräg abfallender, auf undurchlässigem Boden (z. B. Ton) liegender Schichten, die leicht ein Rutschen veranlassen, ist möglichst zu umgehen. Ist dies nicht möglich, so wird man zunächst versuchen, die Bahn auf der Seite der Schichtenköpfe (Abb. 82 bei 1) anzuordnen, weil sie hier mit steilen Böschungen im Anschnitt am sichersten anzulegen ist. Ist dieses mit Rücksicht auf die Lage der Ortschaften und die Geländegestaltung nicht angängig, so wird

man die Bahn an die Seite der einfallenden Schichten in der Abb. 82 links in Auftrag bei 2 anzuordnen suchen. Läßt sich ein Anschneiden der Gebirgsschichten nach Anordnung 3 an dieser Seite nicht vermeiden, so ist dies, um einem Rutschen auf tonigen Schichten vorzubeugen, nur nach eingehenden Untersuchungen über die Art und Wasserführung der Schichten, meist nur in Verbindung mit oberhalb des Anschnitts herzustellenden Entwässerungsanlagen und flachen Böschungen zulässig. Endlich wird man zu prüfen haben, ob man die Bahn nicht besser in einen Tunnel legt, der aber unterhalb der vom Tale angeschnittenen Schichten (etwa bei 4) liegen muß. In jedem Fall ist eine Tunnellage nach 5 bedenklich, weil sie leicht ein Abschieben des oberen Tunnelteils zur Folge haben kann.

Sind jüngere, lockere Formationen auf festem Fels gelagert, so befinden sie sich häufig in dauernder Bewegung und dürfen dann weder mit Damm noch im Einschnitt überschritten werden, bevor nicht für ausreichende Entwässerung durch Stollen gesorgt ist.

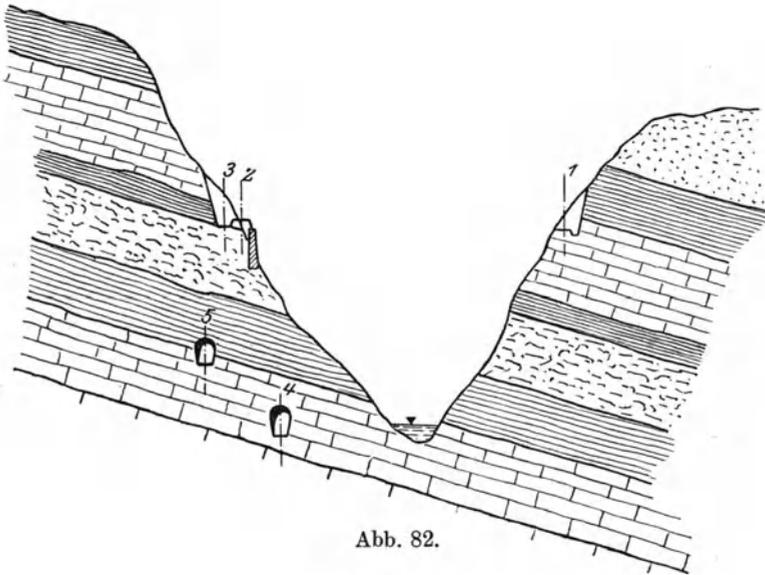


Abb. 82.

Einschnitte, wie sie sich im Gebirge häufig ergeben, sind der hohen Kosten wegen möglichst flach zu halten. In Gelände mit starker Querneigung wird man häufig durch Anordnung von Futtermauern an Kosten sparen können, auch Rutschungen und Abbröcklungen des Erdreichs dadurch vermeiden können. Werden Einschnitte zu tief, so sind Tunnel zu verwenden. Die Grenze zwischen Einschnitt und Tunnel ist aus folgender Betrachtung zu ermitteln.

Sind für den Einschnitt:

- k* die Kosten für den Aushub einschl. Förderung und Böschungsbefestigung in M/cbm,
- g* die Kosten für den Grunderwerb in M/qm,
- u* die jährlichen Unterhaltungskosten der Bahn im Einschnitte in M für das lfd. m Bahn

und für den Tunnel:

- K* die Baukosten des Tunnels in M/m,
- G* eine einmalige, zunächst zu schätzende Entschädigung für Verschlechterung des Grund und Bodens über dem Tunnel in M für das lfd. m Tunnel,
- U* die jährlichen Unterhaltungskosten der Bahn im Tunnel in M für das lfd. m Tunnel und
- z* der Zinsfuß,

so ergibt sich nach Abb. 83 und unter Zugrundelegung der darin angegebenen Bezeichnungen, wenn man die für 1 m Einschnitt entstehenden Aushub-, Grunderwerbs- und kapitalisierten Unterhaltungskosten den Baukosten, der Entschädigung und den in Stammvermögen umgerechneten Unterhaltungskosten für 1 m Tunnel gleich setzt:

$$(bh + mh^2)k + (b + 2mb + 2)g + \frac{u}{z} = K + G + \frac{U}{z},$$

woraus sich h berechnen läßt.

Für einen überschlägigen Entwurf kann man zur Feststellung des Tunnelanfangs mit einer Einschnittstiefe von etwa 15 m rechnen.

Ebenso wie tiefe Einschnitte sind aber auch hohe Aufträge wegen der hohen Bau- und Unterhaltungskosten nicht günstig. Zur Sicherung ihres Böschungsfußes lassen sich bei Bächen und starker Querneigung häufig Steinpackungen und Stützmauern nicht umgehen. Letztere werden auch bei Mangel an Anschüttungsboden und zur Vermeidung besonders teurer Grunderwerbs verwendet. Stützmauern werden bei Vorhandensein guten Baugrundes und bei mittleren Mauerwerks- oder Betonpreisen, wie sie vor dem Kriege

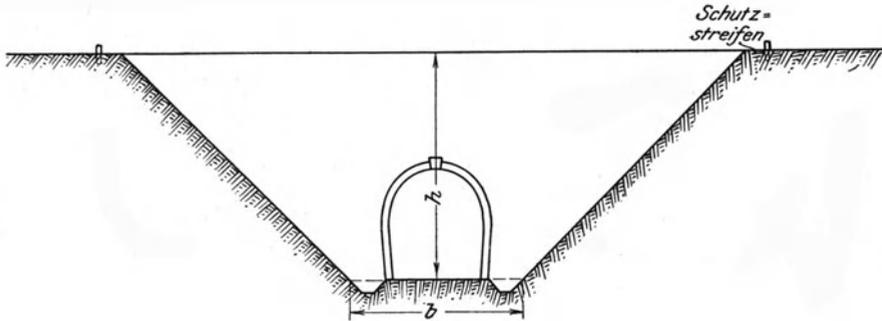


Abb. 83.

vorhanden waren, bei einem Grunderwerbspreise von etwa 30 M/qm wirtschaftlicher als Bodenanschüttungen; jedoch sind mit Rücksicht auf die schwankenden Preise und auf den verschiedenartigen Baugrund stets bei genauen Entwürfen Vergleichsrechnungen anzustellen.

Ist die Bahn in größerer Höhe über ein Tal zu führen, so hat man beim Fehlen von geeigneten und billigen Auftragsmassen oder bei teurem Grunderwerb durch einen Kostenvergleich zu ermitteln, ob man nicht statt eines hohen Dammes mit dem vielleicht erforderlichen kleinen Durchlaß eine Talbrücke wählt.

Bezeichnen für den Auftrag:

k die Kosten für den Auftragsboden einschl. Böschungsbefestigung in M/cbm,
 u die jährlichen Unterhaltungskosten der Bahn im Auftrag in M für das lfd. m Bahn,

für die Talbrücke:

K die Baukosten in M für das lfd. m Talbrücke,
 U die jährlichen Unterhaltungskosten der Bahn auf der Talbrücke in M für das lfd. m,
 f die gegenüber der Brückenbreite erforderliche Mehrbreite an Grunderwerb infolge Verbreiterung der Grundmauern,
 g die Kosten für den Grunderwerb in M/qm und
 z den Zinsfuß,

so ergibt sich nach Abb. 84, wenn man die Kosten für 1 m Damm den Kosten für 1 m Talbrücke gleich setzt:

$$\frac{b + (b + 3h)}{2} \cdot h \cdot k + (b + 3h + 2)g + \frac{u}{z} = K + (b + f)g + \frac{U}{z}.$$

Hieraus errechnet sich die Höhe h , die die Grenze zwischen Damm und Talbrücke bildet. Ist in jedem Falle ein Wasserlauf oder eine Straße durch den Bahndamm hindurchzuführen, so sind die Kosten hierfür noch zu den Dammkosten hinzuzusetzen, wodurch sich das Verhältnis für die Talbrücke günstiger stellt. Bei gutem Baugrund und mittleren Preisen wird $h = 20$ bis 25 m. Dämme von mehr als 25 m Höhe werden im allgemeinen nur ausgeführt, um größere vorhandene Bodenmassen unterzubringen. Auch Schönheitsrücksichten können gegebenenfalls für die Anlage einer Talbrücke sprechen, obgleich auch ein hoher Damm durch Bepflanzen mit geeigneten Baumgruppen gefällig wirken kann.

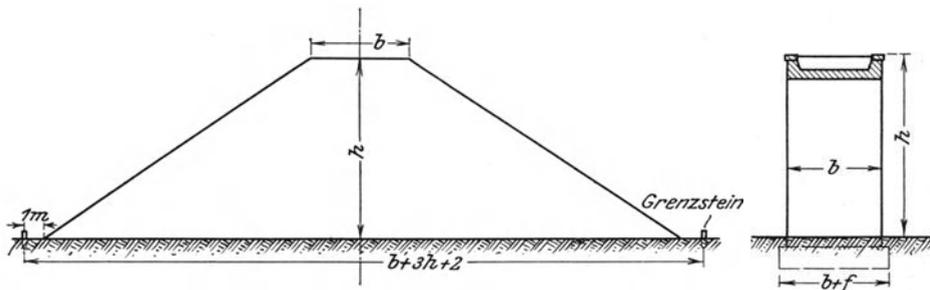


Abb. 84.

c) Sicherung der Bahn gegen Wasser.

Zum Schutz der Bahnanlage gegen Beschädigungen durch Wasser ist zunächst die Höhenlage der Bahnkrone von Bedeutung. Die Schienenunterkante soll nach TV. § 33 außer bei Bahnstrecken in eingedeichtem Lande bei Nebenbahnen über dem bekannten höchsten Wasserstande, bei Hauptbahnen (auch nach BO. § 8) in der Regel noch mindestens 0,6 m darüber liegen. Für Lokalbahnen wird nach Grz. § 26 empfohlen, die Schienenunterkante über die öfters wiederkehrenden Hochwasser zu legen. Sie kann aber unbedenklich unter den außergewöhnlich selten auftretenden Hochwasserständen liegen und sie ist bei Bahnen, deren gelegentliche Außerbetriebsetzung unbedenklich ist, zuweilen auch schon so tief angeordnet worden, daß die Bahnkrone bei Hochwasser überflutet wurde. Die für Hauptbahnen vorgeschriebene Höhe reicht in ebenem Gelände im allgemeinen aus, um eine genügende Entwässerung der Bettung zu gewährleisten und auch den Bettungskörper gegen Überspülen infolge Wellenschlag zu schützen. In gebirgigen Gegenden dagegen, wo reißende Wildbäche vorhanden sind, wird sich häufig, um die Sohle der Bahnbettung vollständig zu entwässern und auch ein Überfluten und Beschädigen des Bahnkörpers auszuschließen, eine wesentlich höhere Lage der Bahnkrone empfehlen. (Bei der Brennerbahn war die Fahrbahtafel mindestens 1,25 m über den höchsten bekannten Wasserständen angelegt worden.) Da bei Ermittlung der Höhe der Bahnkrone auch berücksichtigt werden muß, daß die im Zuge der Bahn liegenden Brückenbauwerke ausreichende Höhen über Hochwasser haben, so wird sich öfters häufig eine größere Höhe der Bahnkrone über Hochwasser ergeben.

Zur Abführung des Niederschlags- und Quellwassers und zur wirksamen Entwässerung des Bahnkörpers sind bei Bahnen, die im Einschnitt gelegen sind, zu beiden Seiten Gräben anzuordnen. Liegt die Bahnkrone im Auftrage, so ist mindestens an der Bergseite ein Graben erforderlich. Zweckmäßig ist es aber zuweilen, auch den in einem Einschnitte vorhandenen zweiten Graben in dem anschließenden Auftrage bis zu einem Wasserlauf weiterzuführen; denn da das plötzliche Aufhören eines wasserabführenden Grabens etwa an der Stelle 1 der Abb. 122 S. 306 nicht zulässig ist, so ist die Weiterführung beider Gräben bis zum Punkte 2 einer sonst erforderlichen Verbindung der beiderseitigen Gräben mittels eines kleinen Durchlasses bei *a* meist vorzuziehen.

Zur Herstellung einer günstigen Entwässerung mittels des natürlichen Gefälles ist es ferner erwünscht, lange Einschnitte nicht wagerecht, sondern mindestens mit 2 v. T. geneigt anzulegen. Dasselbe gilt für lange Tunnel, die am besten ein Gefälle von der Mitte nach den beiden Mundlöchern hin erhalten.

An den Wegübergängen in Schienenhöhe müssen die Bahngräben mittels eines kleinen Rohres unter den Wegen unterführt werden (vgl. Abb. 125, S. 311). Um die Anzahl solcher Durchführungen möglichst einzuschränken, legt man, wenn möglich, die Scheitelpunkte der Gräben hierher.

Gräben, die längs des Fußes des Bahndammes steilem Gelände folgend mit starkem Gefälle (40 bis 80 v. T.) abfallen, werden durch das abfließende Wasser leicht ausgewaschen und müssen daher befestigt werden, wozu Rasenbelag, eine Abpflasterung oder ein Betonbelag verwendet wird. Bei starker Querneigung des Geländes muß ferner im Einschnitt an der Bergseite das Tagewasser in besonderen Fangegräben aufgenommen und gelegentlich durch eine in der Böschung hergestellte abgepflasterte Rinne in die Bahngräben geleitet werden.

Die Gräben werden auf dem kürzesten Wege in einen Wasserlauf eingeführt und an den tiefsten Punkten der Aufträge unter dem Bahndamm mit Durchlässen hindurchgeleitet. An den vor dem Bahnbau vorhandenen Vorflutverhältnissen soll, um Beschwerden vorzubeugen, möglichst nichts geändert werden.

Ein Gebirgsbach verursacht in seinem oberen Lauf infolge des starken Gefälles dauernde Abwaschungen. Die gelösten Massen werden vom Bache weggespült, der dann gewaltige Geröllmassen, Muren genannt, mit sich fortbewegt. Tritt der Bach dann in ein breiteres Tal ein, so lagert er die Geröllmassen als Schuttkegel ab. Die Kreuzung einer Bahn mit Wildbächen und Schuttkegeln, wird am besten außerhalb des Abschwemmungsgebietes ausgeführt, im anderen Falle erfordert sie besondere Maßnahmen. Wildbäche kann man entweder überbrücken, mittels eines Gerinnes nach Abb. 85 über die Bahn hinwegführen oder verbauen. Die Überbrückung, die ohne Pfeiler auszuführen ist, soll möglichst über dem Tobel oder am untersten Rande des Ablagegebietes erfolgen. Die Verbauung soll die Loslösung der Massen im oberen Laufe der Wildbäche verhindern. Sie besteht in stellenweiser Befestigung der Sohle mittels sogenannter Sperren, die treppenförmig in Holz und Stein ausgeführt werden und die Geschiebe zurückhalten. Schneidet die Bahn an steilen Berghängen einen Schuttkegel, so kann sie, wenn der Schuttkegel trocken ist, oder sich durch einen Stollen leicht entwässern läßt, auf einem Damm überführt werden, andererseits ist er zu überbauen oder am besten durch einen Tunnel zu unterfahren. Durch die Verlegung der Linie an das dem Schuttkegel gegenüberliegende Flußufer wird eine Gefahr nur dann vermieden, wenn der Bahnkörper höher als der größte Aufstau gelegt werden kann.

Die Lage der Bahn, die sich häufig in dem Tal eines Flusses oder Baches hinzieht, zum Flußlauf kann verschiedenartig sein. Entweder folgt die Bahn dem Wasserlauf und zieht sich auf dem dafür geeigneten Ufer entlang. Diese einfachste und billigste Ausführung wird möglich, wenn der Wasserlauf nicht zu starke Windungen aufweist; der längs des Flusses verlaufende Fuß der Bahnböschung ist dann gegen Abspülung ausreichend zu schützen. Ist der Wasserlauf so stark gewunden, daß die Bahn ihm mit Rücksicht auf die Krümmung nicht zu folgen vermag, so muß sie ihn mehr-

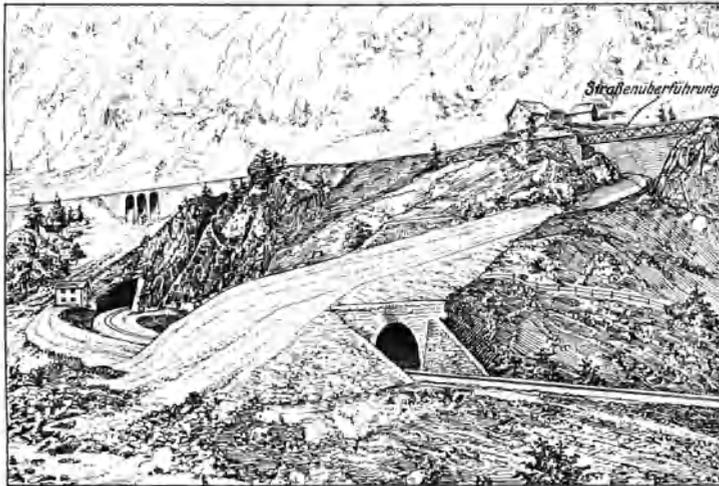


Abb. 85. Wildbachüberführung an der Gotthardbahn.

fach schneiden; die Bahn liegt dann bald auf dem rechten, bald auf dem linken Ufer des Flusses. Eine Ersparnis an Brücken kann bei dieser Anordnung, wenn eine Verlegung der Bahn nicht möglich ist, durch eine Verlegung des Wasserlaufes nach Abb. 86 erreicht werden. Doch ist bei allen Verlegungen von Wasserläufen mit Rücksicht auf die Veränderung des Gefälles Vorsicht geboten. Bei solchen Flußverlegungen kann, wenn der Fluß sich vorher um eine steile Bergnase wand, der verlegte Wasserlauf auch in einen die Bergnase durchbrechenden Tunnel gelegt werden. Sind beide Fluß-

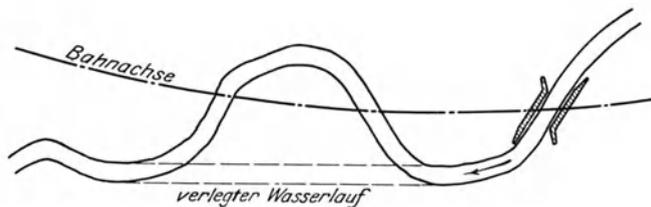


Abb. 86.

ufer außerordentlich steil und ist die Bahn im unteren Teile des Tales entlang zu führen, so kann auch eine Ausführung wie bei der Arkansasbrücke in Nordamerika nach Abb. 87 in Betracht kommen, bei der, um das schon ohnehin enge Flußbett nicht durch den Bahnkörper noch weiter einzuengen, die Fahrbahn über dem Wasser schwebend an einem sich gegen die beiden steilen Ufer stützenden Bock aufgehängt ist. Bei ähnlicher Lage der Bahn zum Fluß kann es zuweilen auch zweckmäßig sein, den Flußlauf ganz zu überwölben und die Bahn auf einem Gewölbe über dem Flußlauf anzuordnen.

Bei der Kreuzung von Eisenbahnen mit Wasserläufen kann entweder die Bahn über dem Wasserlauf gelegen sein — dies ist die üblichste Anordnung, die, wenn irgend möglich, durch Hebung der Bahn anzustreben ist — oder es kann die Bahn unter dem Wasserlauf liegen, wenn etwa die



Abb. 87. Arkansasbrücke in der Königsschlucht auf der Pacific-Eisenbahn St. Louis—San Francisco.

Höhe des Wasserlaufes nicht verändert werden darf und eine Hebung der Bahn zur Überführung über den Wasserlauf nicht möglich ist. Solche Anordnungen kommen vor bei Führung von Kanälen über die Bahn (vgl. S. 327) oder auch bei Durchschneidung von künstlichen Bewässerungen, wie z. B. vielfach bei den Bahnen Javas, wo zur Bewässerung der Reis- und Zuckerrohrfelder sorgfältig ausgeführte stufenförmige Bewässerungsanlagen dienen, an deren Höhenlage beim Bahnbau nichts geändert werden durfte. Endlich kann die Bahn in gleicher Höhe mit dem Wasserlauf gelegen sein, dann wird der Wasserlauf unter der Bahn unterdükert.

Bei Kreuzung von flachen Tälern mit größeren Wasserläufen ist zunächst eine möglichst günstige Überschreitungsstelle auszuwählen, wobei Rücksichten auf Stromrichtung, Eisgang und leichte Gründung der Pfeiler zu beachten sind. Ist eine geeignete regelmäßige Strecke des Flußlaufes nicht vorhanden,

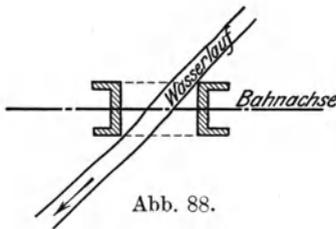


Abb. 88.

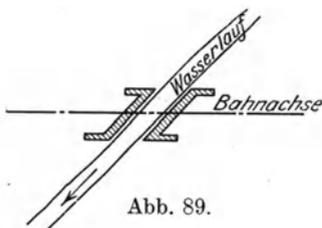


Abb. 89.

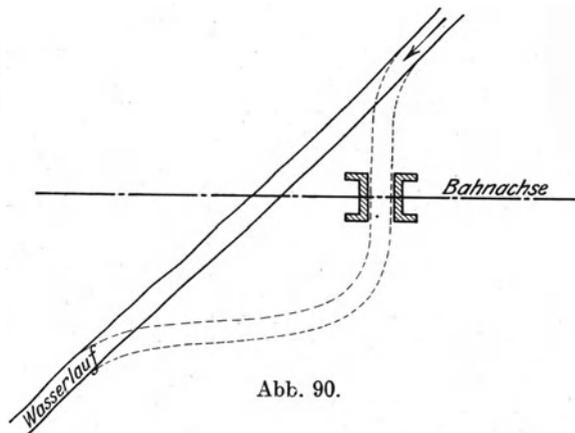


Abb. 90.

so ist sie gegebenenfalls erst durch Regulierungen im Einvernehmen mit der Wasserbauverwaltung zu schaffen. Allgemein wird die Überführung einer Bahn über einen Wasserlauf am besten an die engste Stelle des Tales gelegt und als Schnittwinkel zwischen Bahn und Wasserlauf ein rechter gewählt, weil eine gerade Brücke am einfachsten und billigsten ist. Stets ist die rechtwinklige Lage zwischen Bahn und Wasserlauf bei Überschreitung großer Flüsse

angezeigt. Bei kleinen Wasserläufen empfiehlt sich, etwa nach Abb. 88, ein senkrecht Bauwerk auch dann, wenn sich Bahn und Bach schräg schneiden. Ist eine gerade Brücke nicht erreichbar, so kann man entweder nach Abb. 89 eine schiefe Brücke anordnen oder, was sich vielfach noch mehr empfiehlt, durch Verlegung des Wasserlaufs nach Abb. 90 die schiefe Brücke vermeiden. Dadurch erreicht man auch den Vorteil, daß man das Bauwerk im Trocknen herstellen kann, ohne bei seinem Bau durch den Wasserlauf gehindert zu werden, der erst nach Herstellung des Bauwerks in das neue Bett geleitet wird.

Die Veränderung eines die Bahn kreuzenden Wasserlaufes in Lage und Höhe ist in der Regel bedenklich. Zulässig ist sie jedoch bei Überschreitung steiler Gebirgstäler mit kleinem Wasserlauf, weil sich hier ein etwaiger Stau wegen des großen Gefälles nicht weit erstreckt und Veränderungen der Lage und Höhe sowie Regelungen der Bachsohle unbedenklich sind. Häufig wird es zweckmäßig sein, mehrere Wasserläufe in einem Bauwerk zu vereinigen, namentlich aber wird es sich empfehlen, unter hohen Dämmen einen Wasserlauf und Weg in einem gemeinsamen Bauwerk unter der Bahn hindurch zu führen, entweder indem der Bach neben dem Weg oder unter ihm angeordnet wird (vgl. S. 317 oben).

Bei der Kreuzung von Bahnen und Wasserläufen handelt es sich entweder um schiffbare Wasserläufe, d. h. Wasserstraßen, oder um nicht schiffbare Wasserläufe. Über erstere s. S. 326 u. ff. Die Lichtweite von Unterführungsbauwerken zur Durchführung von nicht schiffbaren Wasserläufen ist gegebenenfalls durch Anordnung von Flutöffnungen so zu wählen, daß auch das höchste Hochwasser ohne zu große Wassergeschwindigkeit und ohne schädlichen Stau abgeführt werden kann. Auch muß die lichte Höhe so sein, daß schwimmende Gegenstände ohne Beschädigung des Bauwerks unter der Brücke mit hindurch gelangen können. Häufig bietet eine bereits vorhandene, nah (flußabwärts) gelegene und über denselben Flußlauf führende Brücke eines benachbarten Weges, die für die Abführung der gleichen Wassermenge genügt hat, einen Anhalt, die erforderliche Durchflußweite zu ermitteln. Vor dem Bahnbau sind daher Vorerhebungen über die Weite der in der Nähe der beabsichtigten Bahnlinie liegenden Brücken und Durchlässe erforderlich, insbesondere müssen Erkundigungen über ihre Bewährung bei Hochwasser eingezogen werden. Fehlt es an Durchlässen und Brücken, die einen Anhalt für die Bemessung der Weite der Unterführung des Flußlaufes bieten können, so muß die Durchflußweite aus dem Niederschlagsgebiet und der Niederschlagsmenge ermittelt werden. In jedem Falle empfiehlt es sich jedoch, die lichte Weite schon bei den Vorarbeiten nicht zu knapp zu bemessen. Die Lichtweite von Bauwerken zur Durchführung von Wasserläufen ist nur selten kleiner als 1 m, die lichte Höhe 0,3 bis 1,0 m über Hochwasser und wenigstens 0,75 m über dem Wasserstand mit Eisgang.

d) Lage der Bahn und der Bahnhöfe zu den Ortschaften.

Die Zuführung des Verkehrs zur Bahn kann nicht wie bei Straßenanlagen an jeder beliebigen Stelle geschehen, sondern erfolgt auf den besonders hierfür angelegten Bahnhöfen. Der Güterverkehr kann daneben den Bahnen auch durch Anschlußgleise von Häfen, Fabriken, Bergwerken, Steinbrüchen, Forsten, größeren Landgütern und ähnlichen Anlagen zugeführt werden. Die Anschlußgleise sind am besten unmittelbar in die Stationen einzuleiten.

Die Bahnhöfe, deren Lage bei der Linienführung zu ermitteln ist, sind nun zunächst möglichst günstig zu den Ortschaften und den gut befestigten

Hauptverkehrsstraßen zu legen, so daß der Verkehr zum Bahnhof möglichst bequem ist. Alsdann wird die Frage häufig der Entscheidung bedürfen, welche seitwärts von der geraden Bahnlinie gelegenen Zwischenorte an die Bahn unmittelbar anzuschließen sind. Die Antwort wird im allgemeinen dahin gehen, daß ein Umweg zur Berührung eines Ortes um so eher gerechtfertigt ist, je größer der Verkehr des abseitsliegenden Ortes, je schwächer der Durchgangsverkehr auf der ganzen Linie und je geringer ihre allgemeine Bedeutung ist. Dagegen wird man zu der Führung einer Bahn über eine Ortschaft absehen oder sie höchstens durch eine Zweigbahn an die Durchgangsstrecke anschließen, wenn der Durchgangsverkehr zwischen den beiden Endpunkten der Bahn vorherrscht und der Verkehr der Zwischenorte gering ist. Eine wichtige Hauptlinie mit starkem Durchgangsverkehr wird z. B. selbst Städte unberührt lassen; eine Kleinbahn jedoch möglichst jeden Ort anlaufen.

Die Lage der Bahn und des Bahnhofes im einzelnen hängt von den Geländeverhältnissen, den Wege- und Wasserläufen und der Bebauung des Ortes ab. Da die Ortschaften meist im Tal gelegen sind, so wird bei Gebirgsbahnen stets die Tallage der Bahn am günstigsten sein, weil sie eine bequeme Zufuhr zum Bahnhof ermöglicht, während die Lage der Bahn an den Berglehnen die Zugänglichkeit zum Bahnhof sehr erschwert. Da der Bahnhof annähernd in der Wagerechten anzuordnen ist, so wird man ihn zur Einschränkung der Erdarbeiten möglichst parallel zu den Schichtenlinien legen. Die Anlage in tiefen Einschnitten und auf hohen Dämmen ist nicht nur wegen der bedeutenden Erdarbeiten, sondern auch wegen der ungünstigen Zugänglichkeit vom Ort und der kostspieligen Gründung der Gebäude im Auftrage zu vermeiden.

Die Lage der Bahnhöfe ist aber auch so zu wählen, daß eine Erweiterung der Ortschaften durch die Bahn nicht zu sehr behindert wird. Bahnhöfe, die an einem Orte vorläufig endigen, wird man stets so anlegen, daß die Bebauung eine spätere unmittelbare Verlängerung der Linie nicht ausschließt. Wenn möglich, wird man schon den für eine spätere Verlängerung der Bahnlinie in der Nähe der Ortschaften erforderlichen Grund und Boden zu erwerben suchen, zum mindesten auf dem in Betracht kommenden Gelände gegen die Bebauung ausreichende Vorsorge treffen.

Die Bahnhöfe wird man, da ihr Verkehr beim Bau noch nicht genau zu übersehen ist, zunächst klein anlegen, nur so, daß sie den voraussichtlichen ersten Verkehrs- und Betriebsbedürfnissen sicher entsprechen, aber alle Anlagen stets auf das Wachsen des Verkehrs einrichten, damit der Bahnhof, je nach der Entwicklung des Verkehrs, ohne Änderung der ersten Anlagen ausbaufähig ist. Dazu ist jedoch erwünscht, daß durch einen gleich beim Bahnbau vorzunehmenden reichlichen Geländeerwerb die Erweiterungsfähigkeit in der beabsichtigten Form sichergestellt wird.

Der Abstand der Bahnhöfe hängt in erster Linie von der Bedeutung der an der Bahn liegenden Ortschaften, daneben von den erforderlichen Kreuzungs-, Überholungs-, Kohlen-, Wasser- und Lokomotivstationen ab.

Die Zahl der Stationen ist von wesentlichem Einfluß auf die Gesamtkosten einer Bahn, weil die Bahnhöfe einmal wesentlich teurer sind als der Bau der freien Strecke, dann aber auch weil die auf den Bahnhöfen notwendigen zahlreichen Bediensteten hohe Betriebskosten verursachen. Die Zahl der Stationen darf daher nicht zu groß gewählt werden. Da aber die Bahnhöfe die einzige Einnahmequelle für die Bahn bilden und nur sie eine Gegend zu erschließen geeignet sind, so dürfen sie auch wieder nicht in zu großen Abständen angeordnet werden. Hier werden für jeden einzelnen Fall eingehende Erhebungen erforderlich werden.

Ist die Lage der Bahnhöfe bestimmt, so bilden sie feste Punkte für die Linienführung, die alsdann nur noch in der Verbindung der einzelnen Bahnhöfe untereinander besteht.

Um den Bau einer Bahn, die stets eine Hebung der ganzen Gegend zur Folge hat, auch noch zu ermöglichen, wenn sie eigentlich nicht mehr bauwürdig ist, wird man anstreben, die Gemeinden und Anlieger, denen der Vorteil aus der Anlage der Bahn und aus den Stationen erwächst, zu den Kosten heranzuziehen, sei es durch Geldbeiträge oder durch unentgeltliche Bereitstellung des Grund und Bodens.

4. Neuzeitliche Aufgaben der Linienführung.

Nachdem in Deutschland und anderen Kulturstaaten in den achtziger Jahren das Eisenbahnnetz in den Grundzügen ausgebaut war, konnte es sich bei der weiteren Entwicklung der Eisenbahnen, soweit die Hauptbahnen in Betracht kamen, hier nicht mehr so sehr um den Bau neuer Bahnlinien, wie vielmehr um die Vervollkommnung des vorhandenen Bahnnetzes handeln. Zu den wichtigsten derartigen Aufgaben, die auch für die nächsten Jahrzehnte — ganz besonders nach dem Weltkrieg — noch Bedeutung haben werden, gehören die folgenden:

a) Verbesserung der Linienführung und der Bahnanlage bereits vorhandener Bahnen.

Da es bei dem in den ersten Zeiten des Eisenbahnverkehrs schwachen Bahnverkehr mehr darauf ankam, Bahnen schnell und billig zu bauen, als eine wirtschaftliche Betriebsführung zu erzielen, so sind viele Eisenbahnlinien teils um kostspielige Kunstbauten zu vermeiden, teils auch in Unkenntnis der jetzigen Trassierungsgrundsätze zunächst für den Betrieb ungünstig mit Umwegen, starken Steigungen, Gegenneigungen, verlorenem Gefälle und scharfen Bögen ausgeführt worden.

Als besonders beachtenswertes Beispiel hierfür sei zunächst auf die Eisenbahnen der Vereinigten Staaten von Amerika hingewiesen. Da hier die Eisenbahnen zum großen Teil — wie jetzt vielfach noch beim Bau in unkultivierten Ländern und Kolonien — zunächst durch unbewohnte Gegenden geführt wurden und oft erst die einzige Straße waren, die zur Erschließung des Landes gebaut wurde, da ferner das Gelände den entwerfenden Ingenieuren unbekannt war, gute Karten fehlten, dazu das Baukapital bescheiden war und die Bauzeit möglichst abgekürzt werden mußte, um recht bald Einnahmen zu erzielen, so sind hier Kunstbauten auf das denkbar geringste Maß beschränkt worden, insbesondere Tunnel und Talübergänge von größeren Einzelspannweiten durch Verlängerung der Linien und Schleifenbildungen fast ganz vermieden worden. Als aber einige Jahrzehnte nach dem Bahnbau bei zunehmendem Verkehr die Rentabilität der Bahnen unter der ungünstigen Linienführung wesentlich zu leiden begann, ging man dazu über, die Bahnen durch Ermäßigung der Steigungen, Beseitigung der scharfen Krümmungen und Kürzung der Linie zu verbessern. So sind z. B. gegen 1900 auf der Strecke Denver-Salt Lake City der Union Pacific-Bahn bei Überschreitung des Felsengebirges die Steigungen von 18,2 v. T. auf 8 v. T. ermäßigt und gleichzeitig damit die 710 km lange Strecke Cheyenne-Evanston auf eine Länge von 650 m gekürzt worden. Beachtenswert ist ferner, die etwa zur gleichen Zeit ausgeführte Verbesserung der Strecke der Union Pacific-Bahn zwischen Lucin und Ogden (Abb. 91), die früher bei 236 km Länge mit Steigungen von 17 v. T. im Norden um den Großen Salzsee herumgeleitet

war und etwa im Jahre 1904 infolge Führung durch den Salzsee auf Dämmen und Jochbrücken auf 166 km gekürzt und unter Beseitigung der verlorenen Steigungen auf Höchststeigungen von 4 v. T. gebracht wurde. Bedeutend war hierbei besonders die Verminderung der Bögen, denn die Summe der Winkel aller Bögen wurde von 4260° auf 341° verringert.

Auf Linien mit besonders starkem Verkehr, also vorzugsweise in den industriereichen Gegenden hat man auch schon verhältnismäßig schwache Steigungen noch ermäßigt, um sehr lange Güterzüge mit einer Maschine fahren zu können. So sind z. B. auf der Strecke Albany-Buffalo, um Züge bis zu 320 Achsen verkehren lassen zu können, die stärksten Steigerungen von 8,5 v. T. in maßgebende Steigungen von 5,3 v. T. verringert worden. Die Pittsburg- und Lake Erie-Bahn hat sogar die 3 v. T. betragenden maßgebenden Steigungen ihrer Hauptstrecke auf 2,5 v. T. ermäßigt, um beladene, bis zu 400 Achsen lange Kohlenzüge mit einer Lokomotive fördern zu können. Ebenso haben die Pennsylvania-Bahn und andere Bahngesellschaften beachtenswerte Steigungsermäßigungen vorgenommen.

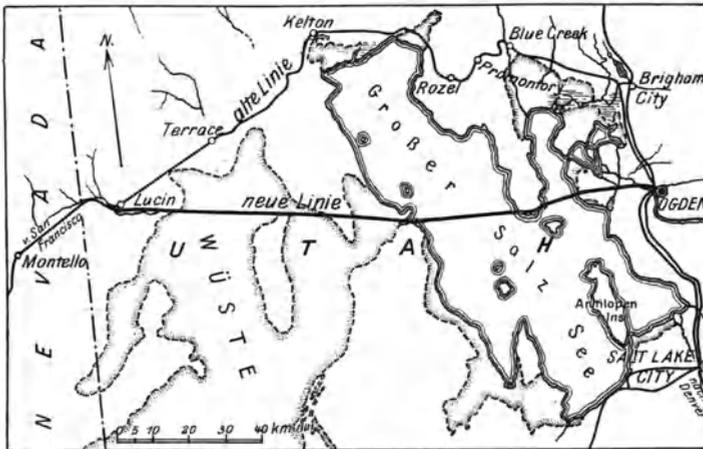


Abb. 91. Verbesserung der Strecke Lucin—Ogden am Großen Salzsee.

Ähnliche Linienverbesserungen, wie sie vorstehend von amerikanischen Bahnen angeführt sind, sind nun auch bei den europäischen Bahnen ausgeführt worden, wenn sie auch, weil hier die Bahnen infolge der vorhandenen Besiedelung von vornherein meist sorgfältiger angelegt waren, nicht immer so bezeichnend sind. Ein besonders bemerkenswertes Beispiel für eine Linienverbesserung bietet zunächst die kurz vor dem Kriege durchgeführte Beseitigung der Spitzkehre bei Elm (Abb. 92), auf der Durchgangstrecke Frankfurt a/M.-Bebra, an der Wasserscheide zwischen dem Main und der Weser ($+354$). Die neue unmittelbare Linie durchschneidet in einem Tunnel (Schlüchterner Tunnel) von 3,57 km Länge mit einer Steigung von 1:111 den Distelrasenrücken, verringert dabei die Hebung um 36 m und kürzt unter Umgehung der Spitzkehre bei Elm die Hauptstrecke um 7 km. Hierdurch traten Fahrzeitverkürzungen ein, die für jeden Schnell- und Personenzug 15—20 Minuten und bei bergan fahrenden Güterzügen rd. $\frac{1}{2}$ Std. betragen und die Anlage trotz der damals hohen Kosten von 9,5 Mill. M. wirtschaftlich rechtfertigen.

In Italien ist an Stelle der alten Giovibahn (Genua-Tortona-Mailand), die ein stärkstes Gefälle von 35 v. T. und einen in der Steigung von 29 v. T. im höchsten Punkt auf $+361$ m ü. N. N. liegenden Tunnel von 3,26 km

Länge aufweist, eine neue Bahnstrecke mit 16 v. T. Steigung und einem in 12 v. T. Neigung und auf + 342 m ü. N.N. liegenden Tunnel (Roncotunnel) von 8,3 km Länge erbaut worden. Da aber auch diese Linie besonders den bedeutenden Güterverkehr zwischen Genua und Mailand zurzeit nicht mehr zu bedienen imstande ist, ist eine dritte Linie geplant, die zwischen Genua und Arquata einen rd. 19 km langen Tunnel durch den Apennin erhalten, dafür aber eine so wesentliche Abkürzung der Bahnlinie, Herabsetzung des Scheitelpunkts (auf + 230) und Verbesserung der Steigungen und Krümmungen zur Folge haben wird, daß es möglich sein wird, die Fahrdauer zwischen Mailand und Genua für die schnellsten Personenzüge von 3 auf etwa 2 Stunden abzukürzen.

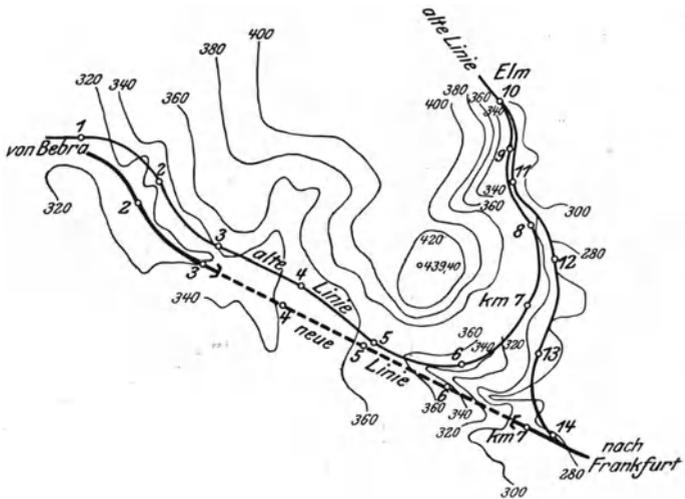


Abb. 92. Beseitigung der Spitzkehre bei Elm auf der Strecke Bebra—Frankfurt a/M.

Ähnlich wie in der Schweiz die Strecke Basel-Olten mit dem 2,5 km langen + 563 m ü. N.N. liegenden alten Hauensteintunnel so ungünstige Steigungsverhältnisse (26,26 v. T.) auf, daß der von Jahr zu Jahr wachsende Verkehr nicht mehr ordnungsmäßig durchgeführt werden



Abb. 93a. Lageplan.

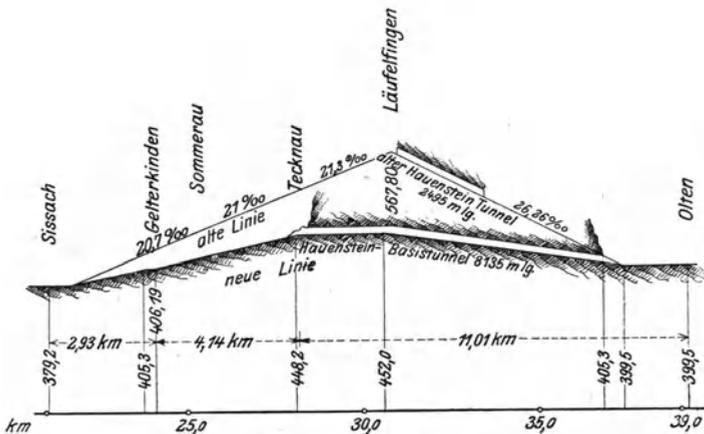


Abb. 93b. Höhenplan.

Abb. 93a u. b. Der alte und neue Hauensteintunnel.

konnte. Es blieb daher nichts anderes übrig, als eine teilweise Verlegung der Linie mit günstigeren Neigungs- und Krümmungsverhältnissen vorzunehmen. Während in Abb.93a die untere Linie die alte Trasse angibt, ist die neue nördliche Um-

gehung punktiert dargestellt. Sie hat einen 8,14 km langen im Größtgefälle von 7,5 v. T. liegenden Basistunnel (Abb. 93b) und ist bei 16,2 km Baulänge 111 m kürzer als die alte Strecke. Der Scheitelpunkt der neuen Strecke liegt (auf + 425 ü. N. N.) 138 m tiefer als der der alten Linie. Der kleinste Halbmesser beträgt 500 m, die größte Steigung 10,5 v. T. (1:95) gegen 26,26 v. T. (1:38) auf der bestehenden Strecke. Die Kürzung der virtuellen Länge zwischen Basel und Olten wird 30 km betragen, die Abkürzung der Fahrzeiten für Schnell- und Personenzüge 15 bis 20, für Güterzüge 25 Minuten. Die Herstellung ist von der Schweizer Bundesversammlung genehmigt worden, nachdem der Nachweis erbracht war, daß die Verzinsung und Tilgung der Bausumme durch die zu erwartenden Ersparnisse bei dem Betrieb der Strecke gedeckt werden. Die Verbesserung der Strecke Basel-Olten wird die Konkurrenzfähigkeit der Gotthardbahnstrecke, der durch die Simplonlinie ein starker Wettbewerb erstanden ist, wesentlich heben.

Infolge Ansteigen des Verkehrs dürften allmählich noch verschiedene andere ältere Gebirgsbahnen mit ungünstigen Steigungs- und Krümmungsverhältnissen verbessert oder durch neue Linien z. T. mit größeren Basistunneln ersetzt werden.

Aber auch Zahnbahnen sind in der Linienführung verbessert worden. So ist vor wenigen Jahren auf der Strecke Lauterbrunnen-Wengen der Berner Oberlandbahn neben der steilen Strecke von 250 v. T. Steigung eine neue Linie mit einer Höchstneigung von 180 v. T. erbaut worden, um 3 Personenwagen auf der ganzen Strecke Lauterbrunnen-Scheidegg durchbefördern zu können. Die starke Steigung von 250 v. T. ermöglichte nur die Beförderung zweier Wagen und machte daher eine Zugzerlegung auf der Strecke zwischen Lauterbrunnen und Wengen erforderlich.

Aber auch in anderer Beziehung wird vielfach an der Verbesserung der Linienführung vorhandener Bahnen gearbeitet. In Deutschland z. B., wo von den Zeiten der Privatbahnen her vielfach mehrere, verschiedenen Gesellschaften gehörende Bahnlinsen ein Stadtgebiet durchzogen, es ungünstig zerschnitten und die Entwicklung der Städte hemmten, geht man bei Gelegenheit der Umgestaltung der Bahnanlagen dazu über, die ungünstige Linienführung zu verbessern und durch Zusammenlegung der Linien den Betrieb zu vereinheitlichen und zu vereinfachen, wobei gleichzeitig die Entwicklung der Städte gefördert wird. Als Beispiel für eine derartige Zusammenlegung zweier Bahnlinsen sei auf die Vereinigung der einst getrennt durch Spandau geführten Gleise der ehemaligen Hamburger und Lehrter Bahn hingewiesen.

Zu den neuzeitlichen, auf die Vervollkommnung der Bahnanlagen gerichteten Aufgaben kann man wohl auch die Maßnahmen zur Verbesserung der Gleisverhältnisse zwecks Erzielung eines ruhigen Fahrens auch bei großen Geschwindigkeiten rechnen. Die hierzu erforderlichen planmäßigen Arbeiten bestehen in sorgfältiger Unterhaltung des Oberbaues und Erhaltung einer einwandfreien Gleislage, in der Beseitigung der mangelhaften Lage der Krümmungen mit ihren Übergangsbögen, in möglichst gänzlicher Vermeidung von kurzen Gegenkrümmungen in Schnellzuggleisen auf großen Verkehrsstrecken — mindestens werden die kurzen scharfen Gegenkrümmungen beseitigt durch Verwendung großer Halbmesser mit genügend langen Zwischengeraden — und in der Herstellung von Abzweigungen aus Schnellzuggleisen mittels flacher Weichen (1:14), sowie aus gekrümmten Hauptgleisen durch Weichen mit gekrümmtem Mutterstrang.

b) Vermehrung der Streckengleise.

Der zweigleisige Ausbau eingleisiger Bahnen sowie der mehrgleisige Ausbau einer zweigleisigen Bahnstrecke (vgl. S. 191 u. ff.) sind zu den regelmäßig wiederkehrenden neueren Aufgaben der Linienführung zu rechnen.

Diese Maßnahmen sind ganz besonders geeignet, die Leistungsfähigkeit einer Bahn zu heben. Der vier- und mehrgleisige Ausbau kommt besonders vor großen Verkehrsknotenpunkten in Betracht, aber auch für längere Strecken zur Schaffung besonderer Gütergleise, zur Trennung des Vorortverkehrs vom Fernverkehr usw. Beim Vorortverkehr läßt sich im allgemeinen die Regelmäßigkeit und Sicherheit des Betriebes, die für eine Stadtbahn mit dichter Zugfolge erforderlich ist, nur durch vollständige Trennung des Personenverkehrs vom Güterverkehr erreichen.

Bei Vermehrung der Gleise aus Anlaß von allgemeiner Überlastung ist stets zunächst zu prüfen, ob nicht, statt neue Gleise neben den alten Bahnkörper zu legen, besser eine neue Bahnlinie gewählt wird, die dann die Möglichkeit bietet, gegenüber der alten Linie günstigere Steigungs- und Krümmungsverhältnisse zu schaffen (vgl. S. 199). In Amerika sind auch bei dem zweigleisigen Ausbau eingleisiger Linien die Bahngesellschaften zuweilen so vorgegangen, daß sie für das zweite Gleise eine verbesserte Linienführung wählten und dann erst bei weiter steigendem Verkehr das alte Gleis neben das neue legten.

c) Umgestaltung und Erweiterung vorhandener Bahnanlagen.

Eine der wichtigsten neuzeitigen Aufgaben für die Bahnverwaltungen ist die Umgestaltung und Erweiterung der vorhandenen Anlagen. Die Gründe, die zu den Umgestaltungen Veranlassung geben, sind vorwiegend zu suchen in der allmählich eingetretenen Verkehrssteigerung, für die die vorhandenen Anlagen nicht mehr ausreichend sind. Daneben wird zuweilen aus Anlaß der Aufstellung von neuen Bebauungsplänen für ganze Stadtgebiete der Umbau vorhandener Bahnanlagen erwünscht. Endlich erheischen in Ländern mit ausgesprochenem Privatbahnsystem auch Wettbewerbsrücksichten zuweilen eine Umgestaltung der Bahnanlagen, insbesondere wenn in größeren Städten, wie z. B. Paris, London und Newyork die einmündenden Linien verschiedenen Gesellschaften angehören.

Die wesentlichsten Aufgaben, um die es sich bei der Umgestaltung von Bahnanlagen handelt, sind folgende:

1. Die Hebung oder Senkung von Bahnen innerhalb des Stadtgebietes, um die kreuzenden Straßen leicht unter- oder überführen zu können. Die Hochlegung ist in der Regel für die Bahnanlage zweckmäßiger, denn die Bauausführung wird leichter, die Gleisanlagen werden übersichtlicher, Kanalisations- und sonstige Leitungen werden nicht berührt und durch Grundwasser treten Schwierigkeiten nicht auf. In Deutschland wird daher meist die Hebung der Gleise gewählt. Für die Stadtanlage ist dagegen die Tieflegung der Bahn günstiger; denn die städtischen Straßen bleiben übersichtlicher, die Bebauungspläne werden weniger von der Bahnanlage abhängig, die Straßen können an jeder beliebigen Stelle über die Bahn hinweggeführt werden und die bei der Hochlegung der Bahn durch die Dämme eintretende Entziehung von Licht fällt weg.

2. Der Umbau der Bahnhöfe im wesentlichen an der bisherigen Stelle durch Anlage neuer Bahnsteiggleise, Schaffung von Güterüberholungs- gleisen, Ausziehgleisen, Durchlaufgleisen, durch die Verbesserung der Weichenverbindungen und Herstellung schienenfreier Zugänge zu den Bahnsteigen. Hierdurch können nicht unbedeutende Verbesserungen der Betriebs- und Verkehrsverhältnisse erreicht werden. Diese Erweiterungen werden in der Regel bereits mit einem gewissen Erwerb von Grund und Boden verbunden sein.

3. Die Veränderung der Linienführung außerhalb der Bahnhöfe zwecks Vereinfachung und Sicherung des Betriebes auf den Bahnhöfen. Hierzu sind zu rechnen die Beseitigung von Kreuzungen verschiedener Zugfahrten vor den Bahnhöfen durch ihre Verlegung auf die freie Strecke und Schaffung von schienenfreien Kreuzungen, die Herstellung von schienenfreien Gleisentwicklungen zur Trennung der verschiedenen Verkehrsarten (Fern- und Nahverkehr, Personen- und Güterverkehr) und die Verbesserungen der Gleisführungen zur Erleichterung des Umsteigeverkehrs (Einrichtung des Richtungsbetriebes), sowie die Verbesserung der Einführung von einzelnen Bahnlinien in die Bahnhöfe. Hierher gehören auch die Umgestaltungen zur Zusammenfassung mehrerer getrennter, aus der Privatbahnzeit herrührender Bahnanlagen zu einer einheitlichen, betrieblich günstigen Anlage.

4. Die vollständige Verlegung von Bahnhofsteilen oder ganzen Bahnhöfen oder der Ausbau von neuen Bahnhöfen. Bei der Umgestaltung größerer Bahnanlagen wird, da größere Bahnhöfe meist schon von der Bebauung umschlossen sind, der noch mögliche Geländeerwerb häufig nicht ausreichen, um neue zeitgemäße Anlagen darauf schaffen zu können. Man wird daher zunächst eine teilweise Bahnhofsverlegung in Aussicht nehmen. Dabei wird es häufig zweckmäßig sein, die den Betriebszwecken dienenden Anlagen, wie Rangiergleise, Abstellgleise und Lokomotivschuppen weiter in die Außenbezirke, wo der Grunderwerb billig ist, zu verlegen, dagegen die reinen Verkehrsanlagen, die Bahnsteige und Güterschuppen an der alten Stelle zu belassen und auf dem freigewordenen Gelände genügend zu erweitern. Ermöglicht jedoch die Beseitigung einzelner Teile eine zufriedenstellende Lösung nicht, so muß man zur Verlegung der gesamten Bahnhofsanlage schreiten, wobei durch den Verkauf des freiwerdenden Geländes häufig hohe Rückeinnahmen erzielt werden. Hierbei sei für den Personenverkehr auf die Beseitigung von Kopfbahnhöfen an wichtigen Durchgangsstrecken und ihren Ersatz durch Durchgangsbahnhöfe (z. B. Königsberg i. Pr.), sowie auf den Bau neuzeitlicher Abstellbahnhöfe zur Bildung und Behandlung der Personenzüge hingewiesen. Für den Güterverkehr sei an den Bau großer Güterbahnhöfe für den Stückgut- und den Wagenladungsverkehr, neuzeitlicher Hafenbahnhöfe und besonders an den Bau großer leistungsfähiger, sachgemäß ausgebildeter Verschiebebahnhöfe zur Ordnung und Bildung der Güterzüge erinnert, die zur Hebung der Leistungsfähigkeit der Bahnen und zur Beschleunigung des Wagenumlaufs jetzt an allen wichtigen Verkehrsknotenpunkten planmäßig zur Ausführung kommen.

Neben den Eisenbahnverkehrs- und betriebstechnischen Gesichtspunkten werden neuerdings die städtebaulichen Fragen bei der Umgestaltung der Bahnanlagen weitgehend berücksichtigt; weit ausgedehnte und unüberbrückbare Bahnanlagen, durch die die Entwicklung der Städte gehemmt wird, werden zu vermeiden sein.

Die Umgestaltung bestehender Bahnanlagen zur Erhöhung und Sicherheit des Zugverkehrs, für die jetzt jährlich bedeutende Mittel ausgeworfen werden, erheischt die Beachtung ganz anderer Gesichtspunkte als ein Neubau. Denn während man bei dem Neubau einer Bahn freie Hand über die Linienführung und die Lage der Bahnhöfe hat, ist man hier in der Lage nicht ganz frei. Ein Neubau läßt sich leicht ausführen, ein Umbau ist schwierig und kostspielig, weil der vorhandene Betrieb nicht gestört werden darf und daher meist teure vorübergehende Anlagen geschaffen werden müssen. Am einfachsten wird noch die Bauausführung, wenn der Bahnhof eine neue Lage erhält. Denn dann kann wenigstens dieser ungestört hergestellt und bei der Inbetriebnahme an die alten Streckengleise angeschlossen werden; mit Rück-

sicht auf die geänderte Linienführung der Gleise werden allerdings auch hier provisorische Anlagen zuweilen erforderlich. Soll dagegen der neue Bahnhof an der Stelle des bestehenden erbaut werden, so sind, zumal bei Hebung oder Senkung der Gleise, meist mehrfache vorübergehende Anlagen nicht zu vermeiden. Man verlegt dann, um Platz für die Provisorien zu gewinnen, am besten zunächst die Nebenanlagen, wie Aufstellgleise, Rampen, Lokomotivschuppen vorübergehend nach anderen Bahnhofsteilen. Bei Erweiterung von Bahnsteiggleisen, Herstellung von neuen Streckengleisen, Hebung von Gleisen und ähnlichem geht man, wenn ein teilweiser Geländeerwerb erforderlich wird, häufig in der Weise vor, daß man zunächst auf dem neu erworbenen Gelände die Neuanlagen herstellt, dann den Betrieb dorthin überleitet, und nun erst auf dem alten Eisenbahngelände die alten Anlagen umgestaltet.

Bringt somit die Umgestaltung von vorhandenen Bahnanlagen eine Reihe von Erschwernissen mit sich, so hat man hierbei wiederum den Vorteil, die Verkehrs- und Betriebsverhältnisse (Größe des Verkehrs und Art der Betriebsführung) bereits zu kennen. Man ist daher in der Lage, einen Umbauentwurf zuverlässiger aufzustellen, als den Entwurf für einen Neubau, bei dem die Verkehrs- und Betriebsverhältnisse erst geschätzt werden müssen. Ein eingehendes Studium der bestehenden, wenn auch häufig nicht mehr einwandfreien Zustände wird als erste Vorarbeit erforderlich, die meist ein klares Bild über die zu beseitigenden Mängel abgeben wird.

An Verkehrszahlen wird sich vor Aufstellung eines Umbauentwurfs besonders die Feststellung folgender Größen als notwendig erweisen: Zahl der verkauften Fahrkarten; Menge des Gepäcks; Belastung der Bahnsteigtunnels und der Brücken; Umfang des Postverkehrs; Größe des Stückgutverkehrs in Tonnen im Empfang und Versand, Größe des Eilgut- und Umladeverkehrs, wonach sich die erforderlichen Schuppen- und Rampenflächen ergeben; Größe des Wagenladungs- und Viehverkehrs; Zahl der auf den Freiladegleisen täglich bereit zu stellenden Wagen (im Höchstfalle und im Tagesdurchschnitt); Zahl der den Gleisanschlüssen zuzuführenden Wagen und Länge der danach erforderlichen Ladegleise. Alle erforderlichen Verkehrsgrößen wird man nicht nur für das letzte Jahr ermitteln, sondern zumindest für das letzte Jahrzehnt, um hieraus auch die Verkehrszunahme feststellen und danach die Zunahme für die folgenden Jahre schätzen zu können.

Entsprechend den Verkehrsgrößen läßt sich, wenn auch nicht immer so einfach, ein zahlenmäßiger Nachweis führen von den erforderlichen Betriebsanlagen, ihrer Lage und ihres Umfanges, und zwar nach den vorhandenen Betriebsanlagen auf Grund von Fahrplänen, Fahrordnungen, Dienstanweisungen und örtlichen Erhebungen. Hierbei ist hauptsächlich zu prüfen: die günstigste allgemeine Linienführung der Gleise und ihre Zahl auf Grund der Belastung der Streckengleise; die zweckmäßigste Lage der einzelnen Bahnhofsteile, des Personen-, Abstell-, Güter- und Verschiebebahnhofs, sowie der Lokomotiv- und Kohlenstation zueinander; die Herstellung der Verbindungsgleise für die Überführungszüge und Lokomotivfahrten, sowie der schienenfreien Gleisentwicklungen; die Ermittlung der notwendigen Haupt- und Durchlaufgleise auf Grund ihrer Belastung; die Feststellung der erforderlichen Bahnsteige und ihrer Länge, die Zahl der Schienenkreuzungen (nach den vorhandenen Zugfahrten), die Zahl und Länge der Abstell-, Verschiebe- und sonstige Nebengleise auf Grund der Menge der aufzustellenden Wagen; endlich die Größe des Lokomotivschuppens und der Bekohlungsanlage.

Erst nachdem man sich in dieser Weise über den Verkehr und den Betrieb des Bahnhofs ausreichend unterrichtet hat, wird es möglich sein — zunächst an der Hand einer Systemskizze — einen Umbauentwurf aufzustellen, der nicht selten fast einem Neubautentwurf gleichkommen wird, aber mit Rücksicht

auf die Örtlichkeit und zur Beschränkung der Kosten nicht immer die Ausführung alles dessen, was betriebstechnisch erwünscht ist, berücksichtigen kann.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß man gerade bei Bahnhofsumgestaltungen auf weitgehende Erweiterungsmöglichkeit Rücksicht zu nehmen hat, was hier um so leichter möglich ist, als die Ermittlung der jährlichen Verkehrszunahme eine Schätzung der in den folgenden Jahren erforderlichen Erweiterung ermöglicht. Bei größeren, sich auf mehrere Jahre erstreckenden Bahnhofsumbauten, die der Erweiterung nicht genügend Rechnung trugen, ist es nicht selten vorgekommen, daß sie bereits nach ihrer Fertigstellung sich als nicht ausreichend erwiesen haben.

d) Beseitigung der Wegübergänge in Schienenhöhe.

Da die ersten Bahnen mit geringen Geschwindigkeiten befahren wurden und geringen Verkehr aufwiesen, so lag ein Bedürfnis zur Anlage schienenfreier Wegkreuzungen damals noch nicht vor. Man hat daher auch anfangs meist Wegübergänge in Schienenhöhe angeordnet, die erst mit der erhöhten Geschwindigkeit und Verkehrsdichtigkeit, besonders an den Bahnhöfen, in Städten und an unübersichtlichen Stellen lästig und gefahrvoll wurden. Es gehört daher mit zu einer der wichtigsten neuzeitlichen Aufgaben der Eisenbahnverwaltungen, die Wegübergänge in Schienenhöhe, von denen die preußisch-hessischen Bahnen z. B. i. J. 1911 etwa 56000 aufwiesen, allmählich und planmäßig zu beseitigen und durch Über- und Unterführungen zu ersetzen. Hierfür werden jährlich bedeutende Mittel ausgeworfen. In den Jahren 1899 bis 1910 sind bei den preußisch-hessischen Bahnen 3528 Wegübergänge (2338 auf Haupt- und 1190 auf Nebenbahnen) aufgehoben worden. Davon ist ein Teil, und zwar 1387 gelegentlich von Bahnhofsumbauten beseitigt worden, während 2141 Übergänge unabhängig von diesen aus betrieblichen und wirtschaftlichen Rücksichten weggefallen sind. Die für letztere aufgewendeten Mittel betragen 82 Mill. Goldmark. In dem Bezirk der Eisenbahndirektion Berlin sind in dem Zeitraum von 1901 bis 1912 106 Wegübergänge beseitigt worden. Der Entfernung der Wegübergänge in Schienenhöhe wird nicht nur bei den Eisenbahnen Deutschlands Beachtung geschenkt, sondern auch bei allen anderen Ländern mit einem bedeutenden Schnellzugbahnnetz, u. a. auch in den Vereinigten Staaten von Amerika, dem sonst klassischen Lande der Planübergänge. Auch hier werden jetzt in manchen Großstädten die Wegkreuzungen in Schienenhöhe durch Umbauten von Grund aus beseitigt; so sind z. B. bei der von Newyork ausgehenden Newyork-Zentralbahn gelegentlich der Einführung des elektrischen Betriebes innerhalb des Vorortverkehrsgebietes alle Straßenkreuzungen in Schienenhöhe aufgehoben worden.

e) Einrichtung der elektrischen Zugförderung.

Unter den Maßnahmen zur Hebung der Leistungsfähigkeit und Verbesserung der Betriebsführung hat endlich seit einigen Jahren die Einrichtung der elektrischen Zugförderung an Stelle des Dampfbetriebes besondere Bedeutung erlangt (vgl. S. 134). Die elektrische Zugförderung auf Hauptbahnen, die in vielen Ländern im Vordergrund der Erörterung und des allgemeinen Interesses steht, stellt z. Z. bereits ein umfangreiches Sondergebiet der Technik dar. Der elektrische Betrieb hat sich den Stadt- und Vorortverkehr, wo die Überlegenheit des elektrischen über den Dampftrieb besonders auf der Hand liegt, schon fast ganz erobert und greift nun besonders dort, wo bedeutende Wasserkräfte oder geringwertige Kohle die Erzeugung billigen Stromes ermöglichen, ferner wo viel Tunnel und starke Steigungen vorhanden sind, mehr und mehr auf die Haupt- und Nebenbahnen über.

In Preußen sind Versuche mit der elektrischen Zugförderung auf den Strecken Marienfelde—Zossen, Potsdamer Bahnhof—Groß-Lichterfelde-Ost, Niederschönweide—Spindlersfeld, Blankenese—Ohlsdorf und Dessau—Bitterfeld gemacht worden. Ferner werden die Strecken Halle—Leipzig—Magdeburg, Lauban-Königszelt und die schlesischen Gebirgsbahnen für den elektrischen Betrieb eingerichtet. Endlich seien die großartigen Pläne der Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen erwähnt, mit deren Durchführung bereits begonnen worden ist.

In Sachsen soll im Dresdener Vorortverkehr mit der Zeit elektrischer Betrieb eingeführt werden. In Bayern liegen die Pläne für die Erbauung des großen Walchensee-Kraftwerkes und für die allmähliche Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Eisenbahnen vor. In Baden ist die Wiesentalbahn in elektrischen Betrieb umgewandelt.

Bei den österreichischen Staatsbahnen sind z. B. Arbeiten für die Elektrisierung der Strecken Wien—Preßburg, Wien—Brünn, Mals-Bozen, der Salzkammergutbahnen und Arlbergbahnen im Gange, ebenso ist bei einigen Londoner Hauptbahnen die Einführung der elektrischen Zugförderung von erheblicher Ausdehnung geplant. Lehaft sind besonders die Pläne über die Einrichtung des elektrischen Betriebes in der Schweiz, was bei den vorhandenen Wasserkraften des Landes nicht wundernehmen kann. Die elektrische Zugförderung ist u. a. auf der Gotthardbahn, und zwar zunächst auf der Strecke Erstfeld—Bellinzona in Aussicht genommen, auf der bei 110 km Länge 28 v. H. Tunnelstrecken und Steigungen bis zu 27 v. T. vorkommen. Hierbei soll die Fahrgeschwindigkeit erheblich erhöht werden, und zwar für die Schnellzüge bis zu 37 v. H. und für die Güterzüge bis zu 45 v. H. Die erforderlichen Wasserkraften in den Kantonen Uri und Tessin sind seit den Jahren 1907 und 1909 gesichert.

In Skandinavien ist durch die Möglichkeit der Ausnutzung der in den nordischen Ländern fast unerschöpflichen Naturkräfte die Elektrisierung der Bahnen besonders gefördert worden. In Norwegen werden zunächst die Strecken Christiania-Drammen und die Ofotenbahn elektrischen Betrieb erhalten; in Schweden ist für eine Reihe von Bahnen, darunter die Riksgränsbahn, der elektrische Ausbau durchgeführt.

f) Bau von Neben- und Kleinbahnen, Bergbahnen, Straßen-, Stadt- und Vorortbahnen, Städtebahnen und Massengüterbahnen.

Während es sich nach vorstehenden Ausführungen bei Hauptbahnen zurzeit im wesentlichen nur noch um die Vervollkommnung und den Ausbau der bestehenden Bahnanlagen handelt, kommt der Neubau vornehmlich für Neben- und besonders Kleinbahnen in den Kulturstaaten, in denen das Hauptbahnnetz sonst im wesentlichen ausgebaut ist, in Betracht. Bei solchen neu zu schaffenden Anlagen kommen vorzugsweise folgende in Frage:

Neben- und Kleinbahnen, die nicht zur Erzielung einer Rente hergestellt werden, die vielmehr nur aus volkswirtschaftlichen Gründen zur Ausführung kommen, um auch den entlegenen Gegenden die Segnungen des Verkehrs zuteil werden zu lassen. U. a. stellte Preußen zur Ausführung solcher Bahnen vor dem Kriege jährlich bedeutende Summen zur Verfügung.

Im Hügel- und Gebirgslande werden dank der Hebung des Reise- und Touristenverkehrs Bergbahnen jährlich zahlreich in den verschiedensten Formen als Zahnbahnen, besonders aber als Seilbahnen hergestellt. Während von den letzteren die Seilstandbahnen in den verschiedenen Ausführungen schon seit Jahren eine zur Überwindung starker Steigung übliche Bauart darstellen, sind mit ihnen in neuester Zeit auch die Schwebeseilbahnen und

Bergaufzüge bei Erschließung steiler und unwegsamer Gebirge erfolgreich in Wettbewerb getreten (vgl. S. 253 u. ff.).

Als Kind der Neuzeit sind ferner anzuführen:

Die Straßenbahnen, die Schnellstraßenbahnen, die Stadtschnellbahnen und Vorortbahnen, die durch die Anhäufung großer Menschenmassen in einigen Gebieten (den Großstädten und Industriebezirken) erforderlich werden. Sie werden als Flachbahnen im Straßenkörper oder auf besonderem Bahnkörper, als Hochbahnen auf Erdbau, steinernen oder eisernen Viadukten, als Einschnitt-, Unterpflaster- oder Untergrundbahnen ausgeführt.

Ferner sind die Städtebahnen zu nennen, d. h. Bahnen, die den Nachbarortverkehr zwischen zwei Großstädten vermitteln, unterwegs keine Zwischenstationen erhalten und mit besonders großer Fahrgeschwindigkeit und dichter Zugfolge betrieben werden¹⁾. Damit die Städtebahn ihre Aufgabe, recht schnell von jedem beliebigen Punkte der einen Stadt nach einem beliebigen Punkte der anderen zu gelangen, erfüllen kann, wird man sie, wenn in den Städten, in denen sie endigt, ein Schnellbahnnetz vorhanden ist, am besten an dieses anschließen. Der zwar einfachere und billigere Anschluß der Städtebahn an das Straßenbahnnetz wird einmal den Nachteil haben, daß die geringe Geschwindigkeit der Straßenbahnen die Reisegeschwindigkeit auf der Städtebahn verringert und ferner, daß beim Übergang ihrer Betriebsmittel auf das Straßenbahnnetz die Störungen des Straßenverkehrs auf sie übertragen und ungünstige Beeinflussungen ihres Fahrplanes herbeigeführt werden können. Die Städtebahnen sind in den Vereinigten Staaten von Amerika heimisch, wo sie mit Rücksicht auf die geringe Besiedelung des außerhalb der Städte gelegenen Geländes zunächst in Form von Überlandstraßenbahnen zahlreich ausgeführt worden sind.

Endlich sei, wenn auch nicht zu den Neben- und Kleinbahnen gehörig, der sog. Massengüterbahnen²⁾ gedacht, d. h. der Bahnlinien, die als Ersatz für Kanäle vorgeschlagen sind, um zur Beförderung gleichartiger großer Verkehrsmengen zwischen den wichtigsten Erzeugungs- und Verbrauchszentren (z. B. Berlin—Ruhrgebiet, Berlin—Oberschlesien, Ruhrgebiet—Luxemburg) zu dienen. Sie wären zweigleisig mit recht günstigen Steigungen anzulegen. Die auf ihnen verkehrenden Lokomotiven müssen besonders stark sein und die Wagen großen Fassungsraum aufweisen.

g) Kolonialbahnen.

Wenn mit Vorstehendem die Aufgaben der neuzeitlichen Linienführung in führenden Kulturstaaten erschöpft sein dürften, so eröffnet sich doch noch dem Neubau von Bahnlinien ein reiches Feld der Tätigkeit in den Halbkulturländern und Kolonien. Wie einst bei Begründung der Eisenbahnen in den europäischen Kulturländern, so kommt jetzt der Bahnbau auch in den Halbkulturländern und Kolonien planmäßig zur Durchführung. Die Linienführung derartiger Bahnen ist in Ermangelung guter Karten und mit Rücksicht auf die Unwegsamkeit der Gegenden zwar häufig etwas anders geartet als in den Kulturländern; sie ähnelt mehr der der ersten amerikanischen Eisenbahnen; man ist aber bestrebt, sich auch bei diesen Bahnen den auf eine wirtschaftliche Betriebsführung gerichteten neuzeitlichen Gesichtspunkten der Linienführung anzupassen.

¹⁾ vgl. Dr.-Ing. O. Blum, Städtebahnen. Berlin, 1909.

²⁾ vgl. Rathenau und Cauer, Massengüterbahnen. Berlin, 1909.

VII. Schutzanlagen.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

1. Schutzanlagen gegen angrenzende Grundstücke.

Neben der Bahnstrecke, die bei Hauptbahnen in Abschnitten von 100 m, bei Neben- und Kleinbahnen in Abschnitten von 1000 m mit Abteilungszeichen zu versehen ist (BO. § 17, TV. § 24, Grz. § 19), sind einmal Anlagen notwendig, um die Nachbargrundstücke gegen die Gefahren, die der Bahnbetrieb im Gefolge hat, zu schützen, andererseits aber auch, um den Gefahren, die der Bahn von den angrenzenden Grundstücken drohen können, zu begegnen. Hierfür kommen Schutzstreifen längs der Grenze und Einfriedigungen in Betracht.

Grenzschutzstreifen. Die Grenzsteine, die zur Vermarkung der Bahngrenze dienen, werden nicht unmittelbar an dem Fuße der Dammböschung oder der Kante der Einschnitte aufgestellt, sondern zum Schutze des Nachbargeländes 0,50 bis 1,50 m (meist 0,60 bis 0,80 m) von den Damm- und Einschnittsböschungen entfernt errichtet (s. Abb. 138 und 139, S. 319 u. 320). An den Rändern der Einschnittsböschungen wird der Schutzstreifen mit Rücksicht auf die Gefahr des Abrutschens der oberen Böschungskante häufig etwas größer als an den Füßen der Auftragsböschungen angenommen. Die Breite des Streifens ist in der Regel veränderlich, weil mit Vorliebe ein möglichst gleichmäßig verlaufender Grenzzug, der sich nicht dem meist unregelmäßigen Verlaufe des Dammfußes oder des Böschungsrandes anpaßt, gewählt wird.

In Torfmooren, wo der Dammfuß durch das Torfstechen leicht gefährdet werden kann, werden Torfschutzstreifen angelegt, deren Breite von der Kante der Bahnkrone an gerechnet bei $1\frac{1}{2}$ facher Böschung $1,5 H + 2$ m beträgt, wobei H die Höhe der Bahnkrone über dem festen Untergrund bedeutet.

Einfriedigungen. Nach § 18 der BO. und § 23 der TV. sind bei Hauptbahnen Einfriedigungen zwischen der Bahn und ihrer Umgebung dort anzulegen, wo die Gestaltung der Bahn oder die gewöhnliche Bewachung nicht hinreichenden Schutz gegen ein Betreten der Bahn gewährt. Insbesondere sind an Wegen, die unmittelbar neben der Bahn und gleich hoch oder höher liegen, Schutzwehren anzuordnen. Bei Nebenbahnen entscheidet nach BO. § 18 die Aufsichtsbehörde über die Notwendigkeit solcher Anlage. Sie werden nach TV. § 23 auf gefährdete Stellen der Bahn beschränkt und sind in der Regel entbehrlich, wenn die Fahrgeschwindigkeit von 40 km/Std nicht überschritten wird. Die Stationen der Hauptbahnen sind in der Regel, Stationen der Nebenbahnen nach Bedürfnis einzufriedigen (TV. § 47).

Als Einfriedigungen kommen hauptsächlich vor: Steinmauern, Schutzgeländer mit Holmen und Riegeln, Zäune aus alten Schwellen und alten Schienen, die aber durch die überflüssig große Stärke teuer und auch recht häßlich sind, ferner Draht-, Latten- und Bretterzäune sowie lebende Hecken. Letztere haben dort, wo die Bahn in Geländehöhe liegt, den Nachteil, daß sie die Schneverwehungen begünstigen (s. diesen Abschnitt unter 3).

2. Sicherung gegen Feuer und Windbruch.

a) Abwendung von Feuersgefahr bei der Errichtung von Gebäuden und der Lagerung von Stoffen.

Zur Sicherung von Gebäuden durch den Auswurf glühender Kohlen bestehen meist besondere Bestimmungen. In Preußen ist für die dem Eisenbahngesetz von 1838 unterstehenden Bahnen eine Polizeiverordnung¹⁾ maß-

¹⁾ vgl. Erlaß des preuß. Min. des Inneren u. der öffentl. Arb. v. 23. Juli 1892, betreffend die Abwendung von Feuersgefahr bei Errichtung von Gebäuden und bei der Lagerung von Materialien. Eisenbahnverordnungsblatt 1893, S. 153.

gebend. Hiernach müssen Gebäude mit weichen, nicht feuersicheren Dächern von der Mitte des nächsten Gleises eine Entfernung von mindestens 25 m haben. Liegt die Bahn auf einem Damm, so erhöht sich dieses Maß noch um die $1\frac{1}{2}$ -fache Höhe des Damms. Gebäude, die entweder aus unverbrennlichen Stoffen hergestellt, oder durch Rohrputz oder in anderer gleich wirksamer Weise gegen Entzündung durch Funken gesichert sind, müssen mindestens 4 m von der Mitte des nächsten Gleises entfernt liegen. Liegen die Gebäude unter Schienenoberkante, so erhöht sich das Maß auf 5 m; liegen sie dagegen mehr als 7 m über Schienenoberkante, so sind sie besonderen Bestimmungen nicht mehr unterworfen.

Leicht entzündliche Stoffe, die nicht durch feuersichere Bedachungen oder durch sonstige Schutzvorrichtungen gegen Funkenflug gesichert sind, dürfen nur in einer Entfernung von mindestens 38 m von der Mitte des nächsten Gleises gelagert werden. Liegt die Bahn auf einem Damm, so erhöht sich dieses Maß um die $1\frac{1}{2}$ -fache Höhe des Damms.

Befreiung von vorstehenden Bestimmungen ist durch den Kreis-ausschuß oder in Stadtkreisen und größeren Städten durch den Bezirks-ausschuß statthaft, wenn nach Lage der Verhältnisse auch bei geringerer Entfernung die Feuersgefahr ausgeschlossen erscheint.

Bei denjenigen Gebäuden und leicht entzündlichen Gegenständen, die bei der Anlage einer Eisenbahn innerhalb der angegebenen Entfernungen bereits vorhanden sind, hat der Regierungspräsident zu bestimmen, ob und welche Schutzvorkehrungen getroffen werden müssen. Für Gebäude kommt besonders das Umdecken der Dächer mit feuersicheren Baustoffen in Frage.

Auf die zum Betriebe der Eisenbahnen erforderlichen Gebäude und Baustoffe finden diese Bestimmungen keine Anwendung. Jedoch sind die Eisenbahnverwaltungen bemüht, durch besondere Verordnungen auch ihrerseits für die Sicherheit der eigenen Gebäude und der lagernden Baustoffe durch feuersichere Dachdeckung, durch zweckmäßige Stapelung und Abdeckung (z. B. der hölzernen Schwellen¹⁾ mit Wellblech oder Kies) Sorge zu tragen.

b) Sicherheitsstreifen gegen Feuer und Wind.

Für Waldungen, Heiden und trockene Moore, die von Eisenbahnen durchschnitten werden, besteht die Gefahr, daß sie durch den Auswurf der glühenden Kohlenteilchen aus der Lokomotive in Brand gesetzt und vernichtet werden können, andererseits gefährden aber auch hohe Holzbestände der Wälder die Bahn leicht dadurch, daß große Baumstämme beim Umbruch infolge Wind auf das Gleis fallen. Beiden Gefahren wird durch zu beiden Seiten der Bahn anzulegende Sicherheitsstreifen, die je nach ihrer Verwendung Forst- oder Waldschutz-, Brand- oder Feuerschutz- und Windbruchstreifen genannt werden, begegnet.

Brand- oder Feuerschutzstreifen. Der Auswurf glühender Kohlenstücke ist bei Dampflokomotiven recht beträchtlich, einmal weil die Menge der zu verfeuernden Kohle im Verhältnis zu den Abmessungen des Rostes und des Schornsteines groß, die Luftzuführung dagegen gering ist; dann aber auch, weil die Höhe der Schornsteine mit Rücksicht auf die Umgrenzung des lichten Raumes außerordentlich zu beschränken ist. Versuche, dem Mangel durch Verlängerung der Aschenkammern, Anordnung von schräg in den Schornstein eingebauten Anprallwänden oder siebförmigen, in dem Schornstein angebrachten Funkenfängern zu begegnen, haben einstweilen noch kein befriedigendes Ergebnis gezeigt. Da nun der Betrieb mit Dampflokomo-

¹⁾ Durch die besondere Stapelung und Abdeckung der hölzernen Schwellen soll allerdings auch ein Schutz gegen Regen und zu rasches Austrocknen erreicht werden.

tiven trotz der wachsenden Verbreitung der elektrischen Zugförderung von Jahr zu Jahr an Ausdehnung gewinnt, so ist die Aufmerksamkeit der Eisenbahnverwaltungen in letzter Zeit mehr und mehr auf die Verhütung der durch das Lokomotivflugfeuer verursachten Waldbrände hingelenkt worden.

Im § 27 der TV. hat daher auch eine Bestimmung Aufnahme gefunden, nach der in Waldungen, Heiden und trockenen Mooren längs der mit Dampfkraft betriebenen Bahnen zur Sicherung gegen Brände ein Streifen wundzuhalten oder nur so zu benutzen ist, daß die Ausbreitung des Feuers gehindert wird. Die Breite des Streifens ist nach der Örtlichkeit zu bestimmen. Derselbe Zweck kann nach diesen Bestimmungen auch durch Anlage von Schutzgräben erreicht werden, die in angemessenem Abstand vom Bahngleis anzulegen und von brennbaren Gegenständen freizuhalten sind.

Wie die Erfahrungen gelehrt haben, haben Waldbrände ihre Ursache nie in dem sogenannten Wipfelbrand, wobei — besonders bei hohen Bahndämmen — glühende Kohlenstücke auf die Baumkronen fallen; vielmehr entsteht ein Feuer in Waldungen ebenso wie in Heiden und trockenen

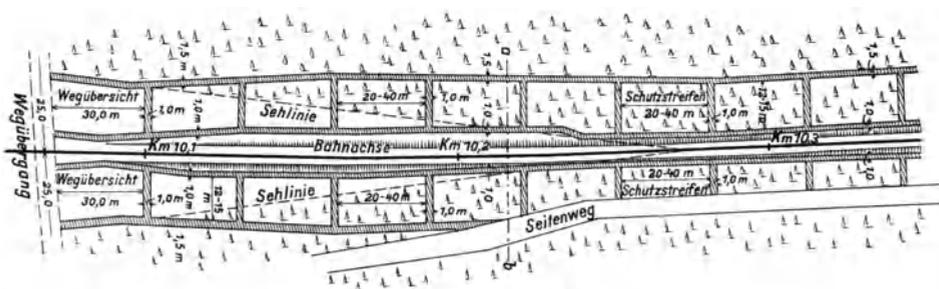


Abb. 94a. Lageplan.

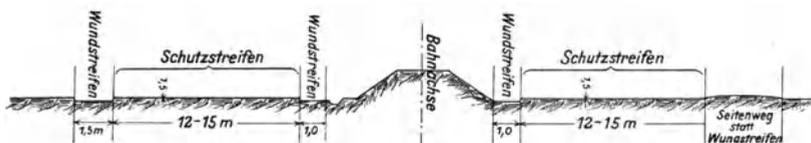


Abb. 94b. Schnitt a—b.

Abb. 94a u. b. Anlage von Feuerschutzstreifen im Walde.

Mooren stets im Bodenüberzug (Lauffeuer). Die Herstellung eines Feuerschutzstreifens in der Weise, daß eine breite Bahngasse durch den Wald hergestellt wird, hat daher wenig Wert. Sie ist zuweilen sogar schädlich, weil die glühenden Kohlen um so leichter und weiter seitwärts in den Baumbestand getrieben werden, je breiter der abgeholzte Streifen ist; denn ein breiter freier Streifen begünstigt meist den Luftzug und damit die Ausbreitung eines entstandenen Bodenfeuers. Es empfiehlt sich daher, den Baumbestand des Bahnkörpers nur so weit niederzuschlagen, wie dies zur Übersichtlichkeit der Strecke für Lokomotivführer und Bahnwärter (vgl. die in Abb. 94 eingetragene Sehlinie) und zur Sicherheit des Bahn- und Telegraphenbetriebes vor überfallendem Holz (vgl. Windbruchstreifen S. 285) erforderlich ist. Als beste Feuerschutzanlage dienen auf Grund der bei den preußischen Eisenbahnen gesammelten Erfahrungen¹⁾ mit Holz bestandene Streifen von hinreichender Breite, durch die alle glühenden Kohlenstücke aufgefangen werden; nur müssen diese Streifen so hergerichtet werden, daß jedes durch Funkenauswurf entstehende Feuer von selbst erlischt und das Flugfeuer nicht durch den Bodenüberzug auf die Bäume übertragen werden

¹⁾ vgl. Dr. M. Kienitz, Maßregeln zur Verhütung von Waldbränden, Berlin 1904, ferner Ztg. d. Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen 1903, S. 1280 und 1904, S. 1566.

kann. Hierzu ist eine gänzliche Beseitigung des Bodenüberzuges auf den bestandenem Streifen nicht erforderlich, wohl aber muß der Boden dieser Streifen von allen brennbaren Stoffen freigehalten werden, die bei entstehendem Feuer große Hitze und hoch aufschlagende Flammen erzeugen wie Heide, hohes trockenes Gras, Wacholder, Rohhumusmassen, trockene Zweige, trockenes Gestrüpp usw. Ferner sind die Bäume bis zu einer Höhe von 1,5 m von allen trockenen Ästen und, soweit grüne Äste tief auf den Boden hinuntergehen, auch von diesen zu befreien. Die grünen Äste der am bahnseitigen Rande der Schutzstreifen stehenden Stämme werden jedoch zweckmäßig niemals beseitigt, weil sie mit dazu beitragen, ein Weitertreiben der glühenden Kohlenkörper zu verhindern. Die Breite des so hergerichteten Schutzstreifens, der eine forstliche Bewirtschaftung bis dicht an den Bahnkörper heran gestattet, ist auf 12 bis 15 m zu bemessen.

Um nun ein Überlaufen der häufigen Böschungfeuer in den Bestand des Schutzstreifens zu hindern, ist längs der äußeren Bahnböschung annähernd gleichlaufend zur Bahnachse ein 1 m breiter Wundstreifen dauernd frei von allen brennbaren Stoffen zu halten. Ein ähnlicher Wundstreifen von 1,5 m Breite ist zwischen dem Schutzstreifen und dem hinter ihm liegenden zu schützenden Forst anzuordnen, damit auch ein Überlaufen eines etwa im Bodenüberzug des Schutzstreifens vorhandenen Feuers auf die zurückliegende Waldfläche verhindert wird. So entstehen nach Abb. 94 zwei Wundstreifen, der eine längs der Eisenbahnböschung, der andere längs des zu schützenden Waldes, die, um kleine im Bodenüberzug ausbrechende Feuer auf einen abgegrenzten Fleck zu beschränken, je nach der Größe der Gefahr in Abständen von 20 bis 40 m durch 1 m breite wundzuhaltende Querstreifen miteinander verbunden werden. Hauptwert ist darauf zu legen, daß die Wundstreifen auch dauernd wundgehalten und jährlich wenigstens einmal im Frühling von Nadeln, Laub usw. gereinigt werden. Befahrene Wege, vorhandene Wassergräben usw. können als Längswundstreifen mitbenutzt werden (vgl. den Seitenweg in Abb. 94). Moorige und torfige Flächen sind innerhalb der Wundstreifen etwa 30 cm hoch zu besanden.

In trockenen Gegenden, für die die Gefahr des Lokomotivflugfeuers besonders groß ist, werden Schutzstreifen am besten mit der Kiefer aufgefördert, weil sich bei ihr früh Borke entwickelt, die die Stämme besonders gegen Lauffeuer widerstandsfähig macht und weil die Kiefer als immergrüner Baum die Funken zu jeder Jahreszeit mit gleicher Sicherheit auffängt und zurückhält, während Laubhölzer sich auf trockenem Boden nur kümmerlich entwickeln und hier den gefährlichen Heidewuchs weniger gut unterdrücken als die Kiefer. Für besseren Boden kommen dagegen die Fichte und Laubhölzer in Betracht.

Ist der Bestand noch nicht hoch genug, um die Funken aufzufangen, oder ist das Gelände dem Winde besonders ausgesetzt, so ist die Anlage eines zweiten, nötigenfalls eines dritten parallelen Schutzstreifens hinter dem ersten, nicht aber eine Verbreiterung des ersten Streifens am Platze.

Liegen vor einem gefährdeten Bestande nur kahle Schutzstreifen, so ist der Waldrand in der angegebenen Weise zu einem bestandenem Schutzstreifen herzurichten, der kahle Schutzstreifen aber möglichst aufzuforsten. Der Schutzstreifen in dem älteren Bestand am Waldrand ist dann so lange zu erhalten, bis der vorliegende Aufforstungsstreifen eine Höhe von etwa 3 m erreicht hat, die ausreichend ist, um als Schutz wirken zu können.

Um den Lokomotivführer darauf aufmerksam zu machen, daß er an feuergefährlichen Stellen das Feuer der Lokomotive vorsichtig behandelt, wird auf diesen Strecken bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn längs der Bahnlinie ein Merkmal in Form eines weißen Streifens an den Telegraphenstangen angebracht.

Der Bestand auf den Wundstreifen ist in einem 60- bis 80-jährigen Umtriebe zu bewirtschaften, um die Bahn auch gegen Windbruch zu schützen. Muß er verjüngt werden, so darf das nie gleichzeitig auf beiden Seiten der Bahn geschehen, vielmehr soll der Bestand auf der zweiten Seite der Bahn erst verjüngt werden, wenn die Anpflanzung auf der ersten Seite eine genügende Höhe, etwa die Höhe des Lokomotivschornsteins, erreicht hat.

Die Kosten der Wundhaltung der Schutzstreifen sind dauernd gestiegen und betragen bei den vollspurigen deutschen Bahnen bereits i. J. 1909 über 560 000 M., immerhin sind sie noch wesentlich geringer als die gezahlten Entschädigungen für Schadenfeuer durch Funkenflug, die allein bei den preußischen Eisenbahnen vor dem Kriege jährlich über 1 Mill. M. ausgemacht haben.

Zur Herrichtung der Sicherheitsstreifen werden bedeutende Flächen in Anspruch genommen, die, wenn sie erworben werden müßten, die Baukosten der Bahn nicht unbedeutend erhöhen würden. Um dies zu verhindern, wird von dem Erwerbe dieses Geländes im allgemeinen abgesehen, wenn sich der Eigentümer durch grundbuchliche Belastung verpflichtet, eine mit der Verwendung des Geländes als Sicherheitsstreifen unvereinbare Bewirtschaftung des Geländes zu vermeiden¹⁾.

Windbruchstreifen. Nach § 27 der TV. sind für Haupt- und Nebenbahnen Holzbestände, die einen das Bahngleis gefährdenden Umbruch befürchten lassen, zu beseitigen. Ist daher der von der Bahn durchschnittene Bestand hoch und sturmgefährdet, so wird mit Rücksicht auf die Sicherheit des Bahn- und Telegraphenbetriebes der Bestand soweit erforderlich abgetrieben, die abgetriebene Fläche alsdann aber bis an den Wundstreifen längs der Bahnböschung sofort wieder aufgeforstet.

3. Schneeschutzanlagen²⁾.

Die Schneestürme, die häufig gleichzeitig mit großen Schneefällen verbunden sind, reißen meist auch den fliegenden Schnee mit fort und verursachen so Schneetreiben. Lagert sich dann der Schnee an geschützter Stelle ab, so entstehen Schneeeverwehungen, die Stockungen und Störungen im Eisenbahnbetriebe zur Folge haben können.

Der Umfang der Schneeeverwehungen ist abhängig von der Menge des gefallenen Schnees, von seiner Beschaffenheit — ob lose oder festgelagert —, von der Stärke und Richtung des Windes und besonders von der Gestalt und Bebauung des zu beiden Seiten liegenden Geländes. Nur wenn der Wind das Gelände frei bestreichen und den Schnee darüber fortreiben kann, können Schneetreiben auftreten, also besonders auf freien Flächen ohne Unebenheiten, während auf bewachsenen Flächen und im Walde Schneetreiben nicht vorkommen.

Der Umfang derartiger möglicher Schneeeverwehungen läßt sich bei einer neuen Bahnanlage selten von vornherein abschätzen. Erst im Betriebe ergeben sich meist Erfahrungen, auf Grund deren die Größe der sich sammelnden Schneemassen ermittelt und dann eine zuverlässige Schutzanlage

¹⁾ vgl. F. Seydel, Das Gesetz über die Enteignung von Grundeigentum, Berlin 1903, S. 166 u. 167.

²⁾ vgl. E. Schubert, Schneewehen und Schneeschutzanlagen, Wiesbaden 1888, ferner E. Schubert, Schutz der Eisenbahnen gegen Schneeeverwehungen und Lawinen, Leipzig 1903, und E. Schubert, Eisenbahnbau der Gegenwart, 2. Aufl., Wiesbaden 1906, erster Abschnitt, S. 83.

geschaffen werden kann. Maßgebend für den Umfang der Ablagerungen ist in erster Linie die Ausdehnung des vor der Bahn liegenden freien Geländes, und zwar kann auf Grund von angestellten Beobachtungen und Versuchen bei einer Tiefe des Vorlandes bis zu 750 m auf 100 m Vorlandtiefe (in der Windrichtung gemessen) mit einem Ablagerungsquerschnitt von 2 bis 5 qm gerechnet werden. Vorlandstiefen von über 1000 m vergrößern im allgemeinen die Ablagerungsfläche nicht mehr wesentlich.

Die größten im nördlichen Deutschland beobachteten Schneeablagerungen wiesen einen Ablagerungsquerschnitt von 40 bis 70 qm (in der Windrichtung gemessen) auf. Im Gebirgs- und Hügellande, wo die Senkungen

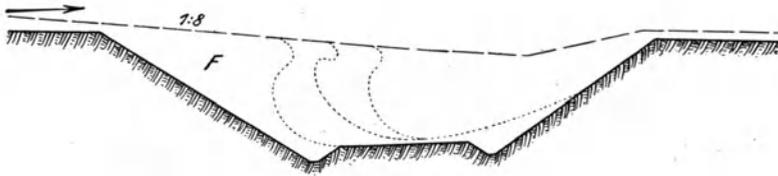


Abb. 95.

im Gelände große Schneeablagerungen an einem Punkte erschweren, betragen sie nur etwa 20 qm, während auf den Bahnen in Südrußland bei den großen dort vorhandenen Vorlandstiefen, starken Winden und hohen Schneefällen Ablagerungsquerschnitte von über 200 qm Größe vorkommen.

Fährt ein Zug über ein überschnittes Gleis, so drücken die Spurkränze der Fahrzeuge den Schnee nieder, der seitlich in die Höhe tritt und durch die entstandene Unebenheit dem neu herangetriebenen Schnee eine Ablagerungsmöglichkeit gewährt. Durch jeden fahrenden Zug vergrößert sich bei anhaltendem Schneetreiben der künstliche Einschnitt und die Schneeerhöhung, wodurch dann bald eine schädliche Überwehung der Schienen eintritt, die schließlich das Befahren des Gleises unmöglich macht.

In einem Einschnitte lagert sich der Schnee etwa nach Abb. 95 ab, in der die einzelnen Linien die Fortschritte der Ablagerung darstellen. Mit fortschreitender Ablagerung rundet sich die Oberfläche des Einschnittes flach aus, wobei der ansteigende Teil in der Regel etwas stärker (1:6) geneigt ist, als der abfallende (1:8); auch diese flache Ausrundung ist zuletzt nicht

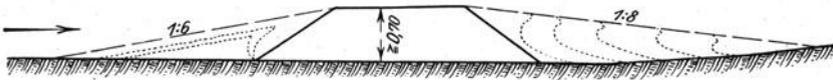


Abb. 96.

mehr wahrnehmbar. Dieses Zudecken tritt bei niedrigen Einschnitten, bei denen es an Ablagerungsflächen fehlt, früher ein als bei tiefen Einschnitten (> 4 m), bei denen, wie die Abb. 95 erkennen läßt, die durch die eine Böschung gegebene Ablagerungsfläche F zur Aufnahme des erforderlichen Schnees meist ausreicht, wenn die Schneemengen nicht zu groß sind.

Bei niedrigen, jedoch mindestens 0,70 m hohen Aufträgen entstehen auf der Bahnkronen (Oberfläche des Oberbaues) keine Schneeverwehungen; denn dort pflegt der Schnee etwa nach Abb. 96 vor und hinter dem Damme sich abzulagern, und der Wind die Bahnkronen frei von Schnee zu halten. Die Fortschritte der Ablagerungen zu beiden Seiten des Dammes sind aus der Abb. 96 ersichtlich. Bei Aufträgen von weniger als 0,70 m Höhe kann der Wind die Bahnkronen nicht mehr so bestreichen, so daß dann der Schnee zwischen den Schienen liegen bleibt und infolge der durch Befahren des

Gleises entstehenden Unebenheiten sich mehr und mehr abgelagert. Bei hohen Dämmen endlich, die starken Winden ausgesetzt sind, entstehen durch die stärkere Ablenkung, die der Wind hier erfährt, nach Abb. 97 vor und auf dem Bahndamm Ablagerungen.

Ähnlich können sich bei starken Winden an Bahnanschnitten mit hohen Dammböschungen Schneeverwehungen nach Abb. 98 bilden.

Zuweilen geben auch Hecken, die dicht neben dem etwa in Geländehöhe liegenden Bahnkörper stehen, zu einer ungünstigen Ablagerung des Schnees vor und hinter der Hecke Veranlassung und müssen daher gegebenenfalls beseitigt werden.

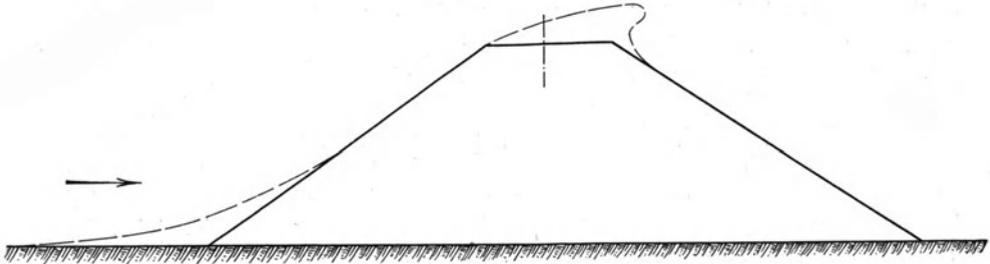


Abb. 97.

Es sind demnach, wenn die Bahn im offenen Gelände liegt, der Gefahr der Verwehung ausgesetzt:

1. Einschnitte von geringer (≤ 4 m) Tiefe, die vom Schnee einfach zugefüllt werden, weil für sie die Böschungsfäche nicht genügend natürliche Ablagerungsfläche bietet;
2. Bahnstrecken, bei denen die Schienenoberkante in gleicher Höhe mit dem Gelände oder nur wenig darüber liegt und die vom Schnee leicht zgedeckt werden;
3. Dammkronen hoher Dämme oder von Anschnitten, wenn sie besonders starken Winden ausgesetzt sind.

Die Schneeschutzanlagen sollen nun die schädliche Ablagerung der Schneemassen auf dem Bahnkörper verhindern. Dies kann geschehen durch Vorkehrungen, die eine Schneeeablagerung am Bahnkörper verhindern (vgl. unten unter a, b, c), durch Einrichtungen, die den Schnee über den Bahnkörper hinwegführen (vgl. unter d), durch Anlagen, die eine Ablagerung des Schnees vor dem Bahnkörper herbeiführen (vgl. unter e und f) und endlich durch Abdeckung der Bahn mit Schutzdächern (vgl. unter g). Daneben werden vielfach Schneeräumungsarbeiten (vgl. unter h) erforderlich, um eine verwehte Strecke wieder in betriebsfähigen Zustand zu setzen. Nach TV. § 26 soll auf die Vermeidung von Schneeverwehungen und Schneeverstüttungen schon bei Anlage der Bahn Rücksicht genommen werden.

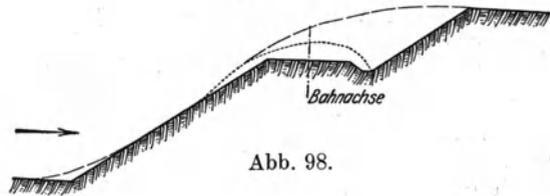


Abb. 98.

Die üblichen Schneeschutzmittel sind im einzelnen:

- a) Vermeidung flacher Einschnitte und niedriger Aufträge durch Hebung der Schienenoberkante,
- b) Abflachen der Einschnittsböschungen,
- c) Abfangen des Schnees durch Aufforstungen,

- d) Hohe Schutzwälle, um den Schnee über das Gleis hinweg zu führen,
- e) Verbreiterung des Einschnittes,
- f) Aufstellen von festen oder versetzbaren Schneewehren,
- g) Schneeschutzdächer,
- h) Schneeräumungsarbeiten.

a) Vermeidung flacher Einschnitte und niedriger Aufträge.

Die Vermeidung flacher Einschnitte und niedriger Aufträge erfolgt durch Heben des Gleises, auf das am besten schon bei der Wahl der Linienführung Rücksicht zu nehmen ist. Diese Maßnahme ist dort am Platze, wo die Bahn auf lange Strecken im flachen Einschnitt oder etwa in Geländehöhe verläuft. Auf Grund der hauptsächlich bei den russischen Bahnen gesammelten Erfahrungen empfiehlt es sich, die Hebung so weit durchzuführen, daß die Bahnkrone rd. 70 cm über Gelände liegt.

b) Abflachen der Einschnittsböschungen.

Das Abflachen der Einschnittsböschungen wird in der Weise ausgeführt, daß von der Grabensohle ausgehend eine Neigung der Einschnittsböschung von am besten 1:10 hergestellt wird. Da sich der Schnee in Neigungen von 1:6 bis 1:10 ablagert, so wird er auf diesen flachen Böschungen nicht liegen bleiben. Da ferner der Bahnkörper infolge des flachen Einschnittes als kleiner Damm herausgehoben und auch vom Wind bestrichen ist, so werden Schneeablagerungen auf der Bahnkrone dann nur selten eintreten. Wegen der hohen Kosten für Erdarbeiten und Grunderwerb kann diese Ausführung nur bei flachen Einschnitten in Betracht kommen. Sie hat sich dort, wo häufige Schneewehen — wie in Rußland — auftreten, nicht bewährt, weil durch größere Schneemassen die flache Einschnittsmulde zugedeckt wird.

c) Abfangen des Schnees durch Aufforstungen.

Wenn Waldschutzstreifen an Bahneinschnitten den Schnee wirksam zurückhalten sollen, so müssen sie eine dichte Wand bilden und daher nicht nur in einer ausreichenden Breite von etwa 12 m angelegt werden, sondern auch so dicht sein, daß der Schnee nicht mehr durch sie hindurchgetrieben werden kann. Laubhölzer, die im Winter die Blätter verlieren, sind hierzu weniger geeignet als Nadelhölzer, und zwar werden vorteilhaft verschiedene Nadelhölzer gemeinsam verwendet, besonders solche, die unten dicht bleiben, wie Fichte, Knieholz, Wacholder, Lebensbaum und auch Kiefer. Am günstigsten ist es, die Hölzer in einer Höhe von 2,50 bis 3 m unter Schnitt zu halten, weil ein schmaler Hochwaldstreifen ohne Niederholz den Schnee nicht abhält, auch besonders dem Winde ausgesetzt ist und daher durch Windbruch gefährlich werden kann. Um jedoch das kostspielige Beschneiden der Bäume zu vermeiden, empfiehlt es sich, statt dessen zwei gleichlaufende Streifen von je etwa 12 m Breite, der eine mit einem etwa 12 Jahre älteren Bestande herzustellen, damit der eine stets die Lücken des anderen ausfüllt. Die Streifen setzt man nicht ganz bis an den Böschungsrand heran. Wegen der hohen Kosten kommt diese Schutzanlage nur selten vor.

Die in Abb. 97 dargestellten Schneeablagerungen auf der Krone hoher Dämme können am besten durch Anpflanzen von Buschwerk auf der Dammböschung vermieden werden. Hierbei muß jedoch die Anpflanzung so unter Schnitt gehalten werden, daß der Wind die Krone bestreichen kann, also die Sträucher nicht höher werden als die Krone des Dammes. Auch solche Aufforstungen, die am besten mit Fichten ausgeführt werden, werden zweckmäßig in zwei Streifen verschiedenen Alters angelegt.

d) Hohe Schutzwälle, um den Schnee über das Gleis hinweg zu führen.

Auf Grund der von dem Ingenieur Wurzel bei den russischen Bahnen angestellten Versuche stellt man eine Schutzwehr von 4,3 bis 6,4 m Höhe am Einschnittsrande der Böschung auf, die ein Treiben des Schnees über den hierdurch vertieften Bahneinschnitt bewirkt. Statt einer hohen festen Schutzwehr sind zur Herstellung des erforderlichen hohen Walles auch durchlässige und versetzbare Zäune aus Weidengeflecht und Latten in folgender Weise verwendet worden. Nachdem sich unter Verwendung von $x = 1,40$ bis 1,70 m hohen Zäunen, die in einer Entfernung von 17 bis 29 m ($= 12x$ bis $17x$) von der Böschungskante aufgestellt wurden, eine Schneeablagerung gebildet hatte, wurde der Zaun herausgenommen und auf den höchsten Punkt der entstandenen Schneeablagerung aufgestellt. Durch mehrfaches Umsetzen des Zaunes wurde so allmählich ein hoher Schneewall mit nach oben steiler werdender Böschung erreicht, der ein Herüberfegen des Schnees in hohem Bogen 100 m und weiter über den Einschnitt bewirkt¹⁾. In der Regel genügt es hierbei, den Zaun 4 bis 5 mal zu versetzen.

e) Verbreiterung des Einschnittes.

Eine Vergrößerung der Ablagerungsfläche kann durch Verbreiterung des Einschnittes, die während des Baues auszuführen ist, erreicht werden. Die Erweiterung der Einschnitte wird am besten in der Grabenhöhe ausgeführt. Sie kommt nur dort in Betracht, wo gleichzeitig Boden gewonnen werden soll, und hängt daher nicht nur von dem Ablagerungsquerschnitt, sondern auch davon ab, wieviel Boden an anderer Stelle erforderlich wird.

f) Aufstellen von festen oder versetzbaren Schneewehren.

Als Schneewehren zur Schaffung von Ablagerungsflächen werden Erd-dämme, Mauern, Wände und Hecken verwendet. Die Größe und Form der

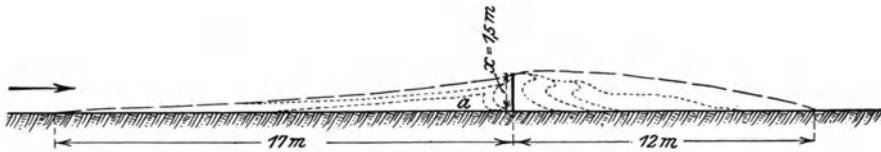


Abb. 99.

Schneeablagerung hängt ab von der Art der Schneewehr — besonders ob dicht oder durchlässig — und von ihrer Aufstellung — ob am Rande der Böschung oder weiter abseits.



Abb. 100.

Wie sich bei senkrecht zur Windrichtung stehenden Wänden der Schnee abgelagert, ist aus den beiden Abb. 99 und 100 zu ersehen. Von diesen zeigt Abb. 99 die Ablagerung an einem undurchlässigen Zaun. Hierbei sammelt

¹⁾ vgl. v. Karejscha, Bulletin de la Commission international du Congress des chemins de fer 1900, 4. Heft und A. Blum, Zentralbl. der Bauverwaltung 1900, S. 427.

sich durch das Abprallen der Schnee zunächst nur bei a , vor dem Zaun einen Graben bildend, bis die Ablagerung die Höhe der Wand erreicht hat; alsdann entstehen auch an der dem Winde abgewendeten Seite der Wand Ablagerungen nach den punktiert angegebenen Linien. Abb. 100 veranschaulicht dagegen die Ablagerung an einem durchlässigen Zaune, wie ihn ein Lattenzaun oder eine Hecke darstellt.

In beiden Fällen findet vor und hinter dem Zaun oder der Hecke eine Schneeablagerung statt, und zwar erstreckt sich nach Versuchen, die Schubert angestellt hat, bei der Höhe eines dichten Zaunes von 1,50 m die hinter dem Zaun sich bildende Ablagerung bis höchstens 12 m weit. Vollgefüllt kann ein solcher dichter Bretterzaun eine Schneeablagerung im Querschnitt

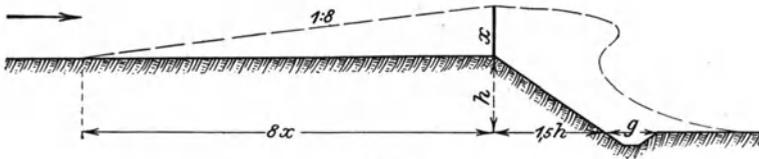


Abb. 101.

von 23,2 qm herbeiführen. Bei Hecken wird, wie die Versuche ergeben haben, je durchlässiger sie sind, desto kleiner die vorliegende Ablagerung, desto größer jedoch die dahinter liegende. Bei dichteren Hecken werden nach demselben Grundsatz die vorliegenden Ablagerungen größer, die hinteren kürzer. Ein dichter Zaun mit nicht zu breiten Schlitten zwischen den einzelnen Brettern kann auf Grund der Versuche von Schubert, obgleich die Hinterlagerung kürzer ist, mehr fassen als ein durchlässiger Zaun; er empfiehlt sich daher besonders da, wo zwischen Zaun und Bahnkörper keine hinreichende Geländebreite (< 12 m) vorhanden ist.

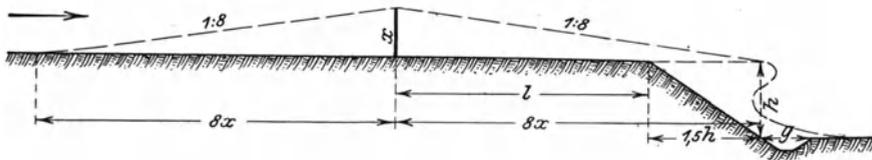


Abb. 102.

Der Schneezaun kann entweder nach Abb. 101 unmittelbar an der Kante der Einschnittsböschung oder nach Abb. 102 in größerer Entfernung davon aufgestellt werden. Wegen seiner großen hinteren Ablagerung können durchlässige Zäune im allgemeinen an den Böschungskanten nicht verwendet werden.

Nimmt man bei einem an der Böschung stehenden dichten Zaun an, daß der Schnee nur bis an die Bettungskante reichen darf und berücksichtigt man, daß, wie die Versuche von Schubert ergeben haben, die Größe der Vorlagerung eines dichten Zaunes der Fläche eines rechtwinkligen Dreiecks entspricht, das die Oberflächenneigung 1:8 aufweist, so kann man unter Zugrundelegung der in der Abb. 101 eingetragenen Bezeichnungen für die Ablagerungsfläche annähernd genau genug setzen

$$F = 4x^2 + \frac{2x + h}{2} \cdot 1,5h,$$

woraus sich die Höhe des Zaunes zu

$$x = -\frac{3}{16}h + \frac{1}{16}\sqrt{64F - 39h^2} \quad (1)$$

errechnet. Die Höhe des Zaunes ist für jede Einschnittstiefe h besonders zu ermitteln. Ist $h=0$, d. h. liegt die Bahn in Geländehöhe, so muß der Zaun seine größte Höhe mit $x = \frac{1}{2}\sqrt{F}$ erhalten und kann zu Null auslaufen

($x=0$) bei einer Einschnittstiefe von $h = 2\sqrt{\frac{F}{3}}$, weil dann die Einschnittsböschung auch ohne Zaun ausreichende Ablagerungsmöglichkeit gewährt.

Während bei tiefen Einschnitten der Schneezaun schon ausreichende Ablagerungsflächen gewährt, wenn er an die Kante der Einschnittsböschung gesetzt wird, muß bei ganz flachen Einschnitten und dort, wo das Gleis in Geländehöhe liegt, zur Vergrößerung des Ablagerungsquerschnittes der Zaun häufig in einer gewissen Entfernung von der Böschungskante aufgestellt werden. Den größtmöglichen Ablagerungsquerschnitt erhält man, wenn man den Schneezaun nach Abb. 102 in der achtfachen Höhe des Zaunes vom Böschungsfuß aufstellt. Dann wird annähernd genau genug die Ablagerungsfläche

$$F = 8x^2 + \frac{1,5h^2}{2},$$

so daß sich ergibt

$$x = \frac{1}{4}\sqrt{2F - 1,5h^2} \quad (2)$$

Nach dieser Gleichung ist die Höhe des Zaunes für jede Einschnittstiefe h zu ermitteln. Insbesondere wird, wenn $h=0$, d. h. die Bahn in Geländehöhe gelegen ist, die größte Höhe des Zaunes $x = \frac{1}{4}\sqrt{2F}$, während der Zaun

wegfallen kann, wenn für $x=0$ die Einschnittstiefen von $h = 2\sqrt{\frac{F}{3}}$ auch ohne Zaun ausreichende Ablagerungsmöglichkeit gewährt.

Da Versuche ergeben haben, daß tiefere Einschnitte um so sicherer vor Schneesverwehungen sind, je steiler die Böschung ist (je kleiner also in diesem Falle die Ablagerungsfläche wird), weil dann der Schnee, ohne sich überhaupt lagern zu können, nach den Ausführungen unter d über den Einschnitt hinweggefegt wird, so ist jedenfalls ein zu weites Abrücken des Schneezaunes schädlich, weil man anstreben muß, einen Einschnitt von möglichster Tiefe und Steilheit der Böschung — von Oberkante Zaun bis zum Graben gerechnet — herzustellen. Die Entfernungen l des Schneezaunes von der oberen Böschungskante schwanken zwischen 5 und 20 m.

¹⁾ Eine genauere Berechnung ergibt:

$$x = -\frac{g + 1,5h}{8} + \sqrt{\frac{F}{4} + \frac{g^2}{32} - \frac{5}{32}gh - \frac{15}{128}h^2},$$

wenn g die obere Breite des Grabens ist.

²⁾ Eine genauere Berechnung ergibt

$$x = \frac{1}{4}\sqrt{2F - 2gh - 1,5h^2}.$$

Wird der Ablagerungsquerschnitt größer als 30 qm, so müßte der Zaun so hoch werden, daß seine Herstellung zu kostspielig wird. Man zieht dann vor, statt eines sehr hohen, zwei parallele Zäune — den einen an der Einschnittskante, den anderen weiter außerhalb — zu errichten.

An den Übergängen zwischen Auf- und Abtrag liegt wegen der Wirbelbildungen und der schräg zur Bahn einfallenden Winde die Gefahr vor, daß der Schnee in den Einschnitt eingetrieben wird.

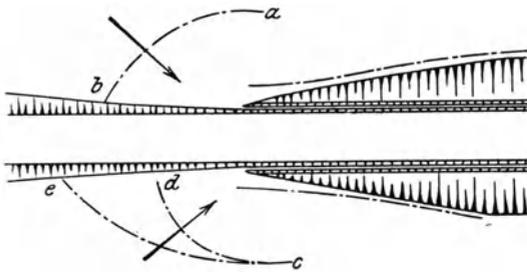


Abb. 103.

Hier empfiehlt es sich daher, außer dem etwa am Einschnitt beginnenden Schneezäun noch einen zweiten anzuordnen, der etwa wie a—b oder c—d in der Abb. 103 bogenförmig angeordnet und nach dem Einschnitt zu verlängert wird. Die Höhe dieses Zaunes ermittelt sich nach Gleichung (2) S. 291

unter Annahme von $h = 0$ zu $x = \frac{1}{4} \sqrt{2F}$.

Da bei niedrigem Auftrage der Zaun, um ein Eindecken der Bahnkronen zu vermeiden, nach Abb. 104 höchstens $x = h_a + \frac{l_a}{8}$ hoch sein darf, so wird man gut tun, den zwischen Auf- und Abtrag vorzusehenden Zaun nach

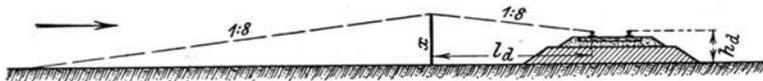


Abb. 104.

Linie c—e (Abb. 103) da an den Auftrag anzuschließen, wo dieser höher ist als der Zaun. Wird dann nicht genügend Ablagerungsfläche erreicht, so setzt man wohl auch zwei Zäune (c—e und c—d nach dem unteren Teile der Abb. 103) hintereinander.

Ein nach den vorstehenden Grundsätzen angelegter Zaun wird daher etwa die in Abb. 105 angegebene Lage aufweisen, und zwar wird er bei flachem Abtrag in der Regel in einem gewissen Abstände von der Einschnittskante aufgestellt werden — hier wird seine Höhe nach der Gleichung (2) S. 291 berechnet —, wird dann nach Abb. 102

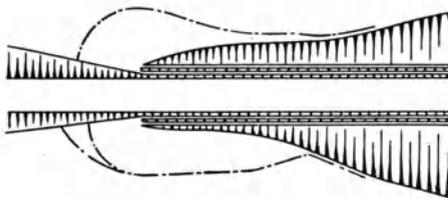


Abb. 105.

8x = 1,5h, so wird $l = 0$, der Zaun tritt an die Böschungskante und seine Höhe wird nach Gleichung (1) S. 291 ermittelt. Der zur Seitendeckung herum zu führende Zaun kann dann als

einfacher, wie in dem oberen Teile der Abb. 105 oder als doppelter wie in dem unteren Teile der Abb. 105 ausgeführt werden.

Alle diese Erörterungen gelten für einen dichten Zaun. Die durchlässigen Zäune müssen wegen ihrer wesentlich größeren Hinterlagerung weiter vom Böschungseinschnitt entfernt aufgestellt werden.

Die Schneezäune können fest oder versetzbar sein. Zur Ausführung der festen und dichten Schneewehren, deren Höhen in der Regel

zwischen 1,5 und 3,0 m schwanken, in Rußland jedoch bis auf 5,34 m herauf gehen, werden Erddämme, Mauern und Holzwände verwendet. Die Erddämme werden mit einer dem Winde entgegengerichteten, möglichst steilen Böschung und entweder in der vollen, für den Schneezaun erforderlichen Höhe hergestellt oder man führt sie niedriger aus und stellt oben zunächst einen kleinen Bretterzaun auf, den man am besten nach Abb. 106 später durch eine lebende Hecke ersetzt, die sich zunächst unter dem Schutze des Zaunes entwickeln kann. Zuweilen wird auch nach Abb. 106 der für den Erddamm erforderliche Boden durch Verbreitern des nebenliegenden Einschnittes gewonnen und dadurch der Ablagerungsquerschnitt noch erhöht. Statt der Erddämme kann man Trocken- oder Mörtelmauern errichten, die in beliebigen Höhen ausgeführt werden können. Recht zweckmäßig werden ferner alte hölzerne oder eiserne Eisenbahnschwellen zu Schutzwehren verwendet, die man entweder senkrecht, 1,50 bis 2,00 m aus dem Erdreich herausragend, eingräbt oder auch wagerecht zwischen zwei senkrecht gerichteten Schwellen verlegt. Statt dessen können ferner Bretttafeln zwischen senkrecht eingegrabenen Schwellen lose und herausnehmbar eingesetzt werden, die auch den Vorteil bieten, daß man sie während des Schneetreibens anheben und dadurch den Schneezaun erhöhen kann. Neuerdings finden auch Eisenbetonschwellen als Schneewehren Verwendung.

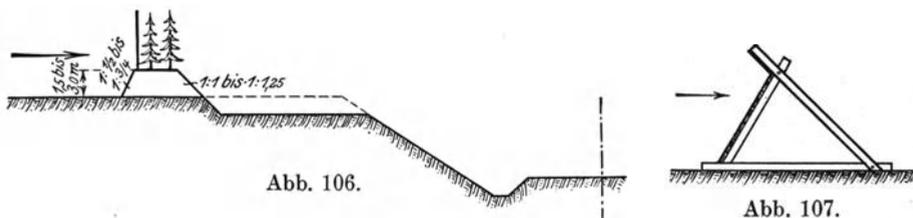


Abb. 106.

Abb. 107.

Als durchlässige Zäune werden verwendet Lattenzäune mit Schlitzwehren aus wagerechten Eisenbetonschwellen, die zwischen senkrechten Schwellen mit Schlitzn eingelegt werden, Drahtzäune mit einer Maschenweite von 3 bis 9 mm, Zäune aus Weiden und Reisig geflochten, und endlich, wenn geeigneter Boden vorhanden ist, lebende Hecken. Für letztere werden Fichten, Tannen, Weißdorn und Lebensbaum benutzt, die bei gutem Verschnitt nach einigen Jahren sogar einen annähernd dichten Zaun bilden. Sie müssen nach Abb. 106 zunächst unter dem Schutze eines anderen Schneezaunes errichtet werden.

Die versetzbaren Zäune werden dort mit Vorteil verwendet, wo die Windrichtung wechselt, also besonders an den Übergängen vom Auf- zum Abtrag. Sie haben den Vorzug, daß sie so aufgestellt werden können, wie sie am günstigsten wirken, was deshalb besonders wertvoll ist, weil die Schneemassen nicht von Anfang an bekannt sind. Besonders angebracht sind sie da, wo infolge von Grunderwerbsschwierigkeiten die Anlage fester Zäune nicht zweckmäßig und ihre Wegnahme im Sommer erwünscht ist. Die versetzbaren Zäune werden 1,50 bis 1,70 m hoch aus Holzwänden, Weidengeflechten, Reisig oder Bast, auch Drahtnetz hergestellt und durch seitliche Streben versteift; auch wird vielfach nach Abb. 107 der leicht versetzbare amerikanische Bockzaun mit gutem Erfolg angewendet, der den Vorteil bietet, daß er ohne Verankerung im Gelände aufgestellt werden kann.

g) Schneeschutzdächer.

Schneeschutzdächer oder Galerien kommen im Hochgebirge — besonders zahlreich in Norwegen und Nordamerika — in Holz oder Mauerwerk vor. Sie sollen die Strecken in der Nähe der Paßhöhe vor dem Einschneien be-

wahren und dienen dabei gleichzeitig dazu, die Bahn gegen Steinschläge und Lawinen zu sichern. Man verwendet sie besonders im Anschnitt, seltener im Einschnitt. Abb. 108 zeigt ein hölzernes Schneeschutzdach, wie es vielfach bei der Süd-Pacific-Bahn in den Vereinigten Staaten von Amerika ausgeführt ist. Hier sind lange Bahnstrecken mit Schneedächern überbaut,

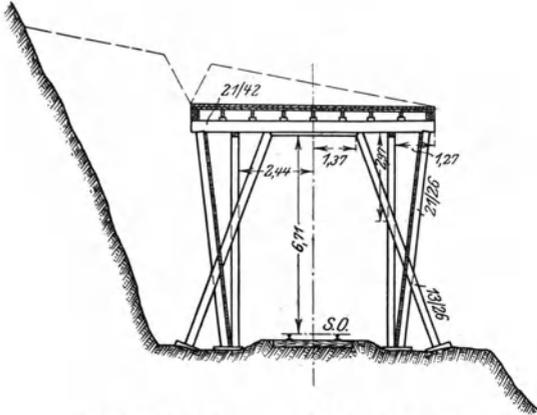


Abb. 108. Hölzernes Schneeschutzdach.

die nicht nur den Reisenden die Aussicht nehmen, sondern auch bei Dampfbetrieb eine Belästigung durch Rauch verursachen, besonders der Feuersgefahr ausgesetzt und recht kostspielig sind. Diesen Nachteilen sucht man z. B. bei der Süd-Pacific-Bahn dadurch zu begegnen, daß in Abständen von 300 m das Schneedach auf 30 m Länge unterbrochen und durch ein bewegliches Dach ersetzt wird, das mittels Rollen auf Schienen läuft und bei Feuersgefahr und während des Sommers in die zu diesem

Zweck auf 15 m Länge entsprechend erweiterten Enden der festen Dächer durch Lokomotiven hineingeschoben wird. Hölzerne Schneeschutzdächer ähnlicher Art, die imstande sind eine Schneeschicht bis zu 8 m zu tragen, kommen auf der Strecke Christiania—Bergen in Norwegen in großem Umfang vor, und zwar sind von der 100 km langen baumlosen Hochgebirgsstrecke dieser Bahn etwa 25 km mit solchen Dächern ausgerüstet.

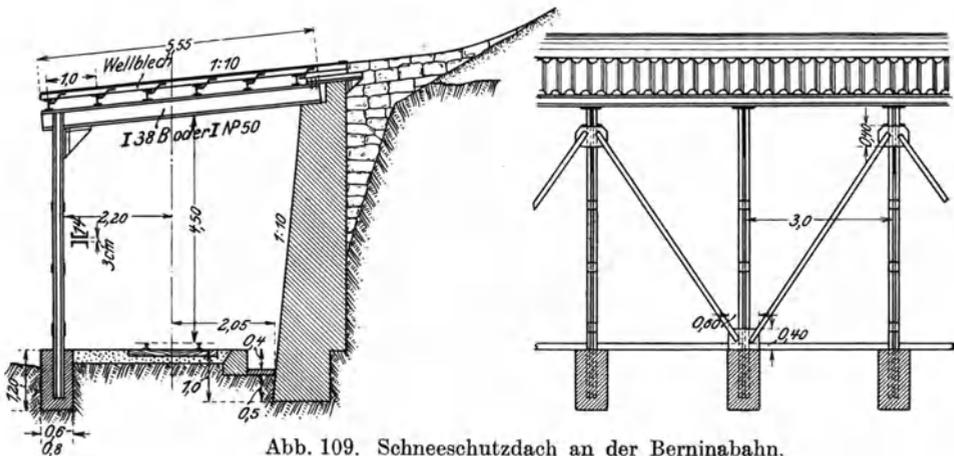


Abb. 109. Schneeschutzdach an der Berninabahn.

Abb. 109 zeigt ein pultförmiges Schneeschutzdach mit Steinpfelern und Wellblechabdeckung, wie es in der Nähe der Paßhöhe der Berninabahn und in ähnlicher Ausführung auch bei der Arlbergbahn verwendet worden ist.

Werden die Schneeschutzdächer gewölbt hergestellt, so gleichen sie in der Ausführung den Lawingalerien (vgl. Abb. 114 S. 298).

h) Schneeräumungsarbeiten.

Um eine Bahn auch dort in betriebsfähigem Zustande zu halten, wo entweder keine ausreichenden Schutzanlagen gegen Schneeverwehungen vor-

handen sind, diese ihren Zweck nicht voll erreichen oder wo auch die Höhe des gefallenen Schnees den Betrieb gefährden könnte, werden Schneepflüge und Schneeräumer verwendet, die durch schräge Keilflächen den Schnee aus dem Gleise werfen. Die schrägen Flächen sind entweder beiderseits gleichgestaltet, so daß der Schnee nach beiden Seiten des Gleises fortgedrängt wird oder ungleichartig, wobei der Schnee nach einer Seite geschaufelt wird. Für zweigleisige Bahnen kommen nur die letzteren in Betracht, die auch den Vorteil haben, daß sich bei ihnen das Werfen des Schnees gegen die Windrichtung vermeiden läßt. Die Schneepflüge haben entweder eigene Räder und werden von der Lokomotive geschoben — in diesem Falle dürfen sie aber nicht vor Züge gestellt werden, die mit mehr als 30 km/Std. Geschwindigkeit fahren (BO. § 71) — oder sie sind in kleiner Ausführung fest mit der Zuglokomotive verbunden (Bahnräumer). Sie haben sich bei nicht zu starker Schneedecke gut bewährt. Bei größeren Stärken werden Schneeschleudermaschinen (Kreispflüge, Schneeschaufler) bevorzugt, die durch Drehung eines senkrecht stehenden, mit Schaufeln versehenen Rades den Schnee durch die Fliehkraft in weitere Entfernung zur Seite schleudern. Sie haben sich in den meisten Ländern recht gut bewährt und haben in Amerika an manchen Strecken sogar die früher vorhandenen Schneedächer verdrängt.

Bei andauernden starken Schneestürmen, wie sie in den teilweise baumlosen Steppen Rußlands vorkommen, wo der Schnee bis zum halben Jahre liegt und Schneehöhen von durchschnittlich 0,16—0,64 m, im Höchsthalle 0,41—1,26 m Stärke auftreten, erfüllen die Pflüge und Schneeschleudermaschinen nicht mehr ihren Zweck, weil sie den Schnee nur beiseite werfen, also künstlich niedrige Einschnitte bilden und damit den für Schneeverwehungen gefährlichsten Zustand herstellen. Hier hat sich die im allgemeinen kostspielige Schneeräumung von Hand mit der Schaufel stellenweise besser bewährt, weil sie die Möglichkeit bietet, jede die Schneeablagerung fördernde Schneeerhöhung neben den Schienen durch Abflachung sogleich zu beseitigen.

4. Schutzanlagen gegen Flugsandverwehungen.

Ganz ähnlich wie Schneeverwehungen treten auch in manchen Gegenden Sandverwehungen auf. Hierbei wühlt der Wind den mit Flugsand bedeckten Boden auf, führt ihn mit und lagert ihn auf der Bahn ab. Die schädlichen Einwirkungen des Flugsandes auf den Betrieb sind nachteiliger als die des Schnees. Die Schutzanordnungen, die gegen solche Sandverwehungen angeordnet worden sind, ähneln den Anlagen gegen Schneeverwehungen. Sie bestehen in dem Abflachen der Böschungen, ferner in dem Auffangen und Sammeln des Flugsandes mittels Gräben, Zäunen und Wällen, von denen zu geeigneter Zeit Arbeiter den Sand auf die dem Winde abgelegene Seite der Bahn zu schaffen haben. Beim Bau der Bahnstrecke von Lüderitzbucht nach Keetmanshoop in Südwestafrika, wo die Bahn quer durch einen etwa 7,5 km breiten Gürtel von Wanderdünen senkrecht zur herrschenden Windrichtung geführt werden mußte, deckte man mit gutem Erfolg die der Bahn sich auf etwa 100 m nähernden Dünen auf der dem Wind zugekehrten abgeflachten Seite mit Jutenmatten ab und verhinderte sie so am Fortwandern. Wenn dann einzelne Teile in schmalen, quer zur Windrichtung laufenden Streifen stückweise allmählich freigemacht und dem Winde preisgegeben wurden, so löste der Wind diese selbst auf und führte sie über die Bahn hinweg.

Erst wenn alle solche Mittel nichts helfen, kann auch die Eindeckung der ganzen Bahn in Frage kommen.

5. Schutzanlagen gegen Lawinen.

Lawinen sind große, in steilen muldenförmigen Abhängen abgelagerte Schneemassen, die bei eintretendem Tauwetter plötzlich herunter gleiten. Sie treten nur in schneereichen Hochgebirgen auf und zwar in der Regel immer an denselben Orten und in derselben Richtung. Die Stelle, an der eine Lawine durch Abreißen der Schneemasse entsteht, nennt man das Anbruchgebiet. Der Weg, den die Lawine von der Höhe bis zur Tiefe wählt, heißt Lawinengang und die Ablagerungsstelle unten im Tal Lawinenkegel. Die am meisten vorkommenden Arten der Lawinen sind die Staublawinen und die Grundlawinen. Erstere bestehen aus losen und trockenen, oberhalb der Waldgrenze liegenden Schneemassen, die infolge ihres lockeren Gefüges in Bewegung geraten und meist im freien Falle durch die Luft unter Entwicklung starken Luftdrucks in die Tiefe stürzen. Da sich hierbei ein Teil des Schnees an den beiderseitigen Abhängen abgelagert, nimmt die Masse der Lawinen nach und nach ab. Dagegen entstehen Grundlawinen, wenn an steilen Berghängen die Schneemassen an der Anbruchstelle abreißen, in Bewegung kommen und die in ihrer Bahn liegenden Schneemassen, auch Felsblöcke und Bäume fortreibend mit wachsender Geschwindigkeit abwärts gleiten. Durch ihre Massenwirkung sind sie besonders gefährlich. Mitteltgroße Lawinen enthalten 2000—20 000 cbm Schneemasse, die größten bis 200 000 cbm. Die Länge der Lawinengänge erstreckt sich bis über 6,5 km.

In den Schweizer Alpen gehen jährlich rund 17 500 Lawinen nieder, von denen etwa die Hälfte auf den Frühling entfällt. Die Mehrzahl nimmt oberhalb der Waldgrenze ihren Ausgang.

Die Lawinen können der Bahn durch vollständige Verschüttung des Bahnkörpers Gefahr bringen. Man muß daher schon beim Entwurfe der Bahnlinie auf die Sicherung der Bahn gegen Lawinen Rücksicht nehmen. Das sicherste Schutzmittel gegen die Lawinen besteht in der Vermeidung der Lawinengänge durch Änderung der Linienführung, indem man die Bahn auf die im Eigenschatten liegende Talseite verlegt¹⁾, die zu Lawinenbildungen weniger neigt und häufig bewaldet ist. Ist diese Änderung nicht möglich, so werden kostspielige Bauten erforderlich, von denen die wirksamsten in der Unterführung der Lawinengänge durch Verlegung der Bahn in einen Tunnel bestehen. Die weiteren Schutzmittel bestehen entweder in Form von Aufforstungen, Lawinenverbauungen durch Verpfählungen oder Schneefänge, die oberhalb der Bahn die Schneemassen festhalten, damit die Schneemasse sich überhaupt nicht in Bewegung setzen kann, sondern ihr allmähliches Abschmelzen veranlaßt wird, und in Leitwerken, die die Lawinen ablenken und zur Ablagerung bringen oder unmittelbar an der Bahn in Form von Schutzdächern, durch die die Lawinengänge in gepflasterten Rinnen über die Bahn geführt werden²⁾.

a) Aufforstungen.

Da sich Lawinen im Walde nicht bilden können, so ist Wald, wenn er bis oben an die Anbruchstelle hochgeführt wird, der beste Schutz dagegen. So sind in Österreich und in der Schweiz nachträglich Aufforstungen vor-

¹⁾ Bei ausreichender Bewaldung der Sonnenseite halten manche Ingenieure auch diese für die Anlage der Bahn für geeigneter, weil hier der Schnee schneller schmilzt und die Kosten der Ausschauelung geringer werden. Derartige Ausführungen sind u. a. bei der Arlbergbahn und Bodensee-Toggenburg-Bahn gewählt.

²⁾ vgl. E. Schubert, Schutz der Eisenbahnen gegen Schneeüberwehungen und Lawinen. Leipzig 1903.

v. Pollack, Über Erfahrungen im Lawinenverbau in Österreich, Leipzig und Wien 1906.

genommen worden. Sie müssen ausreichend dicht ausgeführt sein, bis die Bäume genügend groß geworden sind, um die Bildung der Lawinen zu verhindern und unter Schutz (etwa von Verpfählungen) erfolgen. Die Flächen für die Aufforstungen werden am zweckmäßigsten von der Bahn angekauft, weil das in der Regel billiger ist, als wenn eine Entschädigung für erschwerte Bewirtschaftung gezahlt wird. Die Aufforstungen sind nur bis zu der 1800 bis 2000 m hoch liegenden Waldgrenze möglich.

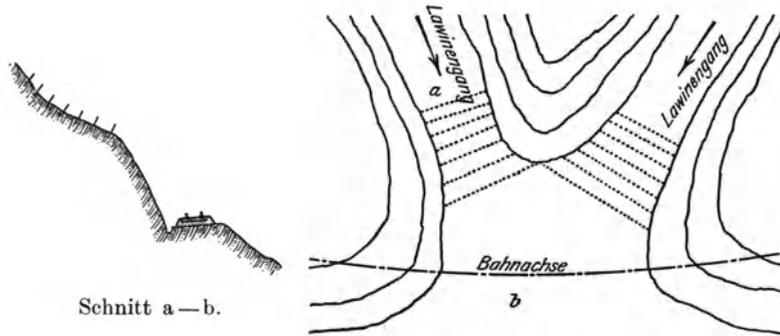


Abb. 110. Lawinverbauung durch Verpfählungen.

b) Lawinverbauungen durch Verpfählungen und Schneefänge.

Hierbei werden hoch oben an der Anbruchstelle, wo erfahrungsgemäß die Lawine zuerst abzureißen das Bestreben hat, Verpfählungen angebracht, um durch sie die Schneemassen zusammenzuhalten und die Entstehung von Anbrüchen zu verhindern. Sie werden etwa nach Abb. 110 ausgeführt. Die Pfähle, die 10—12 cm stark in Reihen von 0,50—3 m Abstand eingeschlagen werden, sollen 0,70—1 m aus dem Boden herausragen. Großartigste Lawinverbauungen sind besonders an der Arlbergbahn¹⁾, Albulabahn und Lötschbergbahn ausgeführt worden.



Abb. 111. Lawinverbauung durch Schneefänge an der Albulabahn.

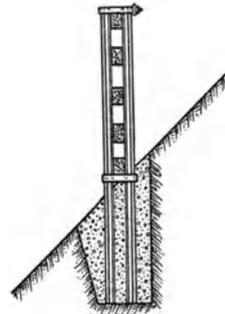


Abb. 112.

¹⁾ vgl. Die Arlbergbahn, Denkschrift, herausgegeben von der Staatsbahndirektion in Innsbruck, 1896.

Um eine Ablagerung für den Schnee vor der Bahn zu ermöglichen, werden ferner in dem Anbruchgebiet und dicht darunter Querwände (Schneefänge) in Richtung der Schichtenlinien in Höhenabständen von 5—15 m etwa nach Abb. 111, die die Lawinenverbauungen bei der Albulabahn zeigt, staffelförmig übereinander aufgestellt, die den Schnee gewissermaßen stützen. Die Querwände erhalten 2—3 m Höhe und werden als Holzwände mit Steinhinterpackung, als Erddämme, Mörtel- oder Trockenmauern (Abb. 111) oder aus alten Schienen mit Schwellen (Abb. 112) hergestellt.

c) Leitwerke.

Leitwerke sollen die Lawinen abfangen und, bevor sie an die Bahn gelangen, seitlich so ablenken, daß sie ihr nicht gefährvoll werden können.

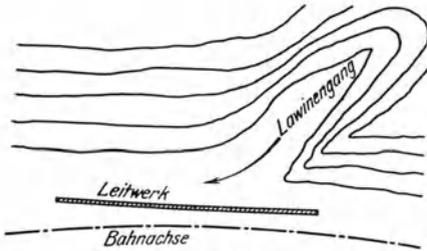


Abb. 113.

Die Leitwerke bestehen aus Mauern oder Holzwänden von 3—5 m Höhe, die nach Abb. 113 unter einem flachen Winkel (20° — 50° , möglichst unter 30°) zum Lawinengange herzustellen sind. Die Leitwerke müssen an der Innenseite möglichst steil sein ($1:1\frac{1}{5}$ — $1:1\frac{1}{2}$), um ein Herübersteigen der Lawine zu verhindern und ausreichende Ablagerungsfläche bieten. Sie sind nach jedem Lawinenfall zu räumen.

d) Lawinenschutzdächer.

Lawinenschutzdächer oder Galerien dienen dazu, im Lawinengange den Schnee über die Bahn hinwegzuführen. Sie kommen nur vor, wenn die Bahn im Einschnitt oder Anschnitt gelegen ist. Sie bestehen ähnlich wie die Schneeschutzdächer aus tunnelartigen, aber meist massiven Überdachungen und Überwölbungen in der Breite der Lawinengänge. Der Längsschnitt durch den Überbau zeigt muldenförmige Gestalt, wobei die Stirnflächen nach Abb. 114, die eine gewölbte Lawingalerie der Albulabahn darstellt, hochgeführt sind, um das Abgleiten der Schneemassen zu verhindern.

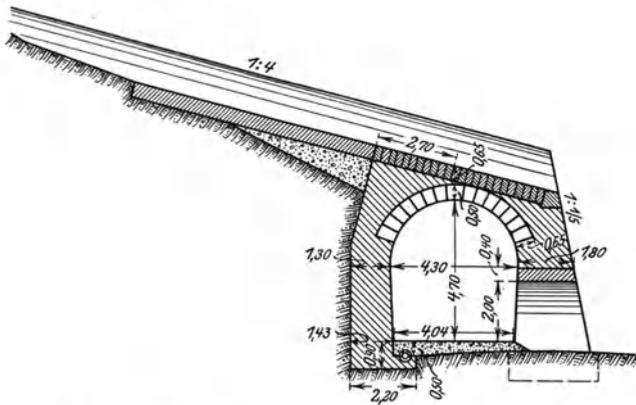


Abb. 114. Gewölbte Lawingalerie der Albulabahn.

6. Schutzanlagen gegen Steinfälle.

Steinfälle treten in Gegenden auf, in denen oberhalb der Bahn leicht abbröckelnde Gesteinsarten vorhanden sind, die gelegentlich ins Rollen kommen und alsdann die Bahnanlage gefährden können. Man vermeidet sie am wirksamsten durch Verlegung der Bahn in einen Tunnel und versucht auch auf andere Art drohenden Bergstürzen aus dem Wege zu gehen. Schutz-

maßnahmen gegen Steinfälle bestehen ferner in der Anlage von Steinfängen, die ähnlich den Schneefängen aus Holz, Stein oder Eisen oberhalb der Bahn errichtet die Steinschläge aufzufangen bestimmt sind, oder man ordnet in sehr ungünstigen Fällen nach Abb. 115, die eine Ausführung bei der Wocheiner Bahn zwischen Plava und Görz angibt, Schutzdächer ähnlich den Lawinengalerien über der Bahn an, um so die Steinfälle ungefährdet für die Bahn abzuleiten.

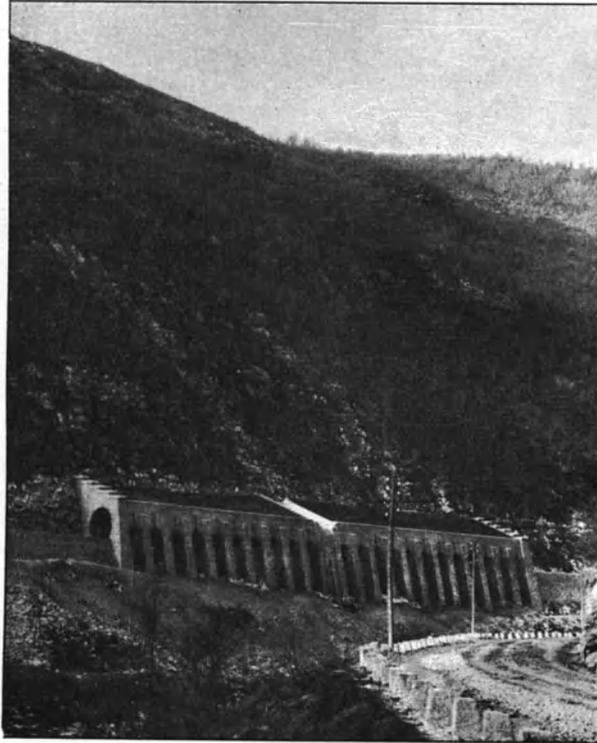


Abb. 115. Schutzdach gegen Steinfälle an der Wocheiner Bahn zwischen Plava und Görz.

VIII. Lage der Bahn zu anderen Verkehrswegen.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

An Verkehrswegen können eine Bahn kreuzen:

1. andere Eisenbahnen,
2. Wegeanlagen (Straßen, Chausseen, Feldwege) und
3. Wasserstraßen (schiffbare Flüsse und Kanäle).

Beim Bau einer Bahn ist die Anlage im allgemeinen so zu wählen, daß auf den vorhandenen Verkehrswegen der Verkehr, wenn auch zuweilen in etwas abgeänderter Form aufrechterhalten bleibt.

1. Kreuzung zweier Eisenbahnen.

Muß eine neue Bahnlinie eine bereits bestehende kreuzen, so wird meist die bestehende Bahn unverändert bleiben und die neue sich der bestehenden anpassen müssen, wie überhaupt stets die neue Anlage sich nach der alten

zu richten hat. Die beiden Bahnen in Schienenhöhe einander kreuzen zu lassen, empfiehlt sich nicht. Solche Kreuzungen in Schienenhöhe waren früher besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika allgemein üblich, werden aber in neuerer Zeit nur noch selten ausgeführt, und wo vorhanden, mehr und mehr beseitigt, weil sie nicht nur gefährlich sind, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Strecken und den Fahrplan ungünstig beeinflussen.

In Deutschland im besonderen dürfen nach der BO. (§ 13) außerhalb der Einfahrsignale der Bahnhöfe (d. h. auf der freien Strecke) in Schienenhöhe keine Kreuzungen von Hauptbahnen mit anderen Haupt- oder Nebenbahnen angelegt werden. Nur für die Kreuzung einer Hauptbahn mit einer

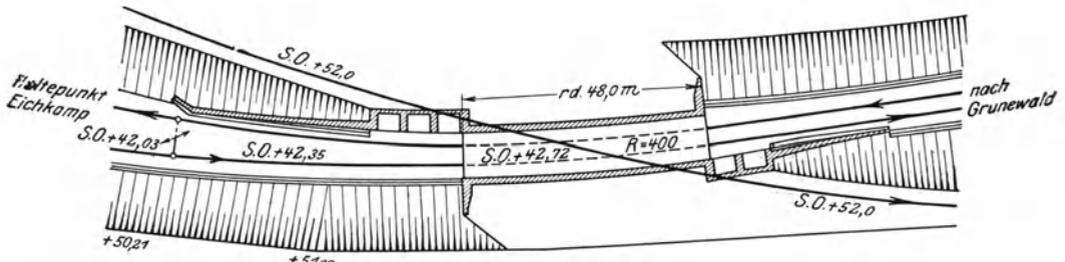


Abb. 116 a. Lageplan.

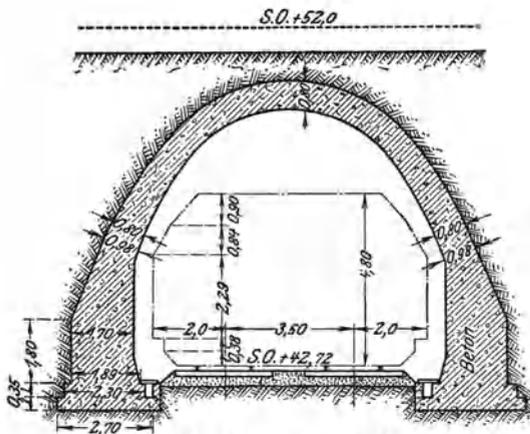


Abb. 116 b. Querschnitt.

Abb. 116 a u. b. Überführung des Hauptgleises nach Wetzlar über zwei Stadtbahngleise bei Berlin-Eichkamp.

Kreuzung leicht ausführbar ist. Kreuzungen zweier Lokalbahnen (Kleinbahnen) in Schienenhöhe sind nach den Grz. (§ 17) zulässig und werden wegen der geringen Bedeutung dieser Bahnarten auch häufig hergestellt. Zur Sicherung der Zugfahrten auf den beiden sich kreuzenden Bahnlinien werden die Schienenkreuzungen nach allen Seiten durch Signale gedeckt, wobei in die Kleinbahn Gleissperren, Entgleisungsweichen oder am besten Schutzweichen mit Sandgleisen oder ähnliche Anlagen eingebaut und in Abhängigkeit von den Signalen gebracht werden.

Häufig werden die aus den ersten Jahrzehnten stammenden Kreuzungen in Schienenhöhe in den Bahnhöfen in der Weise beseitigt, daß die Kreuzungen auf die freie Strecke hinaus verlegt und dort schienenfrei ausgeführt werden. Bei diesen Gleisentwicklungen, die sich dann in umfangreicher Weise

Kleinbahn oder einer Lokalbahn kann die Aufsichtsbehörde Ausnahmen zulassen. Aber auch solche Kreuzungen, ebenso wie Kreuzungen von Nebenbahnen unter sich, die nach den Bestimmungen noch gestattet sind, werden jetzt möglichst nicht mehr ausgeführt und nur dort noch zugelassen, wo sie aus Sicherheitsgründen unbedenklich sind und wo eine schienenfreie Anordnung den Bau der ganzen Bahn in Frage stellen könnte. Muß eine Schienenkreuzung gewählt werden, so wird man sie jedenfalls immer so anordnen, daß bei späterer Verkehrssteigerung ihr Ersatz durch eine schienenfreie Kreuzung

vor großen Bahnknotenpunkten ergeben, ist man bestrebt, die schienenfreien Kreuzungen mit recht kleinen Kreuzungswinkeln auszuführen, um an Grunderwerb möglichst zu sparen, wenn dadurch auch die Flügel der Widerlager verhältnismäßig lang werden. So bilden Ausführungen mit einem Kreuzungswinkel von nur 10° z. Z. keine Seltenheit mehr.

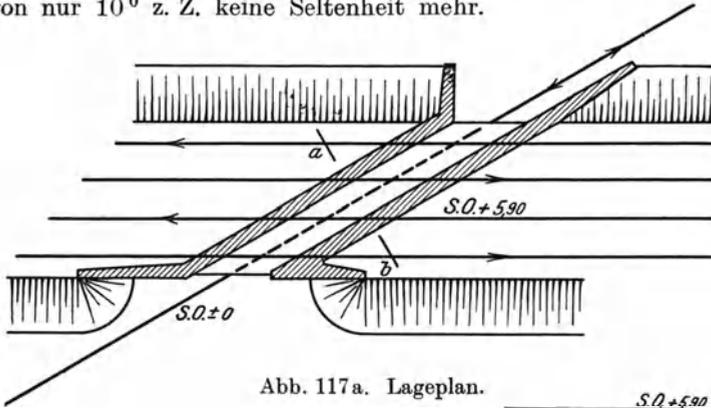


Abb. 117a. Lageplan.

Abb. 117a u. b. Tunnelartige Unterführung eines Gleises.

Bei diesen Über- und Unterführungen, die in dem neuzeitlichen Eisenbahnbau eine besondere Rolle spielen, kommen hauptsächlich folgende Ausführungsarten vor:

1. Wenn die oberen Gleise etwa in Geländehöhe, die unteren dagegen in einem Einschnitt gelegen sind, so ergibt sich als natürlichste Anordnung die Legung der unteren Gleise in ein tunnelartiges Bauwerk, was die Annehmlichkeit mit sich bringt, das obere Gleis in durchgehendem Schotterbett auch ohne Schwierigkeit im Bogen verlegen zu können. Allerdings werden derartige Bauwerke, die an den Stirnen stets rechtwinklig abgeschlossen werden, meist ziemlich lang.

Während in der Abb. 116a u. b. die Überführung des Hauptgleises nach Wetzlar über zwei Stadtbahngleise bei Berlin-Eichkamp darstellt, der große Höhenunterschied zwischen den beiden Bahnen von 9,28 m einen gewölbten Betonbau zuließ, wird es im allgemeinen bei diesen Bauwerken darauf an-

kommen, die Bauhöhe möglichst einzuschränken, so daß Ausführungen mit Betonwiderlagern und einer wagerechten Decke aus Trägern mit zwischen-gestampftem Beton — etwa wie in dem Querschnitt Abb. 117b — jetzt mehr und mehr die Regel bilden.

2. Liegen dagegen die unteren Gleise etwa in Geländehöhe und die oberen auf einem Damme, so können zwei verschiedene Anordnungen vorkommen. Sind ein oder zwei Gleise unter zahlreichen Gleisen mit durchgehender Bettung zu unterführen, so sieht man eine tunnelartige Unterführung etwa nach Abb. 117a u. b. vor. Liegen dagegen oben nur 1 bis 2, unten

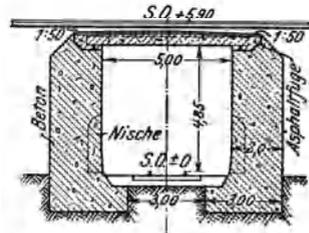


Abb. 117b. Querschnitt a-b.

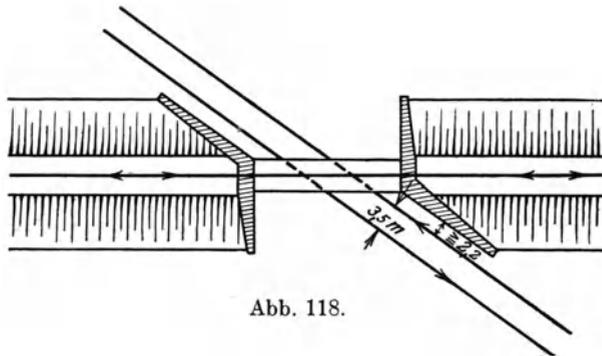


Abb. 118.

aber mehr Gleise, so ist ein eiserner Überbau mit offener Fahrbahn nach Abb. 118 bis 121 stets am wirtschaftlichsten. Diese Brücken führt man, weil jetzt das Bestreben dahin geht, schiefe Brücken möglichst zu vermeiden, vorzugsweise als rechtwinklige aus, wodurch allerdings die Stützweite nicht unwesentlich vergrößert wird. Daher ist es winkel noch möglich, den Überbau ohne Zwischenstütze auszuführen (vgl. Abb. 118), während man bei sehr spitzem Winkel zwischen oder neben den Gleisen ein Stützportal oder, wenn der Winkel be-

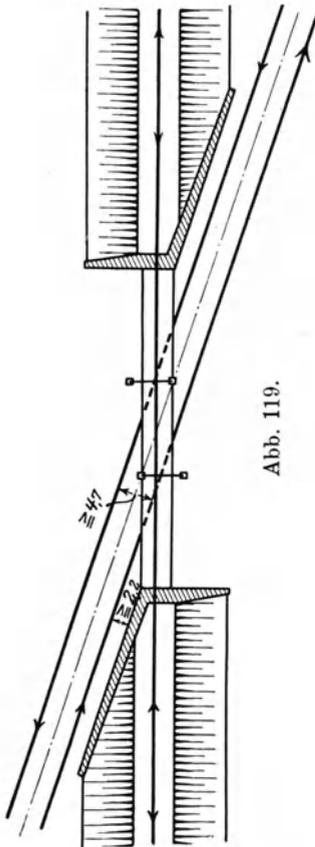


Abb. 119.

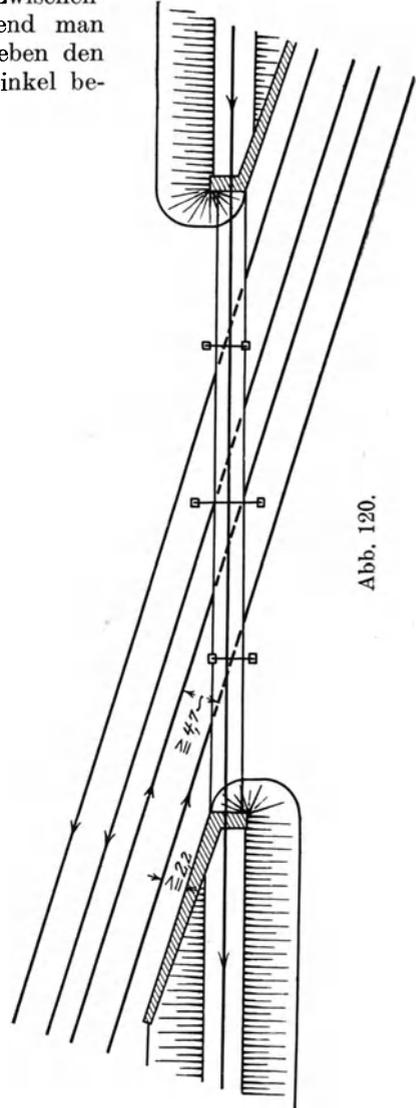


Abb. 120.

sonders spitz ist und unten mehr als zwei Gleise liegen, etwa nach Abb. 119 und 120 mehrere Stützportale aufstellen wird. Zur Errichtung der eisernen Stützen ist eine Auseinanderziehung der Gleise zwischen den Mitten auf mindestens 4,7 m erforderlich. Als Hauptträger werden bei diesen Brückenordnungen meist Blechbalken verwendet und die ganzen Überbauten als statisch bestimmte Gerberträger ausgebildet. Dabei werden entweder die Auflager auf dem einen Widerlager fest, auf dem andern beweglich angeordnet und die Träger in der Nähe der Portale mit Gelenken versehen, sowie die Rahmen als Pendelportale ausgebildet, oder es werden — bei sehr langen Brücken — auf beiden Widerlagern feste Auflager vorgesehen und die Träger ebenfalls in der Nähe der Pendelportale mit Gelenken ausgerüstet, wobei möglichst in der Mitte eine Längsbeweglichkeit geschaffen wird.

Hierbei wird das Eisenbahngleis in der Regel derartig angeordnet, daß der für den Verkehr des Landfuhrwerks verbleibende Wegeteil auf einer Seite der Eisenbahn liegt, und zwar wird von den am weitesten ausladenden Teilen der Lokomotive und Eisenbahnwagen eine Wegbreite von 4 m freigehalten. Nur bei Führung einer Bahn durch Ortschaften erscheint es zweckmäßig, das Gleis, wenn irgend möglich, in die Straßenmitte zu legen und dabei auf jeder Seite Platz für einen Wagen von größter vorkommender Ladebreite (4 m zwischen den am weitesten ausladenden Teilen der Lokomotive und Eisenbahnwagen und der Begrenzung des freien Raumes der Straße) vorzusehen. Bei regelspurigem Gleis errechnet sich dann eine Wegbreite von mindestens 11,2 m. Bei größerer Breite wird sich die Anlage des Gleises auf besonderem Bahnkörper in der Mitte der Straße mit beiderseitigen Fahrdämmen, von denen der eine für die eine Fahrriichtung, der andere für die andere Richtung benutzt wird, empfehlen. Ist die Mindestbreite nicht vorhanden, so ist das Gleis auch im Orte auf einer Seite der Straße anzuordnen; die dann erforderliche kleinste Straßenbreite von etwa 7,7 m wird meist nur für kurze Strecken als zulässig erachtet.

Der Vorteil der Mitbenutzung eines öffentlichen Weges zur Anlage einer Bahn besteht in der Ersparnis von Grunderwerbskosten und Erdarbeiten. Es werden keine besonderen Zufahrwege zur Bahnanlage erforderlich und ferner ist die Möglichkeit gegeben, die Bahn in bequemster Weise in die

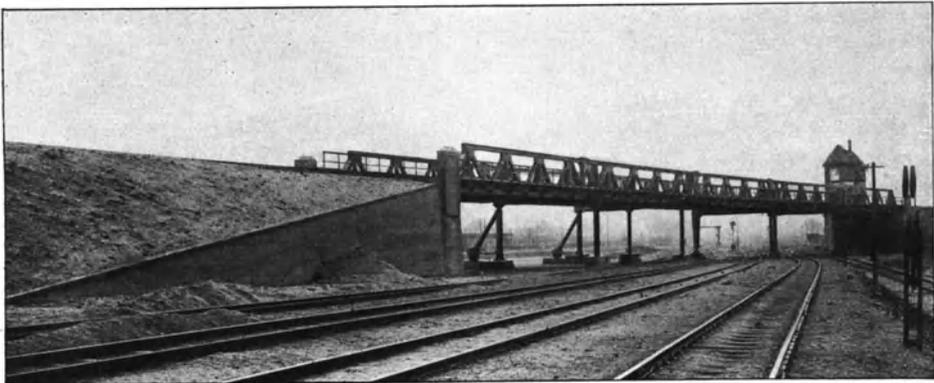


Abb. 121 c. Ansicht.

Ortschaften einzuführen. Der Nachteil liegt in der mit Rücksicht auf den Straßenverkehr notwendigen Beschränkung der Zuggeschwindigkeit, in der Gefahr der Zusammenstöße und in den durch die Straßenanlage häufig bedingten starken Neigungen und scharfen Krümmungen, die auch die Herstellung einer günstigen Trasse mit gleichmäßiger maßgebender Steigung ausschließen. Wegen dieser Nachteile werden Bahnen neuerdings nur noch sehr selten auf die Straße verlegt, vielmehr wird der wesentlichste Nachteil dieser Anordnung durch die Lage der Bahn auf besonderem Bahnkörper neben der Straße vermieden. Hierbei werden dann Straße und Bahn durch eine Baumreihe, eine Einfriedigung oder den Bahngraben getrennt. Bei einer solchen Anordnung, die eine größere Geschwindigkeit gestattet und die Gefahr der Zusammenstöße auf der Straße vermeidet, braucht auch die Bahn in den Steigungen und Krümmungen nicht vollständig der Straße angepaßt zu werden.

b) Kreuzung von Bahnen mit Wegen.

Beim Bau einer Eisenbahn ist die Kreuzung zahlreicher Wegeanlagen nicht zu vermeiden. Die Aufrechterhaltung des Verkehrs auf diesen ist Sache des Eisenbahnbauherrn.

Die Kreuzung einer Bahn mit einem Wege kann ausgeführt werden:

1. durch Führung des Weges in Schienenhöhe über die Bahn — wir haben dann einen Wegübergang in Schienenhöhe, auch Plan- oder Niveauübergang genannt —
2. durch Unterführung des Weges unter die Bahn oder
3. durch Überführung des Weges über die Bahn.

Auf den vollspurigen Eisenbahnen Deutschlands waren am 1. April 1916 vorhanden: 93780 Wegübergänge in Schienenhöhe, 17747 Wegunterführungen und 7067 Wegüberführungen.

Beim Bahnbau kann die Höhenlage des Weges unverändert bleiben oder sie wird, was meist der Fall ist, sich der Bahnanlage als bedeutenderem Verkehrsweg anpassend, gesenkt oder gehoben werden; ebenso kann die Richtung des Weges erhalten bleiben oder verändert werden.

Bei diesen Veränderungen an den Wegeanlagen ist folgendes zu beachten:

Die Neigungen und Krümmungen der Wege, ihre Breite und Befestigung hängen von der Bedeutung des Weges ab. Im allgemeinen kann man die in der betreffenden Gegend vorhandenen Neigungen und Krümmungen zugrunde legen. Die Neigung der Wegerampen kann je nach der Bedeutung des Weges und der Geländegestaltung zu 2—8 v. H. ($= 1:50$ — $1:12,5$) gewählt werden. Die Größtneigung für Chausseen im Flachlande beträgt häufig 3,33 v. H. ($= 1:30$). Innerhalb des bebauten Stadtgebietes soll man im Flachlande nicht stärkere Neigungen als 2 v. H. ($= 1:50$) verwenden. Die kleinsten Halbmesser betragen im allgemeinen für Feldwege 10—15 m, für Hauptwege 30—50 m, für Chausseen in der Regel 25 m, doch verlangen viele Provinzialverwaltungen wegen des Kraftwagenverkehrs heute Halbmesser von 50—75 m. Die Zwischengrade zwischen den Gegenkrümmungen ist meist 10—20 m lang.

Als Breite der Wege nimmt man etwa an: Für Fußwege 1—2 m, für Feldwege 2—5 m, für Chausseen 5—10 m, für städtische Straßen entsprechend mehr. Die Wegbreite kann man wohl, um an Baukosten zu sparen, an der Kreuzungsstelle mit der Bahn etwas einschränken, zumal wenn der Übergang nur kurz ist. Handelt es sich jedoch um Wege, die in absehbarer Zeit einen großen Verkehrszuwachs erfahren werden, wie z. B. in Vororten von Großstädten, in zunächst noch unbebauten Stadtteilen und ähnl., so wird man die Breite besonders bei Wegunterführungen, deren Verbreiterung später schwierig ist, eher größer nehmen, als zunächst erforderlich ist. Jedenfalls wird man eine Einschränkung der Straßenbreite bei Wegunterführungen nur ausnahmsweise zulassen. Die Stadtverwaltungen gehen neuerdings in weiser Vorsorge so weit, daß sie bei der Umgestaltung von Bahnanlagen, besonders wenn die Eisenbahnen auf Dämmen durch die Städte geführt werden, entsprechend dem Bebauungsplan in Verbindung mit dem Bahnbau Unterführungen zum Teil auch schon dort herstellen lassen, wo zur Zeit noch keine Straßen bestehen und erst später ein Straßenverkehr zu erwarten ist.

Bei der Entscheidung darüber, ob ein Planübergang oder eine Wegüber- oder eine Wegunterführung zu wählen ist, sind die Bedeutung der Bahn und des Weges, die notwendige Sicherheit, der Höhenunterschied zwischen Bahn und Weg und der Kostenaufwand sorgfältig in Betracht zu ziehen.

Bei Wegen von geringerer Bedeutung, die keine besondere Schrankenbedienung erfordern, ist ein Überweg in Schienenhöhe im allgemeinen die billigste Anlage, zumal wenn es sich auch um eine Bahn mit geringem Verkehr handelt. Ist die Bahn dagegen eine Hauptbahn, ist eine Schranke erforderlich und hat auch der Verkehr auf dem Weg einen Umfang, daß das

häufige Schließen der Schranke eine wesentliche Belästigung des Straßenverkehrs zur Folge hat, so ist eine schienenfreie Kreuzung zu wählen.

Da Wegübergänge in Schienenhöhe eine andauernde Quelle von Gefahren bilden, so ist, wenn es sich darum handelt, die Sicherheit möglichst zu heben und wenn die Übersichtlichkeit vom Weg aus schlecht ist, eine schienenfreie Anlage vorzusehen.

In bezug auf die Höhenlage des Weges zur Bahn sind folgende drei Grenzfälle möglich:

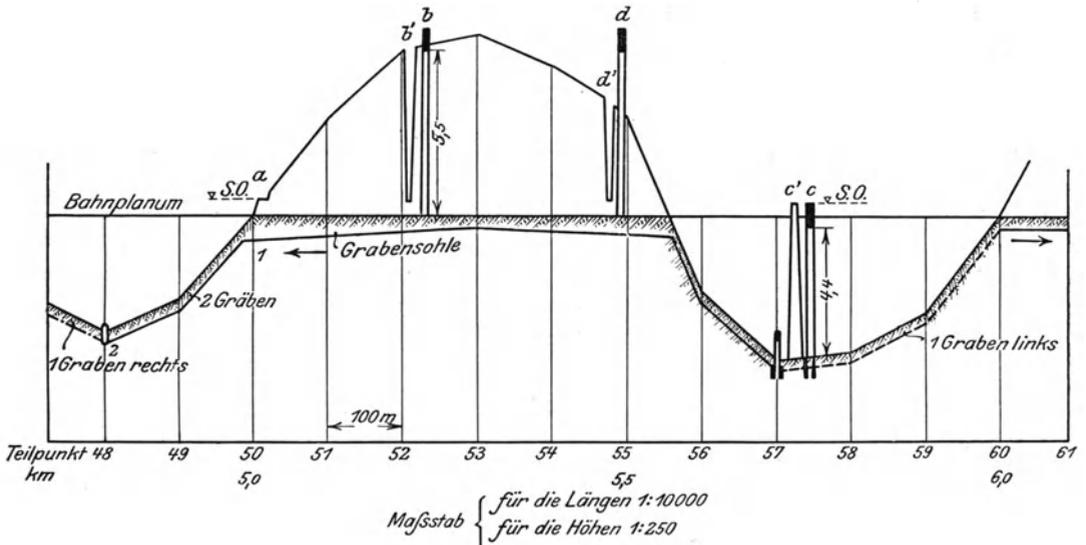


Abb. 122.

1. Liegt wie bei a der Abb. 122, die einen Längenschnitt durch eine Bahn mit Auf- und Abträgen darstellt, die Krone des Weges in Höhe der Schienenoberkante, d. h. 0,40—0,60 m über Bahnplanum, so ist in bezug auf die Baukosten ein Wegübergang in Schienenhöhe die billigste Anlage.
2. Befindet sich dagegen die Bahn an der Kreuzung mit dem in Geländehöhe liegenden Weg in so tiefem Einschnitt (vgl. Abb. 122 bei b), daß, ohne die Höhenlage des Weges zu verändern, der Weg durch ein Brückenbauwerk über die Bahn hinweggeführt werden kann, so ist eine Wegüberführung die billigste Anlage, weil — abgesehen von einer etwaigen Bedienung des Überwegs — bei einem Wegübergang in Schienenhöhe, wie er bei b' dargestellt ist, infolge der tiefen Wegerampen die Kosten im allgemeinen höher werden, als bei Anordnung einer Wegüberführung.
3. Kreuzt der Weg die Bahn etwa bei c (Abb. 122), wo sie in so hohem Auftrage gelegen ist, daß der in Geländehöhe befindliche Weg mit der erforderlichen lichten Höhe unter der Bahn hindurchgeführt werden kann, so wird eine Wegunterführung als die wirtschaftlichste Ausführung gewählt, weil hier ihre Kosten meist geringer sein werden, als bei der Ausführung eines Wegübergangs in Schienenhöhe nach c, der für die Wegerampen bedeutende Erdmassen bedingt.

Hat der Weg jedoch in seiner Lage zum Auf- und Abtrag der Bahn nicht eine von den unter 1—3 geschilderten Grenzlagen, sondern liegt er etwa

wie bei d (Abb. 122), so ist es meist nicht möglich, ohne weiteres die wirtschaftlich günstigste Anlage des Weges zu bestimmen. Es muß dann vielmehr erst auf Grund eines Kostenvergleiches Entscheidung getroffen werden, ob ein Wegübergang in Schienenhöhe, eine Wegüber- oder eine Wegunterführung zu wählen ist, die dann stets durch Senken oder Auftragen des Weges eine im Einschnitt oder Auftrag liegende Anrampung erhält. Dabei ist dann zu berücksichtigen, daß ein Wegübergang in Schienenhöhe außer den Anlagekosten (Erdarbeiten zur Rampe, Fahrbahnbefestigung, Durchlässen, Schranken und gegebenenfalls Wärterhaus) dauernde Kosten für Bedienung und Unterhaltung zur Folge hat, während ein schienenfreier Übergang nur ganz geringfügige Unterhaltungskosten verursacht. Wenn die Bedeutung des Weges und der Bahn einen besonderen Schrankenwärter bedingt, kann demnach die Anlage mittels Über- oder Unterführung schon um die in Stammvermögen umgerechneten jährlichen Wärterkosten, also je nachdem der Posten ein-, zwei- oder dreifach zu besetzen ist, rd. um etwa $1-3 \left(\text{Jahresgehalt} \times \frac{100}{5} \right)$

Mark teurer sein. Häufig wird man jedoch einen schienenfreien Weg auch dann wählen, wenn der Kostenvergleich zuungunsten des schienenfreien Weges ausfällt, weil mit der Beseitigung eines Schienenübergangs auch die Betriebssicherheit wächst und außergewöhnliche, durch etwaige Unfälle entstehende, allerdings schwer durch einen Geldwert auszudrückende Kosten erspart werden. Jedenfalls sind die jährlich von den Eisenbahnverwaltungen zu zahlenden Entschädigungen für Unfälle, zu denen die Wegübergänge in Schienenhöhe Veranlassung geben, recht beträchtlich.

Gestattet das Gelände sowohl die Anlegung einer Wegüber- als auch einer Wegunterführung, so sprechen für die Wegunterführung die für Wege im allgemeinen erforderliche geringere Durchfahrhöhe und die bessere Übersichtlichkeit der Strecke für den Bahnbetrieb, während die Wegüberführung wieder den Vorteil hat, daß sie infolge der geringeren Raddrucke (der Straßefuhrwerke gegenüber den Eisenbahnfahrzeugen) weniger widerstandsfähig zu sein braucht und daher billiger ist als eine Wegunterführung (= Bahnüberführung). Entscheidend für die Frage der Ausbildung der Wegkreuzung wird auch sein, daß die Gradienten der Bahn möglichst nicht verschlechtert wird. Wo im Bergbauggebiet unter der Bahnanlage Abbauten vorgenommen sind, tritt häufig ein so bedeutendes Setzen der Widerlager ein, daß man hier Wegüberführungen, durch die alsdann das lichte Durchfahrprofil für die Bahn eingeschränkt wird, gern ganz vermeidet.

Nach den TV. § 17 sollen die Wegübergänge in Schienenhöhe tunlichst vermieden werden. Manche neuere Eisenbahnstrecken in der Nähe von Berlin konnten ganz ohne Wegkreuzungen in Schienenhöhe ausgeführt werden.

Wird die Herstellung einer schienenfreien Wegeanlage infolge von ungünstigen Grundwasserverhältnissen oder Geländeschwierigkeiten besonders kostspielig, so ordnet man auch wohl nur für den Fußgängerverkehr — zumal, wenn diesem im Verhältnis zum sonstigen Straßenverkehr eine besondere Bedeutung zukommt — eine Über- oder Unterführung an und leitet den übrigen Straßenverkehr in Schienenhöhe über die Bahn. Dadurch wird erheblich an Kosten gespart, weil die Fußwegüber- oder -unterführung durch Verwendung von Treppenstufen oder starken Neigungen der Rampen auf eine kürzere Strecke beschränkt und auch die Durchgangshöhe gering bemessen werden kann.

Um beim Bahnbau die Herstellung zu zahlreicher Wegkreuzungen, sei es, daß sie als Planübergänge, Wegunter- oder Wegüberführungen hergestellt werden, zu vermeiden, bleiben in der Regel nicht alle vor dem Bahnbau vorhandenen Wege erhalten, sondern es werden nur die wichtigsten Wege un-

mittelbar weitergeführt; auch werden wohl zwei oder drei Wege vereinigt und gemeinschaftlich über die Bahn geleitet, was sich namentlich vom Standpunkte der Betriebssicherheit und der Wirtschaftlichkeit empfehlen wird. Die abgeschnittenen unbedeutenderen Wege werden dann (etwa nach Abb. 123) durch Seiten- oder Parallelwege an die zunächst gelegenen Übergänge angeschlossen; hierdurch können auch Ländereien, die sonst infolge Beseitigung von Wegteilen abgeschnitten worden wären, wieder zugänglich gemacht werden. Wenn nun dadurch eine Bestellung des Landes auch überall wieder möglich wird, so treten infolge der Umwege für die Bewirtschaftung doch häufig Erschwernisse ein, die durch einmalige Geldentschädigungen ausgeglichen werden müssen. Dabei wird dann besonders zu prüfen sein, ob diese Entschädigungen auch nicht so hoch werden, daß die Anlage eines Überganges über die Bahn vorzuziehen ist.

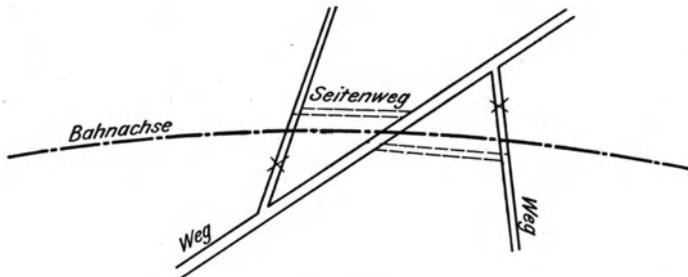


Abb. 123.

c) Wegübergänge in Schienenhöhe.

Bei Wegübergängen in Schienenhöhe hat zwar der Straßenverkehr durch dauerndes Offenhalten der Schranken meist ungestörte und freie Fahrt. Diese wird jedoch bei der Vorbeifahrt eines Zuges ohne Rücksicht auf den Straßenverkehr unterbrochen, was bei lebhaftem Bahn- und Straßenverkehr eine erhebliche Belästigung für den Straßenverkehr bedeutet. Weiter haben die Wegübergänge in Schienenhöhe den Nachteil, daß sie durch die bei wichtigeren Bahnen erforderliche dauernde Bedienung der Schranken eine teure Unterhaltung erfordern und dennoch nur eine geringe Sicherheit bieten, weil bei nicht rechtzeitigem Schrankenschluß stets die Gefahr des Überfahrens gegeben ist. Diese Gefahr liegt in erhöhtem Maße vor, wenn der Weg nach dem Übergang hin Gefälle hat. Da bei Neben- und Kleinbahnen mit geringem Verkehr die Bedienung der Schranken wegfällt, werden Wegübergänge in Schienenhöhe besonders bei Bahnen untergeordneter Bedeutung noch wirtschaftlich günstig sein. Zweckmäßig werden sie aber auch hier nicht in zu kleinen Entfernungen und möglichst nur an vollkommen übersichtlichen Wegen angeordnet¹⁾.

Im Gegensatz zu diesen Nachteilen haben die Wegübergänge in Schienenhöhe den Vorteil, daß die Baukosten niedrig sind; ferner gewähren sie, wenn in flachen Gegenden Bahn und Straße annähernd in gleicher Höhe liegen, den leichtesten und bequemsten Übergang über die Bahn, ohne daß große und steile Wegerampen befahren werden müssen, während schienenfreie Anlagen meist kostspielige Rampen erfordern, die den Straßenverkehr stark belästigen und verteuern.

¹⁾ vgl. auch die „Anweisung für die Herstellung der Übersichtlichkeit von Wegübergängen bei Nebenbahnen“. Erlaß des preuß. Ministers d. öffentl. Arb. v. 15. Mai 1915.

Bei Hauptbahnen sind nach den TV. § 19 die Wegübergänge in Schienenhöhe mit leicht sichtbaren Schranken zu versehen, die bei jeder Stellung mindestens 0,50 m von der Umgrenzung des lichten Raumes abstehen müssen, so daß auch bei Verbiegen derselben die Freihaltung der Umgrenzung des lichten Raumes gewahrt ist. Zuweilen rückt man die Schranke auch soweit vom Gleis ab, daß zwischen Schranke und Gleis noch Raum für ein Fuhrwerk vorhanden ist, was zwar den Vorteil hat, daß das Fuhrwerk durch die Schranken, wenn sie einmal hinter ihm niedergehen sollten, nicht auf den Gleisen eingeschlossen werden, jedoch besteht andererseits der Nachteil, daß die Schranken früher geschlossen werden müssen und ihre Bedienung und Übersicht erschwert wird; diese Anordnung wird daher im allgemeinen nicht mehr bevorzugt.

Für Nebenbahnen ist nach den TV. § 19 eine Absperrung von Wegübergängen im allgemeinen nur dort vorzusehen, wo die Fahrgeschwindigkeit 40 km/Std überschreitet, der Straßenverkehr besonders lebhaft ist und wo die Übersichtlichkeit der Bahn vom Wege aus mangelhaft ist. Nach BO. § 18 ist es der Aufsichtsbehörde überlassen zu bestimmen, wo Schranken bei Nebenbahnen anzuordnen sind.

Für Lokalbahnen sind nach den Grz. § 15 Absperrungen von Wegübergängen in Schienenhöhe nur ausnahmsweise bei Wegen mit besonders lebhaftem Verkehr erforderlich. Beiderseits der Bahnen sind jedoch vor unübersichtlichen Wegübergängen Kennzeichen aufzustellen, die dem Lokomotivführer die Nähe des Überweges anzeigen. Die Lokomotivführer sollen dadurch auf das erforderliche Läuten, Pfeifen oder eine Ermäßigung der Geschwindigkeit hingewiesen werden. Dasselbe gilt nach der BO. § 18 für Nebenbahnen vor allen Wegübergängen ohne Schranken.

Die Schranken werden entweder unmittelbar von einem daneben stehenden Wärter oder von einer entfernten Stelle aus — sie heißen dann Zugschranken — bedient. Während die Schranken bei öffentlichen Wegen beim Herannahen eines Zuges geschlossen zu werden pflegen, sind bei unbedienten Übergängen von Privatwegen auch Anlagen gebräuchlich, bei denen die Schranken gewöhnlich geschlossen gehalten und nur nach Bedarf geöffnet werden. Für Fußwege kann die Aufsichtsbehörde auch bei Hauptbahnen Drehkreuze oder ähnlich wirkende Abschlüsse zulassen. Der Verschluß öffentlicher Wege ist auch zulässig, wenn sie mit einem zum Wärterstandorte führenden Glockenzuge versehen sind (BO. § 18).

Zugschranken sollen nach den TV. § 20 möglichst nur an Wegübergängen angeordnet werden, die vom Wärter übersehen werden können, es sei denn, daß der Wegübergang nur wenig benutzt ist. Zugschranken, die vom Standpunkt des Wärters aus nicht übersehen werden können und davon mehr als 50 m entfernt sind, sollen mit einem Läutewerke versehen sein, das vor dem Schließen der Schranken selbsttätig vorläutet.

Nach TV. § 21 und BO. § 18 sind bei Hauptbahnen vor allen, bei Nebenbahnen an verkehrsreichen Wegübergängen Warnungstafeln dort aufzustellen, wo Fuhrwerke und Tiere angehalten werden müssen, wenn die Schranke geschlossen ist.

Die Breite der Wegerampen vor den Schranken soll mindestens 1 m größer als die Schrankenbreite sein. Die Übergänge der verkehrsreichen öffentlichen Straßen sind bei geschlossenen Schranken während der Dunkelheit zu beleuchten. Neuerdings wird namentlich mit Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr durch ein besonderes, bei Dunkelheit durchscheinendes Licht in Doppelkreuzform auf die Wegübergänge in Schienenhöhe hingewiesen, weil bei der Geschwindigkeit der Kraftwagen dem Wagenführer das

rechtzeitige Erkennen eines Schienenüberweges schwer möglich ist und daher mehrfach ein Fahren gegen die geschlossene Schranke vorgekommen ist.

Für die Wegkreuzung wird man, wenn möglich, die vorhandene Wegrichtung beibehalten, jedoch sollen Wege in Schienenhöhe die Bahn in der Regel nicht mit einem kleineren Winkel als 30° kreuzen (TV. § 17). Schneidet der Weg die Bahn unter einem spitzeren Winkel, so verlegt man den Weg etwa nach Abb. 124, indem man einen Kreuzungswinkel von möglichst 45° anstrebt. Wegverlegungen werden aber auch zuweilen vorgenommen, um an Wegerampen zu sparen, wenn man einen Weg an die Stelle legt, wo der Bahnauftrag in den Abtrag übergeht, oder wenn etwa durch die Verlegung Höhenverluste vermieden und die Neigungsverhältnisse des Weges und die Übersichtlichkeit verbessert werden können. Unübersichtlich liegen die Wegübergänge besonders in tiefen Einschnitten, starken Krümmungen, vor Tunneln und auch in Wäldern. Die Übersichtlichkeit kann auch verbessert werden in Wäldern durch teilweises Abholzen, bei Einschnitten durch Abgraben des Geländes, und zwar in einer Breite, daß sich ausreichende Sehlinien von dem Wege nach beiden Seiten der Bahn und von der Lokomotive aus nach beiden Seiten des Weges ergeben.

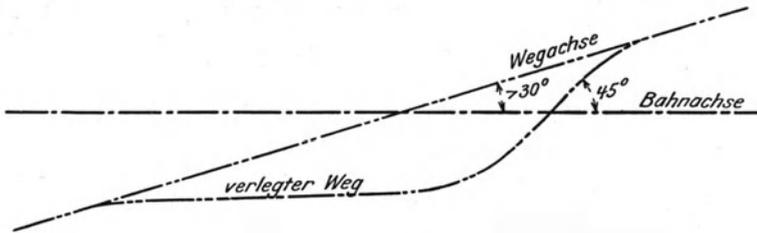


Abb. 124.

Die Wegübergänge sollen so hergestellt werden, daß außerhalb der Schranken noch kurze wagerechte oder nur wenig geneigte Wegestrecken vorhanden sind, damit die Fuhrwerke vor den geschlossenen Schranken bequem halten können. Die TV. bestimmen im § 17, daß Wegübergänge von Kunststraßen so anzulegen sind, daß die Fuhrwerke fast wagerecht stehen, bevor die Zugtiere die Schranken erreichen. Man ordnet daher den Längenschnitt des Weges derartig an, daß man der nach der Bahn zu fallenden Rampe eine schwache Neigung gibt, und daß bei Hauptbahnen von der Schranke, bei Nebenbahnen von der nächsten Schiene nach jeder Seite hin eine Wagerechte von 12 bis 15 m im Abtrage und 7 m im Auftrage vorhanden ist.

Das Gleis ist am Wegübergang recht gut und fest zu betten und daher auch wenn der Weg auf seiner sonstigen Länge eine minderwertige Befestigung aufweist, auf eine etwas größere Länge eine besonders gute Befestigung vorzusehen (am besten Beschotterung auf Packlage) und zwar der Länge der Straße nach bei eingleisiger Bahn etwa in einer Ausdehnung von 3,20 m mit beiderseits anschließenden Pflasterstreifen von 3 bis 6 m. Das hat den Vorteil, daß der Straßenverkehr auch durch Gleisarbeiten seltener belästigt wird. Man ordnet dann die Querschwellen so tief an, daß über ihnen die Straßenbefestigung (Pflaster- oder Steinschlag) durchgeführt werden kann. Auch verwendet man zur Beseitigung von Schienen stößen an den Überwegen längere (15 oder 18 m-) Schienen.

Um das Befahren des Überweges möglichst zu erleichtern, soll ferner bei Haupt- und Nebenbahnen die Ausfüllung zwischen den Schienen keine Wölbung erhalten (TV. § 17³), während bei Lokalbahnen in geraden Straßenstrecken die Sattelung der Straßenoberfläche insoweit belassen werden darf, als dies bei entsprechend verlangsamter Fahrt ohne Beeinträchtigung der Betriebssicherheit zulässig ist (Grz. § 6¹). Auf die Freihaltung des Raumes für den Spurkranz in mindestens 38 mm Tiefe und 67 mm Breite ist sorgfältig zu achten; unter besonderen Verhältnissen kann die Breite auf 45 mm eingeschränkt werden (vgl. Abb. 44, S. 222). In gekrümmten Gleisen ist die Spurerweiterung zu berücksichtigen, jedoch muß die Spurrinne so beschaffen sein, daß die Tiere sich mit den Hufen nicht festklemmen (TV. § 18). An Wegübergängen in Schienenhöhe zweigleisiger Bahnen, bei denen die Gleise in einer Krümmung gelegen sind, wird durch die an den Schienen anzuordnende Überhöhung der äußeren Gleise die Befahrbarkeit des Gleises sehr erschwert,

zumal wenn die innen liegenden Schienenköpfe der beiden Gleise in gleicher Höhe miteinander angeordnet werden, und dadurch die beiden Schienenoberkanten jedes Gleises in verschiedene, zueinander parallele Ebenen zu liegen kommen. Es ist daher in diesem Falle vorzuziehen, die Überhöhung so auszuführen, daß entweder sämtliche vier Gleise in einer Ebene oder wenigstens die benachbarten Schienen der beiden Gleise in gleicher Höhe liegen.

Liegt die Bahn im Einschnitt, so ist nicht nur die Bahn, sondern auch der Weg mit beiderseitigen Gräben zu versehen. Die Gräben des Weges sind dann in die Bahngräben einzuführen, deren Lauf nach Abb. 125 mittels kleiner Rohr- oder Plattendurchlässe durchgeführt wird. Für den Schrankenwärter wird an den Wegübergängen häufig ein kleines Wärterhaus errichtet (vgl. Abb. 138, S. 319).

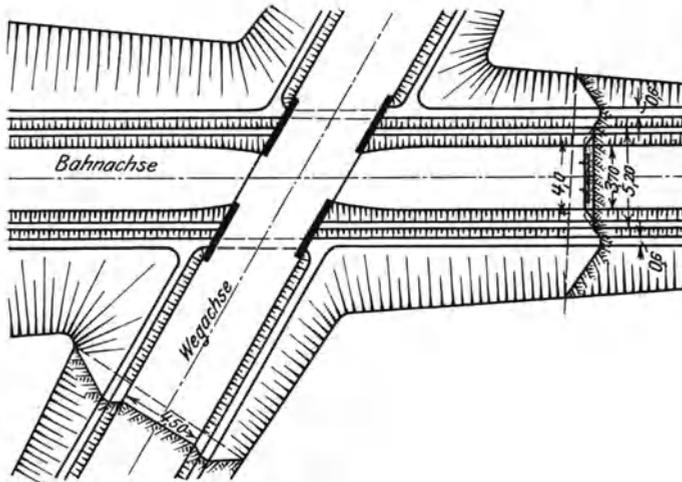


Abb. 125. Wegübergang in Schienenhöhe im Einschnitt mit Durchlässen.

d) Wegunterführungen.

Die lichte Durchfahrhöhe der Wegunterführungen hängt von der Höhe der verkehrenden Straßenfahrwerke ab. Sie wird durch Verhandlungen zwischen der Eisenbahnverwaltung und den sonstigen maßgebenden Behörden (Regierung, Kreisverwaltung und Gemeinden) festgelegt. Mit Rücksicht auf die Höhe der Heuwagen soll die Durchfahrhöhe möglichst 4,4 m (mindestens jedoch 4,2 m) betragen und auf eine Breite von 5 m (mindestens 3 m) vorhanden sein. Sie kann, wenn die Gewölbeform der Unterführung dies verlangt, seitlich über den Fußwegen bis auf 2 m heruntergehen. In Städten ist man auch wohl bis auf 4,0 m lichte Höhe in der Straßenmitte heruntergegangen, was aber schon Schwierigkeiten für die Durchführung der elektrischen Oberleitung der Straßenbahnen verursacht¹⁾. Jedenfalls soll man, wenn eine Bahn eine Stadt durchschneidet und zahlreiche Unterführungen angeordnet werden, wenigstens einigen eine lichte Durchfahrhöhe von mindestens 4,4 m geben, um die Möglichkeit zu haben, mit besonders hohen Wagen, wie Kessel- und Heuwagen —

¹⁾ Der Fahrdrabt der Straßenbahnen liegt im allgemeinen 5,20 bis 6 m über S. O. Er muß an den Straßenunterführungen erheblich gesenkt werden. Die geringste vorkommende Durchfahrhöhe für eine Straßenunterführung mit Straßenbahn beträgt z. B. in Groß-Berlin 3,97 m, was aber im allgemeinen zu gering ist. Straßenbahnwagen mit besetztem Verdeck benötigen eine Durchfahrhöhe von mindestens 4,30 m. Zur Sicherstellung der späteren Einführung zweistöckiger Straßenbahnwagen wird in Groß-Berlin bei neuen Anlagen vielfach eine lichte Höhe von 4,65 m angestrebt. Auch die Durchführung von Autoomnibussen mit Decksitzplätzen erfordert größere Durchfahrhöhen.

wenn auch zuweilen auf Umwegen —, von einem Stadtteil zum anderen zu gelangen. Bei Feldwegen untergeordneter Bedeutung, die nicht von Heuwagen befahren werden, kann man mit der lichten Durchfahrhöhe wohl bis auf 3 m, bei Fußwegen bis auf 2,5 m heruntergehen. Da bei Wegunterführungen die Fahrbahn zum Tragen des Gleises dient, sollen die für den Fall eines Feuers bedenklichen Holzbrücken bei Hauptbahnen nur ausnahmsweise ausgeführt werden (TV. § 14). Werden sie verwendet, so sind sie ebenso wie das Holzwerk der Fahrbahn eiserner Brücken gegen Feuergefahr zu sichern; auch wird empfohlen, das Holz mit Stoffen zu tränken, die es gegen Fäulnis schützen (TV. § 14 und Grz. § 12). In den Vereinigten Staaten von Amerika sind mit Rücksicht auf den Holzreichtum hölzerne Brücken als Gerüstbrücken in mehrfachen (bis 5) Stockwerken und in Höhen bis 30 m ausgeführt worden. In neuerer Zeit hat man auch dort begonnen, mehr und mehr feuersichere Brücken zu verwenden. In Deutschland kommen für endgültige Überbauten meist nur noch Ausführungen in Stein, Eisenbeton und Eisen in Betracht. Wenn irgend möglich, wird man Steinausführungen, und zwar am besten gewölbte Brücken, wählen, weil sie am haltbarsten sind und die geringsten Unterhaltungskosten verursachen, auch I-Träger mit dazwischengestampftem Beton werden in neuerer Zeit gern für die Fahrbahndecke verwendet. Eiserner Überbauten erfordern jährlich an Unterhaltung etwa 1 v. H. der Baukosten. Eisenbetonausführungen gegenüber verhält man sich mit Rücksicht auf die starken bei Eisenbahnbrücken auftretenden Stoßkräfte noch etwas abwartend, hat jetzt aber auch mit derartigen Ausführungen versuchsweise begonnen.

Bei Neben- und Kleinbahnen sind zwar hölzerne Gleisbrücken nach den Bestimmungen zulässig (TV. § 14 und Grz. § 12). Man wird aber auch hier unter Berücksichtigung der längeren Dauer, der Sicherheit und der geringeren Unterhaltungskosten der zwar im Bau teureren feuerfesten Brücken zu prüfen haben, ob nicht letztere den hölzernen vorzuziehen sind. In Deutschland werden Holzbrücken auch auf den Neben- und Kleinbahnen nur noch vereinzelt ausgeführt.

Für eine gewölbte steinerne Unterführung bis 12 m Spannweite ist bei 4,4 m lichter Durchfahrhöhe in der Mitte unter Berücksichtigung des Bogenpfeilers, der Gewölbstärke und der Abdeckung zwischen Wegkante und Planumshöhe ein Höhenunterschied von etwa 5,3 m, zwischen Wegoberkante und SO. ein Unterschied von 5,8 m erforderlich, was einer Bauhöhe von 1,40 m entspricht. Bei der jetzt vielfach üblichen Bauart der Fahrbahn mit I-Trägern, die in Stampfbeton gebettet werden, schwankt die Bauhöhe zwischen 0,7 und 1,40 m, und das Maß zwischen Wegoberkante und SO. für 2—12 m weite Brücken zwischen 5,1 und 5,8 m. Ist die Bauhöhe beschränkt, so kann man ein wenig gewinnen durch Verwendung von eisernen Schwellen an Stelle von hölzernen und Abdecken des Gewölbes oder der Fahrbahndecke mit Dachziegeln statt mit einer Ziegelflachsicht.

Reicht die zur Verfügung stehende Bauhöhe für Stein- oder Betonbauwerke nicht mehr aus, so kommen eiserner Überbauten in Betracht. Diese können entweder mit dichter Fahrbahn und durchgehender Bettung oder mit offener Fahrbahn, bei der die Schwellen unmittelbar auf den Längsträgern ruhen, ausgeführt werden. Die Durchführung der Bettung ist nicht allein wegen des ruhigeren Befahrens des Gleises zu empfehlen, sondern bei städtischen Straßenunterführungen namentlich deswegen anzuwenden, weil eine Beschmutzung der den Weg benutzenden Fußgänger durch abtropfendes unreinigtes Wasser vermieden und das Geräusch der darüberfahrenden Züge gemildert wird. Die Durchführung der Bettung erfordert allerdings eine größere Bauhöhe.

Die Bauhöhe ist ferner davon abhängig, ob die Hauptträger seitlich von den Gleisen (versenkte Fahrbahn, Abb. 126 bis 128) oder unter ihnen (Abb. 129) liegen, und davon, ob jedes Gleis auf besonderen Überbau mit zwei Hauptträgern nach Abb. 126 oder ob nach Abb. 127 zwei Gleise auf einen Überbau gelegt werden sollen. Die Anordnung nach Abb. 126 macht ein Auseinander-schwenken der Gleise auf mindestens 4,2 m notwendig, während eine Aus-führung nach Abb. 127 eine größere Querträgerhöhe bedingt. Zur Vermeidung des Auseinanderziehens der Gleise unter Beibehaltung einer geringeren Bau-höhe führt man auch zweigleisige Überbauten mit mittlerem Hauptträger nach Abb. 128 aus.

Für eingleisige Eisenbahnbrücken (Abb. 126) mit offener Fahrbahn und Stütz-weiten bis zu etwa 20 m kann bei Verwendung von hölzernen Querschwellen die geringste zulässige Bauhöhe zu 0,60 m angenommen werden. Eine Herab-

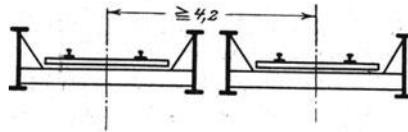


Abb. 126.

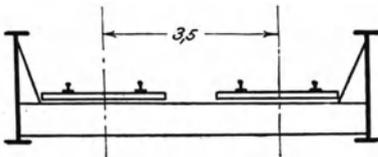


Abb. 127.

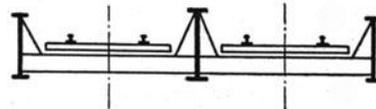


Abb. 128.

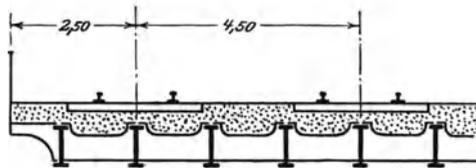


Abb. 129.

setzung dieser Höhe auf 0,40 m für Stützweiten bis zu 10 m und auf 0,50 m für Stützweiten bis zu etwa 15 m läßt sich nur dadurch erreichen, daß die Schienen unmittelbar auf die Querträger oder auf die Schienenträger gelegt werden. Diese Anordnung ist jedoch auch wegen der damit für den Betrieb und die Brückenunterhaltung verbundenen Nachteile möglichst zu vermeiden. Bei Anordnung einer durchgehenden Bettung beträgt für dieselben Stütz-weiten die geringste Bauhöhe für eingleisige Brücken 0,80 m.

Zweigleisige Brücken nach Abb. 127 erfordern bei Verwendung von höl-zerne Querschwellen für Stützweiten bis zu 20 m bei offener Fahrbahn eine Bauhöhe von mindestens 0,80 m und bei durchgeführter Bettung eine Bau-höhe von etwa 1,10 m. Im letzteren Falle ist die Bauhöhe bereits so groß wie bei steinernen Brücken, so daß, wenn die lichte Weite es zuläßt, diese vorzuziehen sind.

Die für die Bauhöhen angegebenen Zahlen sind runde Mindestmaße; es empfiehlt sich zugunsten einer besseren Ausbildung der Brücken, wo es möglich ist, etwas größere Höhen auszuführen.

Bei Brücken von größeren Stützweiten, bei denen Fachwerkhauptträger angeordnet werden müssen, wachsen auch die erforderlichen Bauhöhen.

Für größere eingleisige Brücken mit offener Fahrbahn kann man die nachstehenden Mindestmaße annehmen:

Stützweite	20 bis 30 m:	Bauhöhe	0,85 m
"	30 " 40 "	"	1,0 "
"	40 " 50 "	"	1,15 "
"	> 50 "	"	1,25 "

Für größere zweigleisige Brücken mit offener Fahrbahn rechnet man zweckmäßig mit folgenden geringsten Bauhöhen:

Stützweite	20 bis 30 m:	Bauhöhe	1,20 m
"	30 " 40 "	"	1,30 "
"	40 " 50 "	"	1,40 "
"	> 50 "	"	1,50 "

Besonders für Straßenunterführungen an Bahnhöfen empfiehlt es sich, wenn ein eiserner Überbau gewählt werden muß, die Anordnung mit unten liegenden Hauptträgern und durchgehender Bettung zu verwenden; denn da diese nicht über die Bettung herausragen, wird die Möglichkeit von Verände-

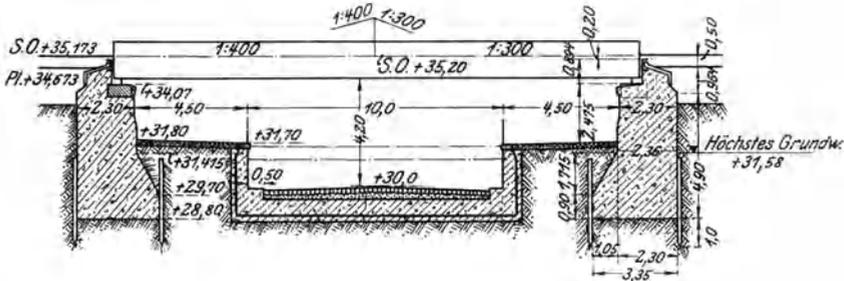


Abb. 130. Unterführung der Nauener Straße in Spandau unter den Gütergleisen.

rungen an den Gleisanlagen, wie sie auf Bahnhöfen durch Einbau von Weichen und ähnl. nicht selten vorkommen, offen gehalten.

Solange irgendetwas möglich, ist es zweckmäßig Zwischenstützen für die Wegunterführungen zu vermeiden, weil sie in den belebten Straßen den Querverkehr nicht unwesentlich behindern. Man hat daher schon Blechträger mit über 30 m Spannweite ausgeführt. Etwaige Säulen sind so weit von der Bordkante (Säulenmitte etwa 0,75 m) aufzustellen, daß eine Gefährdung der Säulen durch vorbeifahrende Lastfahrwerke nicht eintreten kann.

Eine überschlägige Veranschlagung der Kosten bei Wegunterführungen erfolgt am einfachsten durch Berechnung des Mauerwerks der Widerlager und der Größe der Fahrbahntafel. Hierbei kann man unter Annahme eines Vorkriegspreises von 350 M für die Tonne fertige Eisenkonstruktion einsetzen

für eine offene Fahrbahntafel nach Abb. 126 etwa für Stützweiten von 10 m: 120 M/qm, von 20 m: 170 M/qm,

für eine Fahrbahn mit durchgehender Bettung nach Abb. 126 für Stützweiten von 10 m: 160 M/qm, von 20 m: 210 M/qm; nach Abb. 129 für Stützweiten von 10 m: 140 M/qm, von 20 m: 225 M/qm,

während für eine Fahrbahn mit I-Trägern und zwischengestampftem Beton unter Annahme eines Preises der I-Träger von 250 M für die Tonne Eisen und von 25 M für 1 cbm Beton für Lichtweiten von 4 m: 60 M/qm, von 12 m: 180 M/qm gerechnet werden kann.

Allen vorstehend angegebenen Preisen und Bauhöhen ist der für Hauptbahnen vorgeschriebene, auf S. 229 angegebene Lastenzug zugrunde gelegt. Für die Überbauten, deren Berechnung der neue, besonders schwere Rechnungslastenzug zugrunde zu legen ist, ist ein Preiszuschlag von etwa 10 v. H. zu machen.

Ist die Höhe zwischen Gelände und SO. zur Durchführung der Straße nicht ausreichend und kann die Höhenlage der Bahn nicht verändert werden, so muß die Straße in einen Einschnitt gelegt werden. Dies macht zuweilen

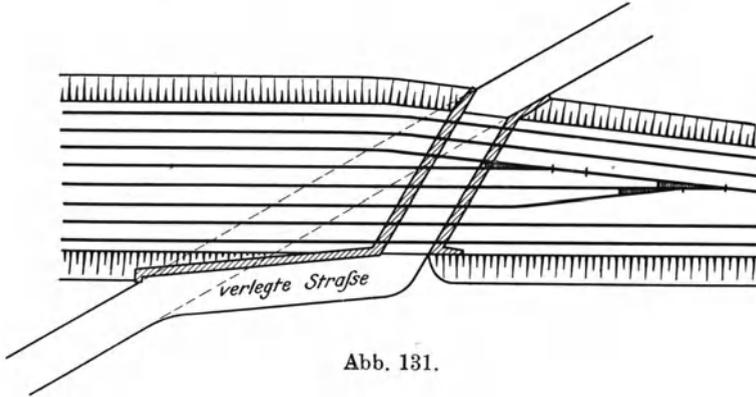


Abb. 131.

Bei hohem Grundwasserstand Schwierigkeiten. Alsdann kann man sich nach Abb. 130, die die Unterführung der Nauener Straße unter den Gütergleisen in Spandau darstellt, in der Weise helfen, daß man den Straßendamm, der eine größere Durchfahrhöhe erfordert, allmählich senkt und in einen wasserdichten Trog legt, dagegen die Fußgängersteige, für die eine geringere Höhe ausreicht, etwa in Geländehöhe durchführt — eine Anordnung, die allerdings, soweit möglich, zu vermeiden ist, weil der Querverkehr auf der Straße dadurch auf eine längere Strecke unterbunden wird.

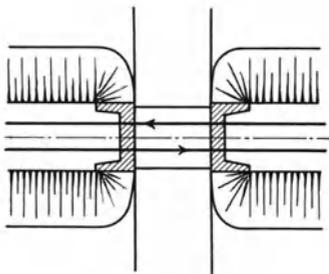


Abb. 132.

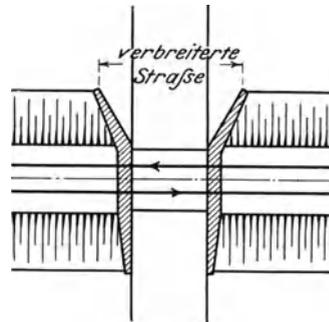


Abb. 133.

Die Wegunterführungen werden zweckmäßig nicht zu schräg zu der Bahnachse angeordnet, weil einerseits dadurch die Kosten der Unterführung wesentlich erhöht werden, und weil andererseits, besonders wenn die Straßenrichtung nach Abb. 131 gebrochen wird und die lichte Weite der Unterführung gering ist, die Übersicht sehr erschwert wird.

Für die Ausführung der Flügelmauern der Bauwerke werden am besten parallel zu den Gleisen liegende Flügel mit einem Böschungskegel nach Abb. 132 gewählt. Diese Art der Bauausführung gewährt das gefälligste Aussehen; sie ist allerdings in der Unterhaltung nicht immer billig. Zweck-

mäßig ist auch eine Bauweise mit schrägen Flügeln, wie sie die obere Hälfte der Abb. 133 zeigt, während eine Bauart mit geraden Flügeln, wie in dem unteren Teile der Abb. 133 dargestellt, weniger empfehlenswert ist, weil die schrägen Flügel eine bessere Übersicht gestatten und bei einer etwaigen späteren Verbreiterung der Straße eine günstigere Überleitung in die engere Straßenunterführung erreicht wird.

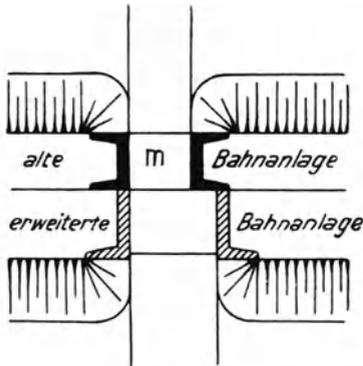


Abb. 134.

Besteht eine ältere Wegunterführung von geringer Lichtweite, etwa nach m in Abb. 134, die für den Verkehr nicht mehr voll ausreicht, so wird bei Erweiterung der Bahnanlagen der Wegeunterhaltungspflichtige eine Verbreiterung der Unterführung für den neuen Teil des Brückenbauwerks beanspruchen. Man setzt alsdann den neuen Teil vielfach zweckmäßig nach Abb. 134 so an den alten Teil an, daß das eine Widerlager (das linke in Abb. 134) in der Ver-

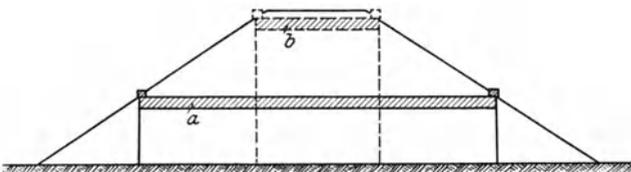


Abb. 135.

längerung des alten verläuft, während das neue (Abb. 134 rechts) der Verbreiterung entsprechend zurücktritt. Hierdurch wird es ermöglicht, daß bei späterer Verbreiterung des schmalen Unterführungsteiles m wenigstens das

eine Widerlager (das linke in Abb. 134) beibehalten werden kann.

Über die der Berechnung der Brückentafeln zugrunde zu legenden Verkehrslasten vgl. S. 229. Bei der Berechnung der Widerlager

der eisernen Brücken ist auch auf die Bremskraft der Züge Rücksicht zu nehmen. Die Brücken müssen vor ihrer ersten Benutzung und später in angemessenen Zeitabschnitten untersucht werden. Bei eisernen Brücken mit Stützweiten über 25 m müssen die bleibenden und die elastischen Durchbiegungen sowie die Seitenschwankungen des Tragwerks vor der Benutzung im öffentlichen Betriebe durch eine Probelastung festgestellt werden. Die unter den größten Belastungen auftretenden Spannungen der einzelnen Brückenteile sind durch genaue statische Berechnungen zu ermitteln. (TV. § 14 und Grz. § 12.)

Die Entwässerung des Weges erfolgt, wenn dieser genügend hoch liegt, um eine trockene Wegkrone zu gewährleisten, und keine Kanalisation vorhanden ist, durch einen offenen Graben, eine Rinne, ein Rohr oder am besten durch einen kleinen, meist an dem einen Widerlager entlanggeführten und abgedeckten Kanal. Ist eine natürliche Vorflut nicht vorhanden, so ist gegebenenfalls eine Sickerfläche (Pumpensumpf) anzuordnen. Zur Abführung des Wassers eines eisernen Überbaues mit durchgehender Bettung werden unter der Fahrbahntafel Rinnen angebracht, die weiter durch Abflußrohre in die Wegeentwässerung und in die etwa vorhandene Kanalisation eingeleitet werden.

Unterführungen unter vielen nebeneinander liegenden Gleisen und unter Bahnhöfen werden häufig recht dunkel. Da eine künstliche Beleuchtung durch Lampen kostspielig ist, so ist es empfehlenswert, zwischen den einzelnen Überbauten Zwischenräume freizulassen und diese gegebenenfalls mit Glas

abzudecken. In sehr hohen Dämmen wird man an Stelle einer langen und niedrigen Unterführung, wie sie die Anordnung a in Abb. 135 zeigt, eine kurze und hohe Unterführung nach Anordnung b dieser Abbildung wählen, auch wenn diese Anlage durch die hohen Flügelmauern teurer werden sollte.

Zuweilen ist neben der Straße gleichzeitig ein Bach zu unterführen. Man kann dann an Kosten sparen, wenn man Weg und Bach in einem Unterführungsbauwerk vereinigt. Dies kann in der Weise geschehen, daß man den Bach an dem einen, die Straße an dem anderen Widerlager entlang führt und zwischen Bach und Straße eine Stützmauer errichtet; ferner kann man das eine Widerlager durchlaßartig ausbilden und den Bach durch dieses hindurchführen oder endlich auch nach Abb. 136 den Bach unter der Straße anordnen.

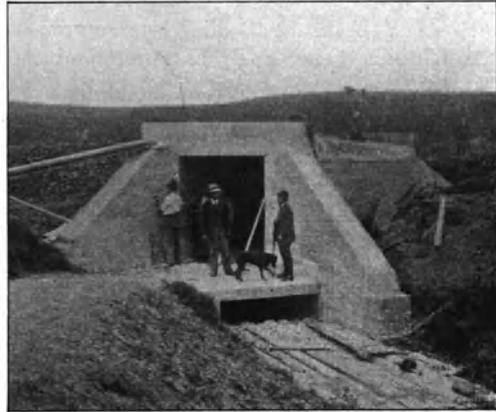


Abb. 136. Gemeinsame Unterführung von Weg und Bach unter einem Eisenbahndamm (im Bau).

e) Wegüberführungen.

Überführungen, bei denen der Weg über die Bahn hinweg geführt wird müssen in erster Linie die Umgrenzung des lichten Raumes freihalten. Die erforderliche Durchfahrhöhe beträgt bei Vollspur 4,80 m, bei 1 m-Spur 3,75 m und bei 0,75 und 0,60 m-Spur 3,10 m über SO. Bei Bahnen jedoch, die elektrisch zu betreiben sind oder für die ein elektrischer Betrieb in absehbarer Zeit in Frage kommt, wird man, wenn es sich ohne große Kosten ermöglichen läßt, diese Höhen zweckmäßig vergrößern. Zu der durch das Lichtraumprofil bedingten Höhe kommt, wenn das Gleis in der Krümmung liegt, noch eine Vergrößerung hinzu, die sich infolge der Überhöhung durch Schrägstellung des Lichtraumprofils ergibt. Darüber hinaus ist ferner ein Sicherheitsmaß von mindestens 5, besser 10 bis 20 cm mit Rücksicht auf die Durchbiegung der Brücke, Setzen der Widerlager, etwaige Ungenauigkeiten bei den Messungen sowie in der Lage des Oberbaues und ähnl. vorzusehen, so daß in der Regel eine Lichthöhe von 4,9 bis 5,0 m freizuhalten ist. Rechnet man die Bauhöhe der Brücke einschließlich Fahrdammbefestigung zu 0,60 bis 1,10 m und die Höhe zwischen Schienenoberkante und Planum zu 0,50 bis 0,60 m, so ergibt sich als erforderliche Höhe zwischen Planum und Wegoberkante 6,0 bis 6,7 m (i. M. 6,3 m) und eine lichte Höhe über Planum von 5,4 bis 5,6 m (i. M. 5,5 m). Diese Maße vergrößern sich bei Gewölben infolge des Stiches ein wenig, und zwar ist hier alsdann zwischen Planum und Wegoberkante eine Höhe von etwa 7,0 m erforderlich.

Ist der Bahneinschnitt nicht ausreichend für diese Höhe, so ist der Weg durch eine Rampe hochzuführen (Abb. 122 bei d).

In der Breite beschränkt man sich nicht auf die Einhaltung der für die Regelspur 4 m breiten Umgrenzung des lichten Raumes, vielmehr sind bei Neubauten noch in gewissen Höhen seitliche Spielräume freizuhalten, die bei Kunstbauten, zu denen auch die Wegüberführungen rechnen, mindestens 0,20 m auf jeder Seite betragen. Häufig sieht man jedoch in den Entwürfen für Wegüberführungen schon mit Rücksicht auf etwaige Absteckfehler, vor-

springende Gesimse und ähnl. einen lichten Abstand von 2,5 m von der Gleisachse vor. Danach ergibt sich bei Wegüberführungen die Lichtweite
 für eine eingleisige Bahn zu 4,4 (besser 5,0) m,
 für eine zweigleisige Bahn zu 7,9 (besser 8,5) m.

In Krümmungen sind wegen der eintretenden Schrägstellung der Fahrzeuge auch diese Maße entsprechend zu vergrößern.

Als Formen der Wegüberführungen, die möglichst senkrecht zur Bahn anzuordnen sind, kommen, wenn die Bahn im Einschnitt liegt, hauptsächlich vor: Träger mit und ohne Zwischenstützen in Holz und Eisen, Brücken mit senkrechten Widerlagern und ebener Fahrbahntafel und am besten gewölbte Brücken mit verlorenen Endwiderlagern. Bei beschränkter Bauhöhe empfehlen sich Eisenbeton-, Betoneisen- und eiserne Überbauten. Die Flügel können bei Brücken mit senkrechten Widerlagern entweder, wie in dem oberen Teile der Abb. 137 angegeben, parallel zur Wegachse oder, wie in dem unteren Teile dieser Abbildung dargestellt, schräg ausgebildet werden. Letztere Anordnung erfordert die geringsten Baukosten.

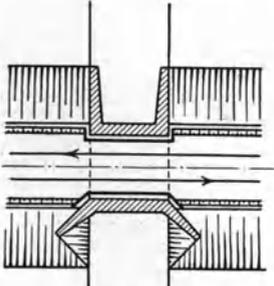


Abb. 137.

Befinden sich Weg und Bahn annähernd in gleicher Höhe, so wird der schienenfreie Überweg meist durch Anordnung von langen steilen Wegerampen für die Wegüberführung hergestellt. Solche Anlage verursacht dann nicht nur im Bau hohe Kosten durch die langen Rampen, sondern ist auch für den Straßenverkehr recht ungünstig. Sie läßt sich aber, wenn eine nachträgliche Beseitigung der Schienenübergänge bei einer Flachlandbahn in Betracht kommt, nur durch Unterführung des Weges in Verbindung mit einer Hochlegung der Bahn, die in der Regel wesentlich kostspieliger sein wird, vermeiden. Bei hohen Wegerampen ist für eine ausreichende Sicherung der Fuhrwerke durch Anordnung von Prellsteinen und Geländern an den Auftragsböschungen Sorge zu tragen.

Führt ein Weg über eine Reihe von Bahnhofsgleisen und lassen sich Zwischenstützen für das Bauwerk nicht vermeiden, so sind sie so anzuordnen, daß die Übersicht über den Bahnhof nicht gestört wird. Der lichte Abstand zwischen Pfeiler und Gleismitte muß mindestens 2,20 m betragen, doch sind auch hier wegen der besseren Übersicht, mit Rücksicht auf Gleisverbindungen und etwaige Ausführungsfehler im Entwurf 2,50 m zu empfehlen. Sind die Säulen aus Eisen, so werden sie zweckmäßig durch besondere Schutzvorrichtungen so gesichert, daß auch bei Entgleisung eines Fahrzeuges die Säulen und damit die darauf ruhende Fahrbahntafel nicht gefährdet wird¹⁾.

Da auf der Überführung eines Weges über eine Eisenbahn infolge des hochsteigenden Lokomotivdampfes die Pferde leicht scheuen und auch von der Überführung aus auf das Gleis den Betrieb gefährdende Gegenstände geworfen werden können, so werden an den Wegüberführungen statt der Brückengeländer häufig etwa 2 m hohe Wände errichtet. Auch empfiehlt es sich, zur Abwehr des Lokomotivdampfes und des Rauches an der Stirn des Bauwerkes wagerechte Schirmflächen anzubringen.

Während die Verwendung von Bogenbrücken mit verlorenen Widerlagern im Bahneinschnitt eine unveränderte Durchführung des Bahngrabens unter dem Bauwerk ermöglicht, kann bei Brücken mit dicht an die Bahnachse herantretenden Widerlagern die Vorflut in den Bahngräben nur durch Ver-

¹⁾ vgl. Erlaß des preuß. Ministers der öffentl. Arb. v. 28. Febr. 1910, I. D. 2671.

legen von Tonrohren oder besser durch an den Widerlagern liegende gemauerte offene Kanäle gesichert werden. Die Durchführung der Bahngräben in Kanälen hinter den Widerlagern empfiehlt sich nicht.

f) Eigentumsverhältnisse und Unterhaltung der Wege.

Neuerdings ist das Bestreben darauf gerichtet, an den Schienenübergängen, Wegüber- und Wegunterführungen die Grundeigentumsverhältnisse sowie die Frage der Unterhaltung der Wegeanlagen und Brückenbauwerke von vornherein klarzustellen und möglichst einheitlich zu regeln. Während bei einem Wegübergang in Schienenhöhe für die Eisenbahnverwaltung nach Abb. 138 das für den Überweg erforderliche Gelände miterworben wird, um freie Verfügung zu erhalten und einen Einfluß auf die für die sichere Betriebsführung erforderliche sachgemäße Unterhaltung des Überweges zu ge-

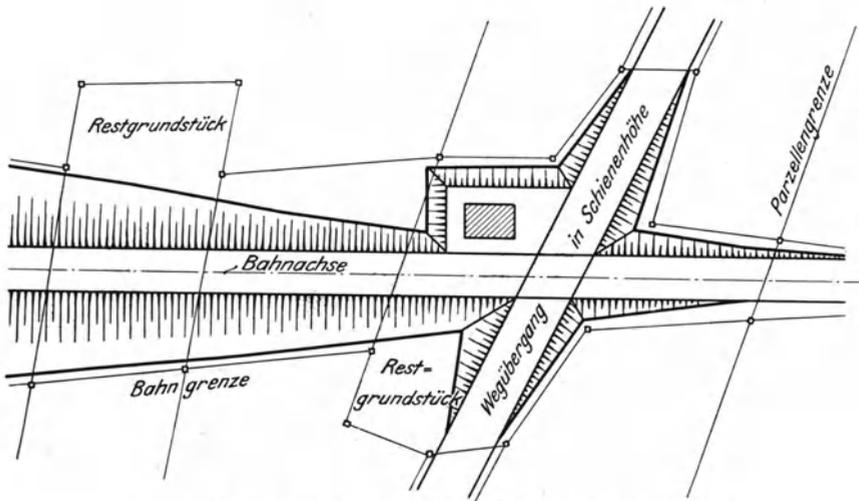


Abb. 138. Wegübergang in Schienenhöhe.

winnen, können bei den Wegunter- und Wegüberführungen Zweifel entstehen; denn hier wird das Gelände, sei es, daß der Weg unterhalb oder oberhalb der Bahn gelegen ist, stets in zwei verschiedenen Höhen von zwei verschiedenen Besitzern — der Bahnverwaltung und dem Wegebaupflichtigen — in Anspruch genommen. Da die Bahnanlage gegenüber dem Wege fast immer den wichtigeren Verkehrsweg darstellt, wird es auch hier häufig erwünscht sein, daß die Bahnverwaltung das ganze an der Unter- oder Überführung und den Böschungen gelegene Gelände miterwirbt und nur die Unterhaltung des Weges durch den Wegebaupflichtigen mittels Vertrags regelt. Ist dies nicht zugänglich, so wird die Bahnverwaltung wenigstens bei den Wegüberführungen (vgl. Abb. 139 rechts) das Gelände an dem Überführungsbauwerk miterwerben, weil hier die Bahn die tiefere Lage aufweist und der Weg nur auf dem Überbau ruht; es muß aber auch dann durch Vertrag festgelegt werden, daß die Unterhaltung der Brückenfahrbahn Sache des Wegebaupflichtigen ist. Bei den Wegunterführungen (vgl. Abb. 139 links) könnte dagegen das Gelände der tief gelegenen Straße dem Wegebaupflichtigen überlassen werden und nur die Berechtigung zum Überbauen der Straße durch eine die Bahn tragende Brücke erwirkt werden. Auch in dem letzteren Falle wird man jedoch, besonders wenn die Straße noch durch Säulen in Anspruch genommen ist, zur Vermeidung der Gefährdung des Bahnbetriebes vertrag-

für die weitere Zukunft zu erwartende Verkehrssteigerung und in Aussicht genommene Verbreiterung des Weges sogleich eine Erweiterung der Anlage, etwa eine Unterführung von größerer Lichtweite als zurzeit notwendig ist, so werden die Kosten der das Bedürfnis der nächsten Zukunft übersteigenden Anordnung dem Wegebaupflichtigen zur Last gelegt. Werden neue Wege angelegt, die eine bestehende Bahnanlage als Über- oder Unterführung kreuzen sollen, so übernimmt die Eisenbahnverwaltung überhaupt keine Kosten; sie sind vielmehr ganz von dem Wegebaupflichtigen aufzubringen. Beabsichtigt also z. B. eine Gemeinde, die von einer Bahn durchquert wird, eine neue Straße durch den Bahndamm hindurchzuführen, so hat sie die gesamten Kosten für die Anlage zu tragen. Führt eine Bahn in Schienenhöhe durch eine Gemeinde und werden die Gleise, teils um im Interesse des Wegebaupflichtigen die Wegübergänge in Schienenhöhe zu beseitigen, teils aus Betriebsrücksichten, hochgelegt und die vorhandenen Straßen unterführt, so werden die Kosten für die Anlage auf Grund von Verhandlungen von beiden Teilen getragen, weil für die Gemeinde durch die Beseitigung der Schranken an den Wegübergängen eine wesentliche Verbesserung in dem Straßenverkehr erreicht wird, während für die Bahnverwaltung der Betrieb gesichert, auch an Schrankenwärttern gespart wird. In welcher Weise die Kosten alsdann auf die Eisenbahnverwaltung und die Gemeinde zu verteilen sind, hängt von den besonderen Verhältnissen des Einzelfalles ab.

Handelt es sich um den Neubau einer Bahn und wird ein vorhandener öffentlicher Weg gekreuzt, so wird, da die Eisenbahn ebenso wie der Weg eine dem öffentlichen Wohle dienende Verkehrsanlage darstellt, der Wegebaupflichtige im allgemeinen zu bewegen sein, das ehemals nur als Weg benutzte Gelände der Eisenbahnverwaltung ohne besondere Gebühr zu überlassen; auch Wegeland, das später nicht mehr für Wegezwecke erforderlich ist, wird die Bahn meist ohne Schadenersatz in Anspruch nehmen können.

Damit bei dem Bau neuer Bahnanlagen die rechtliche Natur eines, infolge eines Bahnbaues herzustellenden oder zu verändernden Weges und die Behörde, dem die Verpflichtung zu seiner Unterhaltung obliegt, von vornherein einwandfrei klargestellt wird, sollen in den bei der landespolizeilichen Prüfung vorzulegenden Plänen und Erläuterungen diejenigen Wegestrecken, die nicht als Teile des Bahngebietes zu behandeln sind, ausdrücklich als von dem betreffenden wegebaupflichtigen Gemeinde- oder Kreisverbände herzustellende und zu unterhaltende öffentliche Wege bezeichnet werden. Hierdurch soll die für die rechtliche Natur der Wegestrecke maßgebende Anordnung der Landespolizeibehörde herbeigeführt werden. Dabei wird jetzt im Gegensatz zu den ersten Zeiten des Bahnverkehrs nach dem Grundsatz verfahren, daß die Pflicht der Herstellung und Unterhaltung der erforderlichen Zufuhrwege¹⁾ zu den Personen- und Güterbahnhöfen, auch wenn der Weg lediglich zur Vermittlung des Verkehrs von und zum Bahnhofe dient, ein Teil der allgemeinen Wegebaupflicht ist und daher demjenigen obliegt, dem diese Verpflichtung in dem betreffenden Bezirke nach allgemeinem Rechte zukommt. Nur wenn es für die Bahnverwaltung selbst von Wert ist, eine Wegestrecke als Teil der Bahnhofsanlage zu behandeln — was im allgemeinen nur für innerhalb des eingefriedigten Bahnhofsgebietes gelegene Wegeteile erforderlich ist —, soll es gerechtfertigt sein, eisenbahnseitig die Herstellung und Unterhaltung des betreffenden Wegeteiles zu übernehmen. Gegen diese Handhabung, die den Gemeinde- und Kreisverbänden große Lasten auferlegt, machen sich seit einer Reihe von Jahren erhebliche Strömungen geltend.

¹⁾ vgl. Erlasse des preuß. Ministers d. öffentl. Arb. v. 7. Dez. 1887, IIb (a) 18025, sowie v. 5. Nov. 1880.

Die Unterhaltungspflicht der durch die Bahnanlage veränderten Wege soll im allgemeinen bei der Prüfung der Eisenbahnbaupläne durch die Landespolizeibehörde geregelt werden. Hierbei pflegt der Eisenbahnverwaltung entweder die Unterhaltung eines bestimmten Teiles der verlegten oder veränderten Wegestrecke aufgegeben zu werden, oder sie wird zur Zahlung einer bestimmten jährlichen Geldsumme als Unterhaltungsbeitrag verpflichtet, oder der Eisenbahnverwaltung wird endlich die Unterhaltung einzelner Bauwerke wie z. B. Rampen, Brücken, Unter- und Überführungen auferlegt. Die Verteilung der Kosten wird hierbei meist nach dem Grundsatz geregelt, daß für die Unterhaltung der durch die Bahnanlage veränderten Wege auch weiterhin derjenige aufzukommen hat, der den alten Weg unterhalten hat. Nur soweit durch die Neuanlage etwa infolge schwierigerer und teurerer Unterhaltung — wenn z. B. ein Weg wesentlich verlängert worden ist oder ein früher in Geländehöhe gelegener Weg durch einen auf einem hohen und noch nicht gesackten Damm liegenden ersetzt worden ist — eine Vergrößerung dieser Last gegenüber der früheren herbeigeführt wird, hat die Eisenbahnverwaltung für die eingetretene Vermehrung der Wegeunterhaltungslast aufzukommen.

Ist bei Gelegenheit der landespolizeilichen Prüfung und Abnahme die Unterhaltungspflicht nicht geregelt, so ist die Frage der Kostenverteilung im Verwaltungswege (Klage beim Oberverwaltungsgericht) zu entscheiden. Hierbei sind im allgemeinen folgende Grundsätze maßgebend¹⁾: Die vermehrte Unterhaltungspflicht, die sich als Folge einer durch die Bahnanlage veranlaßten Veränderung oder Verlegung eines öffentlichen Weges ergibt, fällt der Eisenbahnverwaltung zur Last, die für den ganzen Weg in den Kreis der nach öffentlichem Rechte Wegeunterhaltungspflichtigen eintritt, sie hat sich hiernach an der Unterhaltung selbst zu beteiligen und kann auch nicht verlangen, daß ihr die Mehrlast in Geld in Rechnung gestellt wird.

Zu vielen Erörterungen hat in Ermangelung von besonderen Bestimmungen endlich die Frage Veranlassung gegeben, wer die Kosten zu tragen hat, wenn eine durch die Eisenbahnverwaltung veränderte Weganlage durch spätere Steigerung des Straßenverkehrs eine abermalige Veränderung erfahren muß, wenn also z. B. eine von der Eisenbahnverwaltung hergestellte Über- oder Unterführung verbreitert werden muß. Im allgemeinen gilt auch hier der Grundsatz, daß sich die Eisenbahnverwaltung an der Unterhaltung des Weges neben dem Wegebaupflichtigen in dem Verhältnis zu beteiligen hat, in welchem die Unterhaltung des ursprünglichen Weges durch seine Veränderung oder Verlegung vermehrt worden ist. Dem Wegebaupflichtigen können daher nicht mehr Kosten auferlegt werden, als er zu tragen hätte, wenn die Verkehrssteigerung auf dem Wege in seinem ursprünglichen Zustand stattgefunden hätte. Bei Verbreiterung von Über- oder Unterführungen hat der Wegebaupflichtige demnach höchstens die Kosten der Pflasterung für die erweiterten Teile der Straße zu tragen, während die Kosten für das eigentliche Brückenbauwerk die Eisenbahnverwaltung zu übernehmen hat. Allerdings kann die Bahnverwaltung zu den Kosten für die Verbreiterung der Über- oder Unterführungen nur insoweit herangezogen werden, als der Verkehr (stärkerer Fußgänger- und Wagenverkehr, Durchführung von Straßenbahnlinien) nach der wegebaupolizeilichen Feststellung die Verbreiterung der Brücke erfordert. Verbreiterungen aus schönheitlichen Gründen fallen nicht der Eisenbahnverwaltung zur Last. Zur Geltendmachung seiner Rechte wird der Wegebaupflichtige, wenn nicht die Feststellungsklage gewählt wird, die Genehmigung für die Verbreiterung beim Reichsverkehrsminister einzuholen suchen und alsdann eine Verfügung der Wegebaupolizeibehörde erwirken, die der Eisenbahnverwaltung

¹⁾ vgl. Oberverwaltungsgerichtsentscheidung vom 1. Febr. 1909.

aufgibt, die Brücke bis auf eine bestimmte Breite zu erweitern. Gegen die Anordnung der Wegepolizei hat die Eisenbahnverwaltung das Recht des Einspruches, über den die Wegepolizei beschließt. Gegen diesen Beschluß findet Klage im Verwaltungsstreitverfahren statt.

g) Ablösung von Wegebauverpflichtungen.

Aus den ersten Jahren des Eisenbahnbaues obliegen den Bahnverwaltungen vielfach noch Verpflichtungen zur Unterhaltung öffentlicher Wege, die infolge einer Eisenbahnanlage früher hergestellt worden sind, wie z. B. Zufahrwege zum Bahnhof, Seitenwege, auch Wegüberführungen über die Bahn einschließlich der Straßendecke. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus empfiehlt es sich im allgemeinen solche Verpflichtungen der Bahnverwaltung, die außerhalb ihres Interesses liegen, — am besten bei Gelegenheit des Neubaus eines Weges — auf die Wegebaupflichtigen (insbesondere die Kommunalverbände) gegen ein dem Werte dieser Verpflichtung entsprechendes Ablösungskapital zu übertragen; und zwar ist im allgemeinen anzustreben, daß alle Wegebefestigungen, sei es von Seitenwegen oder die Bahn an den Wegüber- oder Unterführungen kreuzenden Wegen, sowie die Unterhaltung der Wegüberführungen selbst auf die Wegebaupflichtigen übergehen, während die Unterhaltung der die Eisenbahngleise tragenden Bauwerke (Unterführungen) sowie die Wegunterhaltung an den Schienenüberhängen der Betriebssicherheit wegen der Eisenbahn verbleiben muß.

Das bei der Ablösung in Betracht kommende Ablösungskapital setzt sich zusammen:

1. aus dem Betrage, den die Bahnverwaltung nach Maßgabe ihrer Verpflichtung zur etwa notwendigen Instandsetzung des Weges oder Bauwerkes erstmalig aufzuwenden haben würde — vorausgesetzt, daß der gegenwärtige Zustand des Weges oder der Wegüberführung eine Erneuerung der Anlage erfordert — einschließlich des Betrages, der erforderlich ist, um daraus auch die Kosten der wiederkehrenden Erneuerungen (wenn das Bauwerk später baufällig geworden ist) zu bestreiten und

2. dem Betrage, der notwendig ist, die Kosten für die laufende Unterhaltung zu decken.

Handelt es sich um künstlich befestigte Wege und Bauwerke, so ist der erste Teil des Ablösungskapitals¹⁾ x , der mit Anrechnung von Zinseszinsen zu dem Zinsfuß z nach n Jahren so angewachsen ist, daß damit der einmalige Neubau mit K Kosten bestritten werden kann

$$x = \frac{K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n},$$

Soll mit dem Ablösungskapital nicht nur der erste Neubau eines Bauwerkes nach n Jahren mit K Kosten bestritten werden können, sondern auch nach dem Neubau ein Überschuß verbleiben, der so groß ist, daß allein aus seinen Zinseszinsen nach dem Verlaufe von je m Jahren bis in alle Ewigkeit immer wieder ein Neubau mit K Kosten vorgenommen werden kann, so muß das Ablösungskapital betragen

$$x_1 = \frac{K \left(1 + \frac{z}{100}\right)^{m-n}}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^m - 1},$$

¹⁾ vgl. Anweisung zur Ablösung von Wegebauverpflichtungen der Staatsbauverwaltung (im Ministerialblatt für die allgemeine Bauverwaltung), Berlin 1907.

oder, wenn der Zinsfuß z zu 4 angesetzt wird,

$$x_1 = \frac{1,04^{m-n}}{1,04^m - 1} \cdot K.$$

Steht der Neubau sogleich bevor, so ist $n=0$ zu setzen, mithin

$$x_1 = \frac{1,04^m}{1,04^m - 1} \cdot K.$$

Ist der Neubau soeben erfolgt, so fallen seine einmaligen Kosten K fort und es bleibt

$$x_1 = \left[\frac{1,04^m}{1,04^m - 1} - 1 \right] K = \frac{K}{1,04^m - 1}.$$

Ähnliche Formeln können weiter entwickelt werden, wenn ein Bauwerk später nicht durch ein gleiches, sondern ein anderes mit einem anderen Neubauwerte (z. B. eine hölzerne durch eine massive Brücke) ersetzt werden soll¹⁾.

Der zweite Teil des Ablösungskapitals — die Entschädigung für die künftige regelmäßige Unterhaltung — muß einer Summe entsprechen, deren Zinsen allein dem jährlichen Aufwand für die Unterhaltung gleichkommt, also gleich den in Stammvermögen umgerechneten Unterhaltungskosten

$$\left(\frac{U \cdot 100}{z} \right)$$

sein. Bei Wegen, die in unbefestigtem Zustand zu übergeben sind, werden die Unterhaltungskosten ermittelt nach dem Durchschnitt der Kosten, die von der Bahnverwaltung während der letzten 10 Jahre bei ordnungsmäßiger Unterhaltung aufgewendet sind oder nach sachverständigem Ermessen hätten aufgewendet werden müssen. Handelt es sich dagegen um Wegestrecken, die künstlich befestigt sind oder einer solchen Befestigung bedürfen oder um Bauwerke, so werden die jährlichen Unterhaltungskosten als Prozente von den Neubaukosten ermittelt; die Höhe der Prozente, die für die einzelnen Wegebefestigungen und Brückenbauarten verschieden ist, ist unten angegeben. Erfordert dann die Unterhaltung jährlich p v. H. des Neubaukapitals K , also $\frac{pK}{100}$, so müssen die in Stammvermögen umgerechneten Unterhaltungskosten betragen:

$$y = \frac{pK}{100} \cdot \frac{100}{z}$$

und für $z=4$

$$y = \frac{pK}{4}.$$

Von der Summe der für die Ablösung ermittelten Beträge wird abgezogen der (z. B. zu 4 v. H.) kapitalisierte Wert des etwaigen Reinertrages aus den Nutzungen des Weges (z. B. aus Gras- und Baumnutzung, Wegegeldern, Pacht, Miets- und Anerkennungszinsen).

Als Lebensdauer der verschiedenen Befestigungsarten sollen, sofern nicht die während der letzten 10 Jahre bei ordnungsmäßiger Unterhaltung vorgenommene Erneuerung einen sicheren Anhalt gewährt, bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn in Ansatz gebracht werden für:

Pflaster	40 Jahre	bei 1,7 v. H.
Kiesbahn	ewig	" 6 " "
Lehmkiesbahn . .	"	" 6 " "
Lehmbahn	"	" 6 " "
Schotterbahn . .	40 Jahre	" 1,7 " "

¹⁾ vgl. Anmerkung S. 323.

Als Lebensdauer und Unterhaltung für die Brücken sollen folgende Sätze maßgebend sein:

1. für massive Brücken unter 3 m lichter Weite 50 Jahre Dauer bei 2 v. H. für die jährliche Unterhaltung,
2. für Holzbrücken unter 3 m lichter Weise aus Kiefernholz: 18 Jahre bei 4 v. H. für die Unterhaltung; desgl. aus Eichenholz: 40 Jahre bei 4 v. H. für die Unterhaltung,
3. bei Brücken aus verschiedenen Baustoffen unter 3 m Spannweite, sowie bei allen größeren Brücken sind für die Berechnung des Ablösungskapitals die Bauteile mit Rücksicht auf die Ungleichheit ihrer Dauer und Unterhaltungskosten in nachstehender Weise zu trennen:
 - a) Ganz massive Brücken.
 1. Unterbau einschließlich Gewölbe mit 120 jähriger Dauer bei $\frac{1}{2}$ v. H. der Neubaukosten für die jährliche Unterhaltung,
 2. das Pflaster mit 40jähriger Dauer und 1,7 v. H. für die Unterhaltung,
 3. die eisernen Geländer, falls solche vorhanden sind, mit 100jähriger Dauer und 3 v. H. für die Unterhaltung.
 - b) Brücken mit massivem Unterbau und eisernem Überbau.
 1. Unterbau wie unter a1,
 2. eiserner Überbau mit 100jähriger Dauer und 1,5 v. H. für die Unterhaltung,
 3. das Brückenpflaster mit 40jähriger Dauer und 1,7 v. H. für die Unterhaltung.
Tritt an Stelle der massiven Fahrbahn eine solche von Holz mit Ober- und Unterbelag nebst Fußsteigen, so ist in Ansatz zu bringen:
 4. für den Oberbelag und die Fußsteige 6- bis 7jährige Dauer bei 4 v. H. für die jährliche Unterhaltung,
 5. für den Unterbelag und die Deckbohlen der Balken 12 bis 14 Jahre bei 4 v. H. für die jährliche Unterhaltung.
 - c) Brücken mit massivem Unterbau und Holzüberbau.
 1. Unterbau wie unter a1,
 2. Belag und Fußsteige wie unter b 4 und 5,
 3. für den Überbau 40jährige Dauer und 4 v. H. für die Unterhaltung.
 - d) Ganz aus Holz bestehende Brücken.
 1. Unterbau 20 jährige Dauer bei 4 v. H. für die jährliche Unterhaltung,
 2. Überbau 30jährige Dauer bei 4 v. H. für die jährliche Unterhaltung,
 3. Belag und Fußsteige wie unter b 4 und 5,
 4. Geländer 6- bis 10jährige Dauer und 4 v. H. für die Unterhaltung.

Die Anwendung der vorstehenden Grundsätze soll noch an zwei Beispielen erläutert werden:

1. Es soll unter einem bestehenden Bahndamm zugunsten einer Stadt, ohne daß bisher ein Weg bestand, eine steinerne Unterführung von 10 m lichter Weite errichtet werden, deren Baukosten auf Grund eines Kostenanschlages (unter Zugrundelegung von Vorkriegspreisen) zu $K = 100\,000$ M. ermittelt worden sind. In diesem Falle hat die Stadt, da die Bauausführung der Wegunterführung wegen der Sicherung des darübergehenden Eisenbahnbetriebes stets nur durch die Bahnverwaltung erfolgen und auch die Unterhaltung solches Bauwerkes aus Betriebsrücksichten nur in der Hand der Eisenbahnverwaltung verbleiben kann, an die Bahnverwaltung zu zahlen:

Die Baukosten in Höhe von 100 000 M., zuzüglich eines in der Regel 5 bis 10 v. H. der Bausumme ausmachenden Betrages für Verwaltungskosten zur Deckung der der Eisenbahnverwaltung durch die Ausführung des Bauwerkes entstehenden Kosten. Ferner

die sich nach der Formel $x = \frac{1,04^{m-n}}{1,04^{m-1}}$ berechnenden Erneuerungskosten, die sich für $m = n = 120$ zu $x = 0,00912 K = 912$ M. berechnen. Da die jährlichen Unterhaltungskosten für eine größere, ganz massive Brücke zu $\frac{1}{2}$ v. H. der Neubaukosten anzunehmen sind, so kommen endlich hinzu die in Stammvermögen umgerechneten Unterhaltungskosten mit $\frac{pK}{4} = 12500$ M. (für $p = 5$ v. H.), so daß die gesamte von der Stadt zu er-

stattende Summe unter Zugrundelegung, von 10 v. H. an Verwaltungskosten beträgt: $100\,000 + 10\,000 + 912 + 12500 = 123\,412$ M. Durch Zahlung dieses Betrages von der Stadt an die Eisenbahnverwaltung geht das Eigentum des Bauwerkes und damit die dauernde Unterhaltung und Verpflichtung der späteren Erneuerung auf die Eisenbahnverwaltung über. Die Stadt hat dann in der Regel noch für die Benutzung des Bahngeländes unter den Gleisen eine jährliche geringe Anerkennungsgebühr zu zahlen.

Über die Ausführung eines solchen Bauwerkes wird dann zwischen der Eisenbahnverwaltung und der Gemeinde ein Vertrag geschlossen. Diesem werden zunächst die in den Kostenanschlägen ermittelten Baukosten zugrunde gelegt, zweckmäßig jedoch bei der späteren endgültigen Abrechnung die tatsächlich entstandenen Baukosten in Ansatz gebracht. In dem Verträge empfiehlt es sich ferner noch, über die Verpflichtung der Abführung des sich auf dem Unterführungsbauwerk sammelnden und abfließenden Niederschlagswassers Entscheidung zu treffen und zur Vermeidung von Irrtümern auch die Befestigung, Entwässerung, Unterhaltung, Reinigung und Beleuchtung der Straße auf dem eisenbahnfiskalischen Gelände, sowie die Säuberung der Bürgersteige von Eis und Schnee und die Bestreuung bei Glätte mit abstumpfenden Stoffen, endlich auch die Verpflichtung der Übernahme der Kosten bei etwaiger Vergrößerung der lichten Weiten der Unterführung als Verpflichtung des Wegebaupflichtigen zu kennzeichnen.

2. Wenn dagegen eine Gemeinde, ohne daß der Verkehr dies erfordert, lediglich in ihrem Interesse eine 5 m breite hölzerne Wegüberführung, deren Unterhaltung bisher der Bahn oblag, durch eine 10 m breite neue Überführung ersetzt haben möchte, so wird die Eisenbahnverwaltung, da die Bauausführung der Wegüberführungen nicht unbedingt durch die Eisenbahnverwaltung zu erfolgen braucht, es am besten der Gemeinde überlassen, diese neue Brücke anzulegen, zu unterhalten und später zu erneuern und ihr dafür ein dem Werte ihrer bisherigen Verpflichtung und den gegenwärtigen Verkehrsverhältnissen entsprechendes Ablösungskapital zur Verfügung stellen. Dieses wird sich zusammensetzen aus dem Ablösungskapital für die spätere Erneuerung der 5 m breiten hölzernen Brücke und aus den kapitalisierten Unterhaltungskosten, die der Bahn zur Zeit durch diese Brücke, die Wegebefestigung usw. erwachsen.

3. Kreuzung von Bahnen mit Wasserstraßen.

Kreuzt eine Bahn eine Wasserstraße, — einen schiffbaren Fluß oder Kanal — so liegt in der Regel die Bahn oben, der Flußlauf unten, ausnahmsweise kann aber auch die Bahn unterhalb des Wasserlaufes gelegen sein.

Bei der Führung einer Wasserstraße unter der Bahn hindurch ist über dem höchsten schiffbaren Wasserstand eine von der Bauart der Schiffsfahrzeuge abhängige lichte Höhe frei zu halten, die nicht immer auf die ganze lichte Weite der Brückenöffnung vorhanden zu sein braucht. Bei Brücken mit mehreren Öffnungen genügt in der Regel die lichte Höhe in einer Öffnung, die dann durch Signale als Fahrstraße zu bezeichnen ist. Für deutsche Binnenkanäle schwankt jetzt die lichte Höhe zwischen dem höchsten schiffbaren Wasserstand und Unterkante der Brückenträger in allgemeinen zwischen 3,50 und 4,50 m (meist 4,0 m). Beim Rhein geht die erforderliche Durchfahrhöhe aber bis auf 4,7 m herauf. Während diesen Durchfahrhöhen leerfahrende, mit einem durchgehendem Deck versehene Schiffe mit niedergelegten Masten, sperrige Ladungen (Heu) und Dampfer mit niedergelegten Schornsteinen zugrunde gelegt sind, müssen bei der Seeschifffahrt die Schiffe mit aufrechtstehenden Masten durch die Brücken fahren können. Besonders hier wird selten die erforderliche Bauhöhe vorhanden sein und daher häufig zur Anlage von beweglichen Brücken gegriffen werden müssen, bei denen der Verkehr auf dem einen Verkehrsweg unterbrochen ist, wenn der andere geöffnet ist. Diese Brücken werden dann von Signalen derartig in Abhängigkeit gebracht, daß das Signal erst freigegeben werden kann, wenn die Brücke für den Bahnverkehr geschlossen und verriegelt ist. Man gibt hierbei schon der größeren Sicherheit wegen in der Regel dem Eisenbahnverkehr insofern den Vorrang vor dem Wasserverkehr, als der Eisenbahnverkehr meist freigehalten und der Schiffsverkehr nur nach Bedarf freigegeben wird. Bewegliche Brücken wird man als verkehrerschwerende Anlagen möglichst zu vermeiden suchen. Ist der Eisenbahnverkehr im Verhältnis zum Schiffsverkehr nur unbedeutend oder eine Überbrückung der Wasserstraße auch durch eine bewegliche Brücke infolge der großen Breite des Wasserlaufes zu kostspielig, so kann der Eisenbahnverkehr auch durch Fähren auf-

rechterhalten werden, bei denen nur der Eisenbahnverkehr, nicht aber der Wasserstraßenverkehr unterbrochen ist.

Auch die Breiten der Brücken sind von den auf der betreffenden Wasserstraße verkehrenden Schiffen abhängig. Bei ihrer Ermittlung ist zu berücksichtigen, daß die Abmessungen der Schiffe im Laufe der Jahre sich wesentlich vergrößert haben, so z. B. die auf dem Rhein verkehrenden Schiffe von 400 auf 2000 t Tragfähigkeit. Während man früher an der Bahnüberführung eine Einschränkung des Kanalquerschnitts für zulässig erachtete und vielfach die zu beiden Seiten des Kanals befindlichen Wege nicht durchgehen ließ, wird neuerdings die Kanalbreite auch unter den Brücken in voller Breite für zwei Schiffe mit beiderseitigen, etwa je 2 m breiten Leinpfaden durchgeführt.

Als Überbauten über Kanäle werden meist Balkenträger gewählt, weil sie an jeder Stelle die gleiche lichte Durchfahrhöhe aufweisen und eine später etwa notwendig werdende Vergrößerung der lichten Durchfahrhöhe am leichtesten ermöglichen.

Liegt der Wasserlauf über der tiefliegenden Eisenbahn, so bezeichnet man das erforderliche Bauwerk als Kanalbrücke. Solche Brücken sind verhältnismäßig selten und werden in der Regel nur für eine Schiffsbreite hergestellt. Auch bei ihnen ist der Leinpfad neben dem rechteckigen Wasserquerschnitt durchzuführen.

IX. Bau- und Betriebskosten.

Von Professor Dr.-Ing. K. Risch, Braunschweig.

Zur Beschaffung der Geldmittel für den Bau und den Betrieb eines Eisenbahnunternehmens ist es erforderlich zu wissen: wie hoch ist das Anlagekapital, das für den Bau der Bahn aufgebracht werden muß, wie hoch sind die laufenden Ausgaben und wie stellt sich der Jahresertrag. Zur Feststellung des Anlagekapitals dient der Baukostenanschlag, zur Ermittlung der laufenden Ausgaben die Betriebskostenberechnung und in Verbindung mit dieser und den Einnahmen läßt sich dann auch der Jahresertrag errechnen.

1. Die Baukosten.

Die Baukostenermittlungen sind Kostenschätzungen. Sie sollen den tatsächlich entstehenden Kosten möglichst nahe kommen. Je sorgfältiger veranschlagt wird, um so größer der Grad der Genauigkeit. Deshalb wird man sich bei Veranschlagungen, die der Geldbeschaffung zugrunde gelegt werden sollen, nicht mit Anschlägen begnügen können, bei welchen die Baukosten einfach als Produkt aus Bahnlänge und Einheitssatz für 1 km Bahn — wie etwa solchen in Übersicht S. 113 — ermittelt sind. Vielmehr wird es notwendig sein, auf Grund ausgearbeiteter Entwürfe die Kosten nach Einzelarbeiten zu gliedern und zu veranschlagen. Die Vollständigkeit und Sorgfalt, mit der die Unterlagen hergestellt sind, bestimmen daher auch den Grad der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Veranschlagung. Da sich die allgemeinen Vorarbeiten und die ausführlichen hinsichtlich der Vollständigkeit der Entwürfe nicht unwesentlich unterscheiden, bezeichnet man die Baukostenberechnung zu den allgemeinen Vorarbeiten als Kostenüberschlag, die zu den ausführlichen Vorarbeiten als Kostenanschlag. Der letztere weist gegenüber dem ersteren eine weitergehende Gliederung auf und ist daher zuverlässiger.

Für die Baukostengliederung gibt es verschiedene Einteilungen, die deutsche Reichsbahn und die ihrer Genehmigung und Aufsicht unterliegenden privaten Nebenbahnen arbeiten mit dem nachstehenden Anschlagsmuster.

Titel I.

Grunderwerb und Nutzungsentschädigungen einschließlich der dadurch entstehenden Kosten.

Ziffer 1. Erwerb des Grund und Bodens zur Herstellung der Bahn und ihrer Nebenanlagen, sowie der Ländereien, die zur Entnahme oder Ablagerung von Bodendünen oder wegen Zerstückelung oder Unzugänglichkeit mit übernommen werden müssen. Die zu erwerbenden Flächen sind zugleich nach Größe und Kulturart zu bezeichnen und zu trennen. Dies gilt auch von Grundstücken, die von Beteiligten unentgeltlich hergegeben werden, und von solchen fiskalischen Grundstücken, die aus einem anderen Zweige der Reichsverwaltung oder von Landesverwaltungen — z. B. Domänen- und Forstverwaltungen — für den Bau in Anspruch zu nehmen und in dem Anschlage mit dem geschätzten Wertbetrage vor der Geldspalte nachzuweisen sind.

Ziffer 2. Nebenentschädigungen. Entschädigungen für Wirtschafterschwörungen, Wasserentziehungen und andere Durchschneidungsnachteile sowie für Benachteiligung der Anlieger, Kultur- und Nutzungsentschädigungen, Entschädigungen für Wertverminderung, insbesondere auch für vorübergehende Benutzung, für Zerstörung von Bäumen und Feldfrüchten, sofern sie nicht Vorarbeiten betreffen, für Bauplätze, Lagerplätze, Abgrabungen, Pacht, Miete usw.

Ziffer 3. Erwerbung, Umbau, Versetzung und Beseitigung von Gebäuden und sonstigen baulichen Anlagen. Herstellung oder Versetzung fremder Einfriedigungen, Verlegung von Hauseingängen, Wasser-, Gas- und elektrischen Leitungen, Herstellung feuersicherer Dächer an fremden Gebäuden.

Ziffer 4. Steuern und persönliche Ausgaben. Aus Anlaß des Grunderwerbs entstehende Abgaben aller Art, Vergütungen an fremde Kommissare, Maklergebühren, Gebühren in Grundbuchsachen, für Sachverständige, Richter usw., Übersetzungskosten für Vollmachten, gerichtliche Kosten der Zwangsenteignung, Prozeßkosten und sonstige gerichtliche Ausgaben. Außerordentliche Bodenuntersuchungen durch Sachverständige, Wasseruntersuchungen beim Vorhandensein außergewöhnlicher Umstände (vgl. § 15, 14a und 14e, sowie § 39, 2b der Buchungsordnung).

Ziffer 5. Außerordentliche Ausgaben und Insgemeinkosten.

Titel II.

Erdarbeiten, Fels- und Böschungsarbeiten, sowie Futtermauern usw. zur Herstellung des Bahnkörpers einschließlich der Wegübergänge usw. nebst den zur Ausführung erforderlichen Gerätschaften.

Ziffer 1. Freimachung der Linie. Einrichtungsarbeiten für Freimachung der Linie oder des Bauplatzes, Herstellung von Brücken und anderen Bauwerken zur vorübergehenden Benutzung, Rodungs- und Abräumungsarbeiten, soweit die Kosten nicht unter Ziffer 2 berücksichtigt sind.

Ziffer 2. Erdarbeiten. Erd- und Felsbewegung (Lösen, Bewegen und Einbauen der Bodenmassen):

- a) Bildung des Bahnkörpers mit Einschluß der Nebenanlagen: Wegübergänge, Seitenwege usw., Ankauf von Schüttungsboden, Anlage von Schutz- und Entwässerungsgräben, Einlegung von Entwässerungsröhren, Verlegung von kleinen Wasserläufen und Deichen, Beschaffung von Vorflut- und Uferdeckungsanlagen.
(Größere Fluß- und Deichverlegungen, sowie größere Vorflut- und Uferdeckungsanlagen gehören nach Titel XII, Schneedämme nach Titel III).
- b) Beschaffung, Anmietung und Unterhaltung der Beförderungsmittel, als Lokomotiven und Erdwagen, Kippkarren, Handkarren usw. und der Geräte; Feuerungs- und Schmierstoffe, Betriebskosten und sonstige Nebenausgaben, Wächterhütten, Buden, Baracken mit Einschluß der Miete für derartige Räume.
- c) Besondere Bauaufsicht und Schachtmeistergeld.

Ziffer 3. Gewöhnliche Böschungsarbeiten. Einebnen der Böschungen in den Auf- und Abträgen, Gräben usw., Befestigung durch Mutterboden, Besamung und Rasenbekleidung mit Einschluß der Gewinnung des Mutterbodens und Rasens, sowie Unterhaltung bis zum Begrünen und Anwachsen mit Einschluß des Schachtmeistergeldes.

Ziffer 4. Besondere Befestigungen der Böschungen. Pflasterung und Ausführung von Futtermauern (soweit sie nicht mit Brücken und anderen Bauwerken in Verbindung stehen, bei denen sie mitberechnet werden), Stein- und Flechtpackungen, Einlegung von Entwässerungsröhren, Sickerkanälen usw., Herstellung von Flechtzäunen und Pflanzungen, Befestigung von Schutzdämmen gegen Wasserbeschädigungen, Deckungen durch Buschwerk und Zweige gegen Sandverwehungen usw. mit Einschluß des Schachtmeistergeldes

Ziffer 5. Unterhaltung des Bahnkörpers, der Böschungen, der Steinbekleidungen, Futtermauern usw. bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Ziffer 6. Sonstige Ausgaben: Ausmauerung von Seitengräben, Aushebung von quelligen Bodenstellen und Ergänzung durch trockenen Boden, Beseitigung von Rutschungen in den Auf- und Abträgen, Verlegung und Unterhaltung von Straßen und sonstigen Wegen, Ausfüllung verlassener Wasserläufe und Schluchten, Ableitung wilder Gewässer, Wiederherstellungsarbeiten bei Zerstörungen durch höhere Gewalt, Wächter- und Botenlöhne, Tagelöhne und Kosten für sonstige Leistungen bei Absteckungen und Höhenmessungen zur Anlage des Bahnkörpers usw.

(Außerordentliche Straßen- und Wegeanlagen gehören nach Titel XII.)

Titel III.

Einfriedigungen ausschließlich derjenigen der Bahnhöfe und Haltepunkte.

Ziffer 1. Hecken, Zäune, Mauern und sonstige Einfriedigungen.

Ziffer 2. Schutzanlagen gegen Schneeverwehungen und Brände (Pflanzungen, Flechtzäune, Hecken, Dämme, Brandschutzstreifen usw.).

Ziffer 3. Anpflanzungen neben der Bahn in Schachtgruben usw.

Ziffer 4. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Titel IV.

Wegübergänge einschließlich der Unter- und Überführungen von Wegen und Eisenbahnen nebst allem Zubehör.

Ziffer 1. Wegübergänge in Schienenhöhe:

- a) Befestigung der Übergänge und der Rampen durch Pflasterung, Chaussierung oder Bekiesung, Schutzhölzer, Schutzschienen usw.
- b) Absperrung der Übergänge durch Schranken nebst den zugehörigen Geländern, Zugvorrichtungen, Glocken, Laternen, Warnungstafeln, Prellsteinen, Haltepfähle usw.
- c) Seitendurchlässe usw.
- d) Für unvorhergesehene Fälle usw.

Ziffer 2. Seitenwege:

- a) Befestigung der Seitenwege durch Pflasterung, Chaussierung oder Bekiesung usw.
- b) Brücken usw. in Seitenwegen.
- c) Für unvorhergesehene Fälle.

Ziffer 3. Weg- und Bahn-Unter- oder Überführungen. (Jedes Bauwerk erhält in dieser Spalte eine besondere, nach der Bahneinteilung fortlaufende Nummer. Bei einem Bauwerk, das zugleich den Zwecken der Titel IV und V dient — z. B. Wegunterführung mit Wasserdurchlaß —, entscheidet der Hauptzweck der Anlage.)

Ziffer 4. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb sowie Entschädigung der Wegebaupflichtigen für die Übernahme der infolge Veränderung der Wegeanlagen vermehrten Unterhaltungslast.

Titel V.

Durchlässe und Brücken.

Ziffer 1. Durchlässe und Brücken bis einschließlich 10 m Lichtweite der größten Öffnung. (Jedes massive Bauwerk erhält in dieser Spalte eine besondere, nach der Bahneinteilung fortlaufende Nummer; die Röhrendurchlässe von Eisen, Ton usw. können unter einer Nummer zusammengefaßt werden. Vgl. auch Vermerk zu Titel IV Ziffer 3.)

Ziffer 2. Brücken von mehr als 10 m Lichtweite der größten Öffnung, sowie sämtliche Talbrücken. (Jedes Bauwerk erhält in dieser Spalte eine besondere, nach der Bahneinteilung fortlaufende Nummer.)

Ziffer 3. Unterhaltung der Bauwerke bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Titel VI.

Tunnel.

(Jeder Tunnel erhält eine besondere Nummer und unter dieser die nachfolgenden Ziffern 1 bis 4.)

Ziffer 1. Erd- und Felsarbeiten mit Einschluß des Bewegens, Einbauens und Ablagerens der Ausbruchsmassen. Kosten der Auszimmerung.

Ziffer 2. Maurerarbeiten mit Einschluß der Baustoffe und der Lehrgerüste.

Ziffer 3. Abteufung von Schächten.

Ziffer 4. Maschinelle Einrichtungen und deren Betrieb, besondere Entwässerungs- und Wasserhaltungsarbeiten, Förderbahnen, Geräte (soweit die Kosten nicht bereits bei Ziffer 1 veranschlagt sind).

Ziffer 5. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Titel VII.

Oberbau der freien Strecke, der Bahnhöfe und Haltepunkte.

Ziffer 1. Beschaffung der Bettungsstoffe.

Ziffer 2. Beschaffung von Schienen, Kleineisen und Schwellen.

Ziffer 3. Beschaffung der Weichen und Kreuzungen. (Die Veranschlagung erfolgt nach Stückzahl.) Der bei der Veranschlagung einzusetzende Einheitspreis umfaßt:

- a) bei den einfachen Weichen alle Oberbauteile vom Gleisstoße vor den Zungenspitzen bis zu den Gleisstößen hinter dem Herzstücke,
- b) bei den Doppelweichen alle Oberbauteile vom Gleisstoße vor der ersten Zungenvorrichtung bis zu den Gleisstößen hinter den beiden einfachen Herzstücken,
- c) bei den Kreuzungsweichen und Kreuzungen alle Oberbauteile zwischen den Gleisstößen, die je hinter den einfachen Herzstößen liegen.

Bemerkung zu Ziffer 2 und 3. In einer besonderen Anlage zum Kostenanschlage sind die Vordersätze der Veranschlagung und die angesetzten Einheitspreise im einzelnen nachzuweisen und zu begründen derart, daß auch bestimmt ersichtlich wird, welche Gleis- und Weichenstoffe beim Bau voraussichtlich gewonnen und inwieweit diese Stoffe bei der Bauausführung wiederverwendet werden sollen.

Ziffer 4. Verlegen des Oberbaues einschließlich des Aufnehmens vorhandener Gleise, Weichen und Kreuzungen, Nachbessern der Bettungssohle, Einbringen der Bettungsstoffe, Anlage von Sickerkanälen, Nacharbeiten an den Schienen, dem Kleineisen, den Schwellen und Weichen, Legen und Richten des Bahngestänges und der Weichen, Stopfen und Verfüllen der Schwellen usw. einschließlich der Verteilung der Stoffe:

- a) Gleise,
- b) Weichen und Kreuzungen,
- c) Anlage von Sickerkanälen.

Bemerkung zu den Ziffern 2, 3 und 4. Die Gleisstoffe sind bei Ziffer 2, die Weichen und Kreuzungen bei den Ziffern 3 und 4 nach den verschiedenen Arten zu trennen. Bei Ziffer 4 muß unter a) die Länge der zu verlegenden Weichen und Kreuzungen mit der Länge und den Stückzahlen übereinstimmen, die sich aus den zu beschaffenden (Ziffern 2 und 3) und den zur Wiederverwendung aufzunehmenden Gleisstoffen ergeben.

Ziffer 5. Anlage von Stellwerken. Alle Arten von Weichen-, Signalstell- und Riegelwerken mit Einschluß der Mast- und Vorsignale, der elektrischen Einrichtungen und der Gebäude, größere Anlagen nach beizufügendem Sonderanschlage.

Ziffer 6. Beschaffung und Instandhaltung der Arbeitsgeräte.

Ziffer 7. Unterhaltung des Oberbaues bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Ziffer 8. Verschiedene Ausgaben.

Titel VIII.

Elektrische Zugförderung.

(Kosten, die anderen Titeln zur Last fallen, sind dort zu verrechnen, z. B. Grunderwerb bei Titel I usw. Die Kosten der Fahrzeuge werden zu Lasten des besonderen Fahrzeugbeschaffungstitels verrechnet.)

Ziffer 1. Kraftwerke (bahneigene Hauptwerke).

Ziffer 2. Fernleitungen mit allem Zubehör.

Ziffer 3. Unterwerke.

Ziffer 4. Fahrleitungen und Schienenverbindungen einschließlich Verstärkungsleitungen.

Ziffer 5. Schutzvorrichtungen:

- a) Für Schwachstromleitungen,
- b) für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen und Anlagen.

Ziffer 6. Lose Ausrüstungsgegenstände zu den Anlagen der Ziffern 1 bis 5 (getrennt für jede Ziffer).

Ziffer 7. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Titel IX.

Fernmeldeanlagen, Wärterwohnungen und Abteilungszeichen.

Ziffer 1. a) Telegraphen-, Fernsprech- und Blockleitungen nebst Zubehör, als Telegraphenstangen, Draht, Isolatoren usw.; Herstellung der Leitung, Geräte usw.

b) Sprech- und Schreibwerke mit dazu gehörenden Einrichtungen und Anschlüssen in den Gebäuden, Lätwerke, Batterien, Blitzableiter, Radtaster mit Zubehör usw., soweit nicht zu Titel VII Ziffer 5 gehörig.

Ziffer 2. Bahnmeister- und Bahnwärterwohnungen und Buden auf freier Strecke mit Nebenanlagen.

Ziffer 3. Ausstattung. Lose Gegenstände der äußeren und inneren Ausrüstung zu den Anlagen der Ziffern 1 und 2, Bahnbesichtigung- und Bahnmeisterwagen, Schneepflüge usw.

Ziffer 4. Abteilungszeichen, als Kilometer- und Nummersteine, Neigungs- und Krümmungszeiger, Zeichen für Dienstgrenzen usw.

Ziffer 5. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Titel X.

Bahnhöfe und Haltepunkte nebst allem Zubehör an Gebäuden ausschließlich Bahnkörper, Gleis- und Werkstattsanlagen.

(Jeder Bahnhof usw. erhält eine besondere Nummer und unter dieser, soweit erforderlich, die nachfolgenden Ziffern 1 bis 10.)

Ziffer 1. Verwaltungsgebäude sowie Wohngebäude für Beamte und Arbeiter mit Nebenanlagen ausschließlich der Anlagen unter Titel IX Ziffer 2 und Titel XI Ziffer 2.

Ziffer 2. Empfangsgebäude, Wartehallen und Bahnsteige mit Nebenanlagen. Bahnsteigüberdachungen, Tunnel, Brücken, Aufzüge und Treppen für den Personen-, Gepäck-, Post- usw. Verkehr.

Ziffer 3. Güterschuppen, Steuerschuppen, Rampen und Ladevorrichtungen mit Nebenanlagen.

Lagerhäuser, Umladehallen, Ladebühnen, Güter-, Vieh- und Wagenrampen, Viehhöfe, Entseuchungs- und Reinigungsanlagen, Sturz- und Ladevorrichtungen für Kohlen, Erze usw., Krane, Gleiswagen, Lademasse usw.

Ziffer 4. Lokomotivbehandlungsanlagen: Lokomotiv- und Kohlenschuppen, Wasserstationsgebäude mit Nebenanlagen.

Drehscheiben, Schiebebühnen, Koks- und Torfschuppen, Holz- und Kohlenstapel, Kohlenladebühnen, Hebekrane, Arbeits-, Feuer-, Lösch- und Reinigungsgruben, Wasserstationsbrunnen, Wasserbehälter und -filter, Wasserhebungsanlagen sowie Wasserkrane einschließlich der Zuleitung usw.

Ziffer 5. Wagenschuppen nebst zugehörigen Drehscheiben, Schiebebühnen, Hebekranen, Arbeitsgruben usw.

Ziffer 6. Nebengebäude. Alle nicht zu den Anlagen der Ziffern 1 bis 5 gehörigen Nebengebäude, Übernachtungs- und Aufenthaltsgebäude, Arbeiterbuden, Aborte, Badeanstalten, Stofflager, Wirtschaftsgebäude, Brunnen, Eis- und Petroleumkeller, Spritzenhäuser, Aschgruben, Baubuden, Schuppen.

Bemerkungen zu den Ziffern 1 bis 6:

- a) Soweit Gleise innerhalb der Gebäude liegen, sind ihre Kosten bei der Ziffer des Gebäudes mit zu veranschlagen.
- b) Die überschlägliche Veranschlagung der Kosten von Hochbauten erfolgt nach Kubikmetern des umbauten Raumes. Für größere Hochbauten ist bei genauerer Veranschlagung ein Sonderanschlag beizufügen.

Ziffer 7. Sonstige feste Ausrüstung der Bahnhöfe und Haltepunkte:

- a) Wasserleitungsanlagen, soweit sie nicht unter Ziffer 4 gehören,
- b) elektrische oder Gasbeleuchtungsanlagen mit Leitungen und Laternen,
- c) Kraftübertragungsanlagen, soweit sie nicht anderweitig veranschlagt sind,
- d) Uhren, Schilder, Tafeln, Prellböcke, Merkzeichen usw.

Ziffer 8. Straßen, Plätze, Entwässerungsanlagen, Abzugskanäle, Einfriedigungen und Tore, Anpflanzungen, Gartenanlagen usw., Pflasterung oder sonstige Befestigung der Vorplätze, Lade- und Zufuhrstraßen.

Ziffer 9. Ausstattung. Ausrüstungs- und Ausstattungsgegenstände aller Art zu den Anlagen der Ziffern 1 bis 8, soweit sie nicht mit der Erde oder den Gebäuden fest verbunden sind (getrennt für jede Ziffer).

Ziffer 10. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Titel XI.

Werkstattsanlagen.

Ziffer 1. Werkstattsgebäude, Stofflager.

Ziffer 2. Verwaltungs-, Amts- und Dienstwohngebäude der Werkstätten.

Ziffer 3. Oberbau der zu den Werkstätten gehörigen Gleise.

Ziffer 4. Äußere und innere Ausrüstung der Werkstattsanlagen sowie Ausstattung der Dienstgebäude, soweit sie mit den Gebäuden nicht fest verbunden sind.

Ziffer 5. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb.

In den Kostenanschlägen der neuen Bahnen sind bei diesem Titel besondere Werkstattsanlagen nur dann zu veranschlagen, wenn sie an der neuen Bahn selbst notwendig werden. Andernfalls ist lediglich für Erweiterung vorhandener Werkstattsanlagen der bestehenden Bahnen eine Pauschsumme vorzusehen, die nach einem festgesetzten Kilometersatze zu bemessen ist. Die Verwendung dieser Pauschsumme bedarf der Genehmigung des Reichsverkehrsministers.

Titel XII.

Außerordentliche Anlagen.

Ziffer 1. Fluß- und Stromverlegungen, Flußregelungen.

Ziffer 2. Außerordentliche Straßen- und Wegeanlagen.

Ziffer 3. Führung der Bahn durch Festungswerke und sonstige befestigte Anlagen.

Ziffer 4. Anlage von Häfen nebst deren Verbindungsbahnen.

Ziffer 5. Herstellung von Koks- und Gasanstalten, elektrischen Beleuchtungs- und Kraftanlagen, Schwellentränkanstalten usw. nebst den zugehörigen Gleisanschlüssen, soweit sie nicht an anderer Stelle veranschlagt sind.

Ziffer 6. Andere außerordentliche Anlagen, als schiefe Ebenen, Fähranstalten, und dergleichen.

Ziffer 7. Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb.

Anzahl und Inhalt der Ziffern sind nach Bedarf zu ergänzen. Bei Ziffer 5 gelten als Gasanstalten, elektrische Beleuchtungs- und Kraftanlagen usw. nur selbständige eigene Werke. Anschlüsse an derartige fremde Werke sind bei Titel X zu veranschlagen.

Titel XIII.

Insgemein.

Ziffer 1. Besondere vorübergehende Anlagen zum Beginne des Betriebes vor der gänzlichen Vollendung des Baues.

Ziffer 2. Für Wiederherstellung einzelner Bauwerke bei Zerstörung oder Beschädigung durch höhere Gewalt, für nicht zu deckende Verluste an Baustoffen usw.

Ziffer 3. Andere unvorhergesehene Kosten.

Titel XIV.

Verwaltungs- und Frachtkosten.

Ziffer 1. Als Verwaltungskosten und für Dienstgutfrachten mit Ausnahme der Kosten für Arbeitszüge (Ziffer 2) sind bestimmte Hundertsätze der nach Absetzung etwaiger Pauschbeiträge aus anderen Neubaufonds verbleibenden Bauausgaben (Ausgaben der Titel I bis XIII abzüglich der genannten Pauschbeiträge) vorzusehen (§§ 15, 14 und 39, 2 der Buchungsordnung).

Ziffer 2. Kosten der Arbeitszüge. Die Kosten der Beförderung von Bau- dienstgut in gewöhnlichen Zügen werden durch die allgemeinen Verwaltungskosten gedeckt (§§ 15, 14 und 39, 2 der Buchungsordnung). Frachten werden dafür dem Bau- fonds nicht besonders angerechnet.

Weiter treten hinzu die Kosten für die Beschaffung von Fahrzeugen, die nach der Buchungsordnung der Reichsbahn nicht in den Baukosten- anschlag aufgenommen, sondern in der Vermögensrechnung veranschlagt werden.

Ferner sind bei der Kostenaufstellung für Privatbahnen noch Beträge auszuwerfen für:

1. Zinsen während der Bauzeit;
2. Kursverluste;
3. die erste Dotierung des Erneuerungsfonds und der sonstigen Reserve- fonds.

Über die Veranschlagungsgrundsätze läßt sich folgendes sagen:

Die Mengen bei der Veranschlagung der Einzelarbeiten sind aus den Entwurfsunterlagen festzustellen, entweder überschläglich nach Erfahrungssätzen oder genauer auf Grund von Erdmassenberechnungen, Inhaltsberech-

nungen von Bauteilen, Bedarfsnachweisungen für Mauerbaustoffe, Holz, Oberbauteile u. a. Die Preise für Leistungen, Grunderwerb und Lieferungen sind nach deren Umfang, den Werten, der Schwierigkeit der Ausführung und den örtlichen Verhältnissen zu schätzen. Sie werden daher von Fall zu Fall besonders angegeben werden müssen. Kommen Einzelarbeiten von bedeutendem Ausmaß vor, dann werden für diese bei ausführlichen Veranschlagungen Sonderkostenanschläge aufgestellt¹⁾.

Weiter ist zu den einzelnen Titeln des Anschlagmusters zu bemerken:

Zu Titel I.

Bei Kostenanschlägen kann der Bedarf an Grund und Boden einschließlich aller Nebenanlagen für 1 km Bahn angenommen werden:

	Bei vollspurigen eingleisigen Hauptbahnen	Bei vollspurigen zweigleisigen Hauptbahnen
In günstigem Gelände zu	2,0 bis 3,0 ha	3,0 bis 3,5 ha
„ mittlerem „ „	3,0 „ 3,5 „	3,5 „ 4,0 „
„ ungünstigem „ „	3,5 „ 4,0 „	4,0 „ 5,0 „

Für eingleisige Nebenbahnen können 25 bis 30% weniger, bei Schmalspurbahnen entsprechend der Wahl der Spurweite noch weniger gerechnet werden.

Die Preise²⁾ für den Erwerb des Grund und Bodens schwanken zwischen 0,10 Mk./qm für Forstland ohne Holz und 2,50 Mk./qm für Gartenland. Für Bauland steigen die Werte bis zu 2000 Mk./qm bei Grundstücken in bester Lage der Weltstädte.

Für Nebenentschädigungen (Ziff. 2) kann man 10% der Ziff. 1 ansetzen.

Die Kosten für zu erwerbende, zu versetzende, zu beseitigende Gebäude oder sonstige bauliche Anlagen (Ziff. 3) müssen von Fall zu Fall nach dem besonderen Wert jeder Anlage ermittelt werden.

Für Steuern und persönliche Ausgaben (Ziff. 4) können 500 bis 1000 Mk./km Bahn veranschlagt werden.

Für außerordentliche Ausgaben (Ziff. 5) rechnet man 200 bis 400 Mk./km Bahn oder auch 2,5% des Titels I.

Zu Titel II.

Die Aufwendungen für das Freimachen der Linie oder der Bauplätze (Ziff. 1) richten sich nach der Art des Aufwuchses, dem Umfang der Rodungsarbeiten und der Anlagen zur vorübergehenden Benutzung. Wenn Unterlagen zur genaueren Schätzung dieser Kosten nicht zur Verfügung stehen, kann man etwa 700 bis 1500 Mk. für 1 km Bahn in Ansatz bringen.

Die Kosten für Erdarbeiten (Ziff. 2), d. i. Lösen, Bewegen und Einbauen der Bodenmassen, schwanken je nach Bodenart, Menge, Gewinnungs- und Beförderungsweise zwischen 0,80 Mk./cbm (leichter Sandboden) und 5 bis 6 Mk./cbm (fester Fels). Für Kostenüberschläge kann die Größe der Erdbewegung pro lfd. m Bahn angenommen werden:

	Eingleisige Hauptbahnen	Eingleisige Nebenbahnen
Im Flachland zu	5 bis 15 cbm	3 bis 10 cbm
„ Hügelland „	15 „ 30 „	10 „ 20 „
„ Gebirge „	40 „ 100 „	30 „ 60 „

Für zweigleisige Bahnen rechnet man etwa 50% mehr.

Für gewöhnliche Böschungsarbeiten (Ziff. 3) kann man je nach der Befestigungsart, ob Humusbekleidung und Besamung oder Kopfrasendeckung, 0,15 bis 1,15 Mk./qm Böschungsfläche veranschlagen.

Als besondere Mittel zur Befestigung der Böschungen (Ziff. 4) kommen in Frage: Pflasterung einschl. Steinlieferung zu 6 bis 7 Mk./qm.

Trockenmauerwerk einschl. Steinlieferung 12 bis 17 Mk./cbm.

¹⁾ Näheres über Veranschlagung von Ingenieurbauten bringen: Osthoff-Scheck: Kostenberechnung für Ingenieurbauten. Leipzig 1913. — Dr. Nitzsche: Bauführung und Veranschlagung bei Ingenieurbauten. Leipzig 1913. — Janssen: Der Bauingenieur in der Praxis. Berlin 1913. — Ritter: Kostenberechnung im Ingenieurbau. Berlin 1922. — Diesen Werken sind auch z. T. die oben mitgeteilten Preise entnommen.

²⁾ Die hier und an anderen Stellen angegebenen Preise beziehen sich auf die Vorkriegszeit.

Der Bedarf an Steinen kann im Mittel bei einer Mauerhöhe h zu $\frac{h^2}{2}$ für den lfd. m angenommen werden.

Futter- und Stützmauern einschl. Baustoffe bei gewöhnlicher Fundierung 25 bis 35 Mk./cbm. Der Inhalt einer Mauer von der Höhe h ergibt sich überschläglicly zu $\frac{h^2}{3}$ cbm für 1 lfd. m. Bei künstlicher Gründung sind besondere Zuschläge zu machen.

Für Kostenüberschläge können die Gesamtmengen zu Ziff. 4 angenommen werden:

Im Flachland	zu 0,1 bis 0,25 cbm für 1 lfd. m Bahn
„ Hügelland	„ 0,3 „ 0,75 „ „ 1 „ m „
„ Gebirge	„ 1,5 „ 3,00 „ „ 1 „ m „

Die Ausgaben für die Unterhaltung des Bahnkörpers bis zur Übernahme durch den Betrieb (Ziff. 5) können mit 300 bis 500 Mk. für 1 km Bahn, die sonstigen Ausgaben (Ziff. 6) mit 600 bis 1200 Mk. für 1 km Bahn veranschlagt werden.

Zu Titel III.

Die Preise der Einfriedigungen (Ziff. 1) belaufen sich bei Verwendung von:

Geländern mit Holm und Riegel	auf 4 bis 6 Mk. für 1 lfd. m Einfriedigung,
Lattenzäunen mit Eichenpfosten,	2 Riegeln auf 7 bis 8 Mk. für 1 lfd. m Einfriedigung,
eisernen Einfriedigungen, Pfosten, Holm und Riegel aus Winkeleisen	auf 8 bis 10 Mk. für 1 lfd. m Einfriedigung,
Heckenzäunen	auf 1,5 bis 2 Mk. für 1 lfd. m Einfriedigung,
Stangenzäunen mit Setzlingen	auf 2,5 bis 3 Mk. für 1 lfd. m Einfriedigung.

Schutzanlagen (Ziff. 2) und Anpflanzungen neben der Bahn (Ziff. 3) sind von Fall zu Fall zu veranschlagen.

Für die Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb (Ziff. 4) reichen 5 bis 10% von der Summe der Beträge Ziff. 1 bis 3 aus.

Zu Titel IV.

Ziff. 1. Wegeübergänge in Schienenhöhe:

Für Befestigung zwischen und neben den Gleisen unter Verwendung von Streichschienen:

bei Bekiesung	. . . . .	5 Mk. für 1 qm,
„ Beschotterung	. . . . .	9 „ „ 1 „
„ Pflaster	. . . . .	12 „ „ 1 „

Für die Rampen sind in Ansatz zu bringen:

bei Bekiesung	. . . . .	1,5 bis 2,0 Mk. für 1 qm,
„ Beschotterung	. . . . .	5,0 „ 6,0 „ „ 1 „
„ Pflasterung:		
mit Feldsteinen	. . . . .	5,5 „ 6,5 „ „ 1 „
Reihenpflaster IV. Klasse	. . . . .	6,5 „ 7,5 „ „ 1 „
„ III. „	. . . . .	7,5 „ 9,0 „ „ 1 „
„ II. „	. . . . .	10,0 „ 12,0 „ „ 1 „
„ I. „	. . . . .	12,0 „ 15,0 „ „ 1 „
Würfelpflaster auf Beton	. . . . .	17,0 „ „ 1 „
Holzpflaster	. . . . .	19,0 „ „ 1 „
Asphalt	. . . . .	15,0 „ „ 1 „

Für Fußwege:

bei Verwendung von Mosaikpflaster	. . . . .	4,0 bis 5,0 Mk. für 1 qm,
„ „ „ Granitplatten	. . . . .	12,0 „ 13,0 „ „ 1 „
„ „ „ Asphalt auf		
10 cm starkem Beton	. . . . .	5,0 „ 6,0 „ „ 1 „
Bordsteine	. . . . .	2,5 „ 9,0 „ „ 1 „

Für Absperrung der Übergänge:

durch kleine Schranken	. . . . .	80 bis 500 Mk. für 1 Schranke,
„ Drahtzugschranken	. . . . .	1000 „ 1200 „ „ 1 „

Seitendurchlässe müssen je nach Länge, Durchmesser und Ausbildung der Häupter besonders veranschlagt werden. Für unvorhergesehene Fälle werden 10 bis 15% der Ziff. 1 in Ansatz gebracht.

Für Überschlagsrechnungen können die Aufwendungen unter Ziff. 1 zusammen mit 2000 bis 3000 Mk. für 1 km Bahn veranschlagt werden.

Ziff. 2: Für die Befestigung der Seitenwege gelten die oben für Rampen mitgeteilten Preise. Brücken in Seitenwegen sind besonders zu veranschlagen. Für unvorhergesehene Fälle sind 10% der Ziff. 2 einzusetzen.

Ziff. 3: Bei der Massenermittlung der Unter- und Überführungen können für Kostenüberschläge die Widerlager mit 17,5 cbm für 1 lfd. m, die Flügel mit 10 cbm für 1 lfd. m bei Annahme normaler Gründungen, eiserne Überbauten mit 0,5 bis 0,8 t für 1 qm Grundrißfläche in Ansatz gebracht werden. Die Preise des Widerlags- und Flügelmauerwerks einschl. der Erdarbeiten und Entwässerung können mit 28 bis 35 Mk. für 1 cbm, Gewölbemauerwerk mit 40 bis 50 Mk. für 1 cbm, eiserne Überbauten einschl. Fahrbahnabdeckung, Geländeranstrich je nach der Schwierigkeit der Aufstellung mit 320 bis 450 Mk. für 1 t veranschlagt werden. Überbauten aus Walzträgern mit Beton stellen sich auf etwa 115 bis 150 Mk. für 1 qm Grundrißfläche. Die Wegebefestigung unterhalb oder auf den Überbauten ist nach den Sätzen der Ziff. 1 zu veranschlagen.

Für die Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb (Ziff. 4) rechnet man 2 bis 3% der Summe Ziff. 1 bis 3.

Zu Titel V.

Rohrdurchlässe aus Eisen oder Eisenbeton ohne besondere Häupter können mit 5 bis 10 Mk. für 1 lfd. m einschl. der Erdarbeiten veranschlagt werden. Für Überschlagsrechnungen nimmt man auch die Kosten der Durchlässe von 1 bis 6 m Weite für 1 km Bahn an

in der Ebene zu . . .	1500 bis 2000 Mk.,
im Hügellande zu . . .	2000 " 3000 "
im Gebirge zu	3000 " 9000 "

Größere Durchlässe und Brücken müssen nach den Sätzen im Titel IV veranschlagt werden. Für Viaduktbauten von 12 m Spannweite und Höhe von 11 bis 15 m von Fundamentsohle bis Schienenoberkante können die Kosten einschl. aller Nebenarbeiten mit 180 bis 250 Mk. für 1 qm Grundrißfläche angenommen werden.

Für die Unterhaltung der Bauwerke bis zur Übernahme durch den Betrieb sind 3 bis 6% der Summen aus Ziff. 1 und 2 auszuwerfen.

Zu Titel VI.

Die Ausbruchquerschnitte bei Tunnelbauten betragen:

bei eingleisigem Tunnel ohne Sohlengewölbe	35 bis 45 qm
" " " mit "	40 " 50 "
" zweigleisigem " ohne "	60 " 70 "
" " " mit "	68 " 83 "

Für Kostenüberschläge kann man die gesamten Tunnelbaukosten für 1 lfd. m ansetzen

bei eingleisigem Tunnel ohne Mauerung zu	380 bis 450 Mk.
" " " mit "	600 " 900 "
" eingleisigem Tunnel mit Mauerung 0,7 m und Sohlengewölbe zu	1000 " 1200 "
" zweigleisigem Tunnel ohne Mauerung zu	800 " 1200 "
" " " mit leichter Mauerung zu	1200 " 1500 "
" " " normaler " "	1500 " 1700 "
" " " bei starkem Druck	1900 " 2400 "

Sehr lange Tunnels kosten 10 bis 50% mehr, große zweigleisige Alpentunnels haben 2000 bis 4500 Mk. gekostet.

Zu Titel VII.

Ziff. 1. Die Bettungsmengen sind für 1 m Bahn zu veranschlagen:

auf eingleisigen Hauptbahnen mit Holzschwellen zu	1,82 cbm
" zweigleisigen " " " "	3,48 "
" eingleisigen Nebenbahnen " " "	1,28 "
" " Schmalspurbahnen (1 m Spur) mit Holzschwellen zu	0,90 "

Für Krümmungsstrecken ist ein Zuschlag von 10% zu machen, bei Verwendung eiserner Querschwellen braucht man 8 bis 10% weniger Bettungstoff.

Die Kosten der Beschaffung, des Heranbringens und Abladens der Bettungstoffe belaufen sich bei

Steinschlag auf	7,0 bis 8,0 Mk. für 1 cbm
Bettungskies neu auf	3,5 " 5,5 " " 1 "
Altkies auf	1,0 " 2,0 " " 1 "

Ziff. 2: Beschaffung von Gleisen.

Schweres Profil Form 8	$8 \frac{Br + 24 E}{15}$	kostet neu	29 Mk. für 1 m Gleis
Leichteres " " 6	$6 \frac{18 E}{15}$	kostet neu	23 " " 1 m "
Leichtes " für schmalspurige Kleinbahn		kostet neu 9 bis 15 " " 1 m "	
Altbrauchbares Gleis wird mit 75% des Neuwertes berechnet.			

Ziff. 3: Beschaffung von Weichen und Kreuzungen.

1 einfache Weiche 1:9 oder 1:10	kostet	1700 bis 2100 Mk.
1 " Kreuzungsweiche 1:9 oder 1:10	kostet	3500 " 4500 "
1 Doppelweiche 1:9 oder 1:10	kostet	3500 " 4500 "
1 doppelte Kreuzungsweiche 1:9 oder 1:10	kostet	4000 " 5000 "
1 Kreuzung 1:9 oder 1:10	kostet	2400 " 2600 "
1 " 1:4,44 oder 1:4,95	kostet	1700 " 1900 "
1 einfache Weiche 1:7 oder 1:9 für Schmalspur	kostet	800 " 1300 "

Ziff. 4:

1 lfd. m Gleis aufzunehmen und beiseite zu schaffen	kostet	1,0 Mk.
1 einfache Weiche " " " " " "	. . . . .	60,0 "
1 Kreuzungs- oder Doppelweiche aufzunehmen und beiseite zu schaffen	kostet	125,0 "
1 lfd. m Gleis aus Neu- oder Altmaterial zu verlegen, zu stopfen und zu verfüllen	kostet	1,5 bis 3,0 "
Das Verlegen einer einfachen Weiche	kostet	95,0 " 110,0 "
" " " Kreuzungsweiche	kostet	190,0 " 210,0 "
" " " Doppelweiche	kostet	190,0 " 210,0 "
" " " doppelten Kreuzungsweiche	kostet	240,0 " 260,0 "
1 einfache Weiche aufzunehmen und an anderer Stelle wieder zu verlegen	kostet	125,0 " 135,0 "
1 Kreuzungsweiche aufzunehmen und wieder zu verlegen	kostet	320,0 " 350,0 "

Ziff. 5:

Für Überschlagsrechnungen kann man jeden Weichen- oder Signalhebel einschl. aller Leitungen und des Stellwerks mit 1000 bis 1500 Mk. in Ansatz bringen, bei elektrischem Antriebe sind 15 bis 20% mehr zu rechnen.

Für Beschaffung und Instandhaltung der Arbeitsgeräte (Ziff. 6) sind 100 bis 200 Mk. für 1 km Gleis zu rechnen.

Die Unterhaltung des Oberbaues bis zur Übernahme durch den Betrieb (Ziff. 7) kostet 300 bis 800 Mk. für 1 km Gleis.

Die verschiedenen Ausgaben gemäß Ziff. 8 sind mit 2 bis 5% des Titels VII, bei schwierigen Verhältnissen höher zu veranschlagen.

Zu Titel VIII.

Für Kostenüberschläge können die Bauausgaben der Stromerzeugung und Umformung einschließlich der Gebäude- und Grundstückskosten angenommen werden¹⁾:

bei kleinen Anlagen ≤ 400 kW	zu 1350 Mk. für 1 kW
" mittleren " " 900 " "	" 1 "
" großen " ≥ 5000 " "	440 " " 1 " ,

wobei Dampfmaschinen mit mehrfacher Dampfdehnung und Dampfniederschlag ohne künstliche Wasserkühlung sowie Pufferspeicher angenommen sind. Ersatzmaschinen sind eingeschlossen.

Fernleitungen (Ziff. 2) müssen von Fall zu Fall besonders veranschlagt werden, ebenso die Schutzvorrichtungen.

Für die Fahrleitungen und Schienenverbindungen (Ziff. 4) betragen die Anlagekosten für 1 km Strecke bei elektrischen Straßenbahnen

unter Verwendung von Leitungsmasten auf	ingl. Strecke	9000—13000 Mk.
" " " " "	zweigl. " "	12000—16000 "
" " " Hausankern	ingl. " "	4500—5500 "
" " " " "	zweigl. " "	8000—8500 " .

Für Fernbahnen mit Vielfachaufhängung belaufen sich diese Anlagekosten auf 9000 bis 11000 Mk. bei eingeleisigen und 18000—22000 Mk. für zweigleisige Bahnen, weil für die

¹⁾ Eisenbahntechnik der Gegenwart: Unterhaltung und Betrieb, 2. Hälfte, S. 547.

letzteren sowohl die Maste als auch die Fahrleitungen für jedes der beiden Gleise vollständig getrennt sind. Für Stromzuleitungen mittels dritter Schiene stellen sich die Kosten auf 16000—17500 Mk. für 1 km Gleis.

Für die Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb sind 1—1,5% des Titels VIII anzunehmen.

Zu Titel IX.

Ziffer 1: Für Leitungen nebst Zubehör zu den Fernsprech-, Telegraphen- und Blockeinrichtungen sind 1,5—4,5 Mk. für 1 lfd. m zu rechnen. Für die Meldewerke selbst und Zubehör sind anzusetzen:

- 1 Morsewerk mit 300 Mk.
- 1 Fernsprecher mit 150—200 Mk.
- 1 Blockfeld mit 350 Mk.
- 1 Gleiskontakt mit 800 Mk.
- 1 Lätewerk mit 250 Mk.

Ziffer 2: Die Entfernung der Wärterbuden ist zu 1,2—4,3 km anzunehmen. Für jedes Gebäude sind 3000—8000 Mk. zu rechnen.

Für Ausstattungsgegenstände (Ziff. 3) sind 5—10% der Ziffern 1 und 2 zu veranschlagen.

Für Abteilungszeichen (Ziff. 4) sind 4—8% der Ziffern 1 bis 3 einzusetzen.

Die Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb kostet 1—2% der Ziffern 1 bis 4.

Zu Titel X.

Ziffer 1 u. 2: Für massive Verwaltungs-, Empfangs- und andere größere Dienstgebäude sind 18—23 Mk. für 1 cbm umbauten Raumes anzusetzen, für massive Wohngebäude je nach der Größe 18—30 Mk. für 1 cbm.

76 cm hohe Bahnsteigmauern kosten 16—23 Mk. für 1 lfd. m.

Niedrige Bahnsteigkanten kosten 8—12 Mk. für 1 lfd. m.

Seitlich offene Bahnsteigüberdachungen kosten 20—24 Mk. für 1 qm Grundfläche.

Schienerfreie Überführungen zu den Bahnsteigen nebst Treppen kosten 80 bis 120 Mk. für 1 qm Grundfläche.

Bahnsteigtunnel nebst Treppen kosten 120—150 Mk. für 1 qm Grundfläche.

Gepäckaufzüge nebst Mauerwerk kosten 10000 Mk. für 1 Stück.

Ziffer 3: Massive Güterschuppen einschl. der Inneneinrichtung und Beleuchtung kosten 60—80 Mk. für 1 qm.

Güterabfertigung, massiv, kostet 20 Mk. für 1 cbm umbauten Raumes.

Vieh- und Wagenrampen mit undurchlässiger Befestigung kosten 15—20 Mk. für 1 qm Grundfläche.

1 Portalkran 10 t einschl. Fundament kostet 10000 Mk.

1 Brückenwage ohne Gleisunterbrechung " 7000 "

1 Lademaß " 100 "

Sturz- und Ladevorrichtungen für Massengüter sind besonders zu veranschlagen.

Ziffer 4: Für Lokomotivschuppen mit Standlängen von 21—23 m sind die Kosten einschl.

Löschgruben, Wasserleitungen, Entwässerungsanlagen mit 8000—12000 Mk., für einen Stand oder 70—85 Mk. für 1 qm zu veranschlagen.

Kohlenbansen mit Kohlenbühne, Ladekran und allem Zubehör kosten 10—12 Mk. für 1 qm.

1 Wasserbehälter 200 cbm mit Turm, Gebäude und maschinellen Einrichtungen kostet 50000 Mk.

Lokomotivdrehmaschinen von 16—22 m Durchmesser kosten einschl. Grube 25000—36000 Mk. für 1 Stück.

Löschgruben außerhalb der Gebäude kosten 1800 Mk. für 1 Stück oder 80 Mk. für 1 lfd. m.

Ziffer 5: Wagenschuppen nebst Schiebebühnen sind mit 12 Mk. für 1 cbm umbauten Raumes oder 70—85 Mk. für 1 qm Grundfläche zu veranschlagen.

Ziffer 6 Für Dienst- und Wartebuden aus Eisenfachwerk auf den Bahnsteigen, sowie für Weichensteller- und Pförtnerbuden sind einschl. der inneren Einrichtung für das Stück 400—5500 Mk. zu rechnen.

1 Abortgebäude mit Einrichtung kostet 2000—5000 Mk.

1 massives Übernachtungsgebäude kostet 18—20 Mk. für 1 cbm.

Ziffer 7: 1 lfd. m Kranwasserleitung kostet 15 Mk.

1 Wasserkran mit Grube kostet 2000 Mk.

1 lfd. m Trinkwasserleitung kostet 1,8—2,50 Mk.

- Ziffer 8: Die Preise für die Straßenbefestigung sind aus Titel IV zu entnehmen.
 Aufbruch und Wiederherstellung von Pflaster unter Wiederverwendung alten Materials kostet 4 Mk. für 1 qm.
 Entwässerung der Bahnhoofsfläche kostet 10—15 Mk. für 1 a.
 1 Schmutzwasserleitung nebst Zubehör kostet 1,8—2,20 Mk. für 1 lfd. m.
 Einfriedigung der Bahnhoofsfläche kostet 5—8 Mk. für 1 lfd. m.
 1 eisernes Tor, 15 m breit, kostet 2500 Mk.
- Ziffer 9: Für lose Ausstattungsgegenstände sind 1—2% der Ziffern 1 bis 8 zu rechnen.
- Ziffer 10: Die Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb ist mit 1—3% der Ziffern 1 bis 9 anzusetzen.

Zu Titel XI.

Die Gebäude und der Oberbau sind nach den in den Titeln VII und X mitgeteilten Preisen zu veranschlagen.

Die Kosten der Ausrüstung sind durch Sonderanschläge zu ermitteln.

Für die Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb sind 2% der Ziffern 1 bis 4 zu rechnen.

Zu Titel XII.

Die Kosten dieses Titels sind auf Grund von Sonderanschlägen zu ermitteln.

Zu Titel XIII.

Die Beträge für Ziffer 1 und 2 sind nach den Verhältnissen des einzelnen Baues von Fall zu Fall besonders zu berechnen.

Für andere unvorhergesehene Kosten sind je nach dem Umfange und der Schwierigkeit der gesamten Bauausführung etwa 6—10% der ganzen Anschlagssumme (Titel I bis XII) zu rechnen.

Zu Titel XIV.

Die Kosten für die Verwaltung und für Dienstgutfrachten mit Ausnahme der Kosten für Arbeitszüge belaufen sich auf:

- 12% der Bausumme bei neuen Bahnen;
- 5% bei Herstellung zweiter und weiterer Geleise;
- 4% bei Einrichtung elektrischer Zugförderung und dem Bau bahneigener Wohnungen;
- 5% bei Grunderwerb für Nebenbahnen, wenn die Beteiligten an Stelle der Hergabe des Grund und Bodens eine Grunderwerbspauschale zahlen, und auch bei sonstigem Grunderwerb;
- 7% bei allen sonstigen Bauausführungen;
- $\frac{1}{4}$ % bei Beschaffung von Fahrzeugen und dem Bau von Arbeiterwohnungen aus Mitteln der Arbeiterpensionskassen.

In den vorstehenden Sätzen sind die aus Anlaß des Grunderwerbs gemäß Titel I Ziffer 4 entstehenden Kosten nicht mit abgegolten, sie werden aus den bei Titel I, 4 veranschlagten Mitteln der Betriebsverwaltung besonders erstattet.

Für die Kosten etwaiger Arbeitszüge (Ziff. 2), die der Betrieb für Neubauten der eigenen Verwaltung stellt, sind für 1 Lokomotivkm 1 Mk. zu bezahlen. Die Mindestentschädigung beträgt 60 Mk. für den Tag, wenn der Arbeitszug durch eine nur für diesen Zweck in Dienst gestellte Maschine befördert wird¹⁾.

¹⁾ Näheres siehe Dienstgutbeförderungsordnung.

Beispiel für die Aufstellung eines Kostenanschlages.

Reichsbahndirektion Berlin.

Kostenanschlag.

für den Bau einer zweigleisigen Hauptbahn von M nach B.

Teilstrecke von Station 15 bis Station 170.

Aufgestellt
Berlin, im Januar 1923.
Reichsbahndirektion.
N. N.

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
I			Titel I.				
	1	78750	q ^m fiskalisches Forstland ohne Geldentschädigung zu erwerben.				
		124400	q ^m Holzung zu erwerben				
			für 1 q ^m —,80 Mk.	99520	—		
		113400	q ^m Wiesenland zu erwerben				
			für 1 q ^m 1,05 Mk.	119070	—		
		382800	q ^m Ackerland zu erwerben				
			für 1 q ^m 1,35 Mk.	516880	—		
		2500	q ^m Gartenland zu erwerben				
			für 1 q ^m 2,20 Mk.	5500	—	740970	—
	2		Für Nebenentschädigungen wie Entschädigungen für Wirtschafterschwerungen, Wasserentziehungen und andere Durchschneidungsnachteile sowie für Benachteiligung der Anlieger	60000	—		
			Für Kultur- und Nutzungsentschädigung sowie Entschädigungen für vorübergehende Benutzung von Grundstücken, für Zerstörung von Feldfrüchten, Bäumen usw.	15000	—	75000	—
	4		Für Steuern und persönliche Ausgaben, für Tagegelder und Reisekosten von fremden Kommissaren, von Sachverständigen, Richtern usw., für Prozeßkosten und sonstige gerichtliche Ausgaben			15000	—
	5		Für außerordentliche Ausgaben, Insgesamtkosten und zur Abrundung			25030	—
			Titel I zusammen			856000	—
II			Titel II.				
			Erdarbeiten, Fels- und Böschungsarbeiten sowie Futtermauern usw. zur Herstellung des Bahnkörpers einschl. der Wegübergänge usw. nebst den zur Ausführung erforderlichen Gerätschaften.				
	1		Für Freimachen der Linie, Rodungs- und Abräumungsarbeiten und für Bauwerke zur vorübergehenden Benutzung . . .			10000	—
	2	715000	cbm Sandboden und leichten Lehm Boden zur Herstellung des Bahnkörpers, der Wegerampen, Seitenwege usw. abzu-				
			Übertrag:			10000	—

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
			Übertrag:			10000	—
	3	2500	a Böschungen des Bahnkörpers, der Wegerampen und Seitenwege einzuebnen, mit Mutterboden zu bekleiden und zu besamen für 1 cbm 0,95 Mk.			679250	—
	4		Für besondere Befestigung der Böschung durch teilweise Pflasterung, teilweise Faschinierung, Herstellung von Rigolen in Einschnitten usw.			62500	—
	5		Für Unterhaltung des Bahnkörpers usw. bis zur Übernahme durch den Betrieb			11000	—
	6		Sonstige Ausgaben für Ausmauerung von Seitengräben, Beseitigung von Rutschungen, Verlegung und Unterhaltung von Wegen, Wiederherstellungsarbeiten bei Zerstörungen durch höhere Gewalt			7000	—
						20250	—
			Titel II zusammen			790000	—
			Titel III.				
III			Einfriedigungen ausschl. derjenigen der Bahnhöfe und Haltepunkte.				
	1	3000	m Einfriedigung und Hecken auf freier Strecke herzustellen für 1 m 2,50 Mk.			7500	—
	2	1000	m Schneeschutzanlagen herzustellen für 1 m 3,50 Mk,	3500			
			Für Feuerschutzanlagen	10000		13500	—
	3		Für Anpflanzungen von Bäumen und Sträuchern auf den Böschungen des Bahnkörpers und in Schachtgruben, 15,5 km für 1 km 400 Mk.			6200	—
	4		Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb			2800	—
			Titel III zusammen			30000	—
			Titel IV.				
IV			Wegeübergänge einschließlich der Unter- u. Überführungen von Wegen und Eisenbahnen nebst allem Zubehör.				
	1		Wegeübergänge in Schienenhöhe:				
	1a	300	qm Fußsteigbefestigung durch Mosaikpflaster für 1 qm 4,— Mk.	1200	—		
		1600	qm Chaussierung der Rampen der Chaussee von N. nach A. (Bauwerk Nr. 17) in Station 114 ⁺³⁸ für 1 qm 5,— Mk.	8000	—		
		1850	qm Pflaster der Verbindungschausee von A. nach der Kreischausee von N. nach A. und auf den Überführungen für 1 qm 10,— Mk.	18500	—		
		340	m Bordkanten der Wege für 1 m 6,— Mk.	2040	—	29740	—
	1b	1600	Stück Prellsteine für die Wegerampen der Überführungen einschl. Verbindung der Steine durch Gasrohrgeländer für 1 Stück 5,50 Mk.			8800	—
			Übertrag:			38540	—

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
			Übertrag:			38540	—
	1d		Für unvorhergesehene Fälle, teilweise Befestigung der übrigen Wegerampen durch Kies, Schlacken oder Lehm usw.			6500	—
	2		Seitenwege:				
	2a		Für teilweise Befestigung der Seitenwege durch Aufbringen von Kies, Schlacken oder Lehm			6000	—
	2b	47,0	m Rohrdurchlässe 60 cm Ø in den Seitenwegen zu verlegen, für 1 m 80,— Mk.			3760	—
	2c		Für unvorhergesehene Fälle			1000	—
	3		Wegeunter- und überführungen:				
			Bauwerk Nr. 4: Unterführung des öffentlichen Weges von P. nach N. L. in Station 23 ⁺⁴⁰ .				
		800	cbm Mauerwerk der Widerlager und Flügel einschl. Werksteine, Abdeckplatten und sämtlicher Nebenarbeiten (auch Erdarbeiten) für 1 cbm 30,— Mk.	24000	—		
		53	t Eisen der Überbauten zu beschaffen, aufzustellen und zu streichen für 1 t 320,— Mk.	16960	—		
		20	m eisernes Geländer wie vor für 1 m 12,— Mk.	240	—		
			Für Gerüste, Entwässerungsanlagen sowie unvorhergesehenes und zur Abrundung	1800	—	43000	—
			Bauwerke Nr. 5, 6, 7 usw. (jedes wie vorstehend veranschlagt) zusammen			617000	—
	4		Für Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb, sowie für Entschädigung der Wegebaupflichtigen für die Übernahme der infolge Veränderung der Wegeanlagen vermehrten Unterhaltungslast			14200	—
			Titel IV zusammen			730000	—
			Titel V.				
			Durchlässe und Brücken.				
	1		Rohrdurchlaß in Station 15 ⁺⁰ 0,60 m Ø einschl. der Häupter an den Böschungen, 40 m lang für 1 m 80,— Mk.	3200	—		
			Rohrdurchlässe in Station 17 ⁺¹⁰ usw. (jeder besonders veranschlagt) zusammen	19690	—	22890	—
			Bauwerk Nr. 9: Gewölbte Brücke über den Amtsgraben 10,0 m l. W. mit eingebautem 4,0 m breitem Weg.				
		720	cbm Mauerwerk der Widerlager und Flügel einschl. Erdarbeiten, Abdeckplatten usw. und sämtlicher Nebenarbeiten für 1 cbm 30,— Mk.	21600	—		
		100	cbm Gewölbemauerwerk einschl. der Dichtungs- und Abdekarbeiten für 1 cbm 45,— Mk.	4500	—		
		28	m Geländer zu liefern, aufzustellen und zu streichen für 1 m 12,— Mk.	336	—		
		300	qm Spundwand herzustellen einschl. Nebenarbeiten für 1 qm 20,— Mk.	6000	—		
			Für Gerüste usw. sowie für unvorhergesehenes und zur Abrundung	2564	—	35000	—
			Übertrag:			57890	—

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
			Übertrag:			57 890	—
	3		Bauwerk Nr. 10 u. 12 (jedes besonders wie vorstehend veranschlagt) zusammen			138 000	—
			Unterhaltung der Bauwerke bis zur Übernahme durch den Betrieb und zur Ab- rundung mit Rücksicht auf noch er- forderliche Durchlässe			14 110	—
			Titel V zusammen			210 000	—
VI			Titel VI. Tunnel. Fehlt!				
VII			Titel VII. Oberbau der freien Strecke, der Bahnhöfe und Haltepunkte.				
	1	53 000	cbm Steinschlag für die Hauptgleise und für die Weichen zu beschaffen und bis zur Verwendungsstelle zu befördern				
			für 1 cbm 7,50 Mk.	397 500	—		
		14 800	cbm Kies für die Nebengleise usw., sonst wie vor				
			für 1 cbm 3,50 Mk.	51 800	—		
		12 000	cbm Altkies für die Unterbettung des Steinschlages zu beschaffen und an der Verwendungsstelle zu entladen				
			für 1 cbm 1,20 Mk.	14 400	—	463 700	—
	2	31 475	m Hauptgleise (einschl. Überholungsgleise) aus neuen Schienen Form 8 $\frac{Br + 24 E}{15}$				
			einschl. Schwellen und Kleineisenzeug zu beschaffen und nach der Verwen- dungsstelle zu befördern				
			für 1 m 29,— Mk.	912 775	—		
		2020	m Nebengleise aus altbrauchbaren Schienen Form 6, sonst wie vor,				
			für 1 m 16,— Mk.	32 320	—	945 095	—
	3	17	Stück neue einfache Weichen 1 : 9 Form 8a mit Federzungen zu beschaffen und bis zur Verwendungsstelle zu befördern				
			für 1 Stück 1810,— Mk.	30 770	—		
			usw. zusammen	25 800	—	56 570	—
	4a	225 000	qm Planum nachzuarbeiten und die Bettung aus Steinschlag oder Kies für die Gleise und Weichen bis Unterkante Schwelle auszubreiten				
			für 1 qm 0,30 Mk.	67 500	—		
		185 000	qm Planum vor Aufbringen der Steinschlag- bettung mit einer 10 cm starken Schicht aus Altkies zu überdecken				
			für 1 qm 0,10 Mk.	18 500	—		
		33 460	m Gleise aus neuen oder altbrauchbaren Stoffen zu verlegen einschl. Einbringen der Bettungsstoffe				
			für 1 m 1,75 Mk.	58 555	—	144 555	—
	4b	17	Stück einfache Weichen zu verlegen einschl. Einbringen der Bettungsstoffe				
			für 1 Stück 95,— Mk.	1 615	—		
			usw. zusammen	1 420	—	3 035	—
			Übertrag:			1612 955	—

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
			Übertrag:			1 612 955	—
	4c		Für Anlagen von Sickerkanälen			1 000	—
	5	1	Stellwerksgebäude (Nr. 1) als Anbau an das Empfangsgebäude des Bahnhofs A., rund 200 cbm umbauten Raumes herzustellen einschl. der inneren Ausstattung für 1 cbm 22,— Mk.	4 400	—		
		1	Stellwerksgebäude (Nr. 2) auf Bahnhof A., rund 200 cbm umbauten Raumes herzustellen wie vor, für 1 cbm 22,— Mk.	4 400	—		
		1	Stellwerksgebäude (Nr. 3) als Anbau an das Empfangsgebäude des Bahnhofs S., rund 200 cbm umbauten Raumes herzustellen wie vor, für 1 cbm 22,— Mk.	4 400	—		
		28	Stück Weichen und Signalhebel usw. einschl. der erforderlichen Drahtzüge, Umlenkungen, Spannwerke, Verschlüsse und Abhängigkeiten, für 1 Stück 1200,— Mk.	33 600	—		
		2	zweiflügelige Hauptsignale zu beschaffen und aufzustellen für 1 Stück 500,— Mk.	1 000	—		
		10	einflügelige Hauptsignale desgl. für 1 Stück 350,— Mk.	3 500	—		
		6	Vorsignale desgl. für 1 Stück 270,— Mk.	1 620	—		
		1	Gleissperre mit Signal zu beschaffen und anzubringen für 1 Stück 180,— Mk.	180	—	53 100	—
	6		Für Beschaffung und Instandhaltung der Arbeitsgeräte usw.			2 000	—
	7		Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb			9 000	—
	8		Für Unvorhergesehenes sowie zur Abrundung			33 945	—
			Titel VII zusammen			171 200	—
VIII			Titel VIII. Elektrische Zugförderung. Fehlt!				
IX			Titel IX. Fernmeldeanlagen, Wärter- wohnungen und Abteilungszeichen.				
	1a	15,5	km Telegraphengestänge mit 6 Leitungen und allem Zubehör zu beschaffen und aufzustellen für 1 km 1600,— Mk.			24 800	—
	1b	5	Morsewerke zu beschaffen und aufzustellen für 1 Stück 300,— Mk.	1 500	—		
		10	Fernsprecher zu beschaffen und einzuschalten für 1 Stück 200,— Mk.	2 000	—		
		30	Blockfelder nebst allem Zubehör für 1 Stück 350,— Mk.	10 500	—		
		10	Gleiskontaktanlagen mit allem Zubehör, Kabel, isolierte Schienenstrecke usw. für 1 Stück 800,— Mk.	8 000	—		
		6	Läutewerke zu beschaffen und aufzustellen für 1 Stück 250,— Mk.	1 500	—		
			Für Kabelschränke, Batterieschränke, Batterien, Blitzableiter usw.	6 500	—	30 000	—
			Übertrag:			54 800	—

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
			Übertrag:			54 800	—
	2		Für 1 Blockbude und 3 Fernsprechbuden auf freier Strecke einschl. der inneren Ausrüstung			5 200	—
	3		Für akustische Signale, Signalhörner und Mundpfeifen für das Bahnbewachungspersonal, Knallkapseln, Patronentaschen usw.	700	—		
	1		Draisine, 6sitzig und mit 4 Sitzen für die bewegenden Arbeiter	3 000	—		
	3		Bahnmeisterwagen, für 1 Stück 1500,— Mk.	4 500	—		
	1		Bahnmeisterfahrrad	500	—	8 700	—
	4		Für Kilometer- und Nummersteine, Neigungs- und Krümmungszeiger, Zeichen für Dienstgrenzen usw.			5 000	—
	5		Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb			1 300	—
			Titel IX zusammen			75 000	—
			Titel X.				
X			Bahnhöfe und Haltepunkte nebst allem Zubehör an Gebäuden ausschl. Bahnkörper, Gleis- und Werkstattsanlagen.				
			Nr. 1. Bahnhof A.				
	1		2 Dienstwohngebäude für 3 mittlere Beamte, je rd. 1400 cbm groß, 2 · 1400 = 2800 cbm für 1 cbm 18,— Mk.	50 400	—		
			2 Stallgebäude für die Dienstwohngebäude, je 35 qm groß, 2 · 35 = 70 qm Grundfläche für 1 qm 80,— Mk.	5 600	—	56 000	—
	2		1 zweigeschossiges Empfangsgebäude mit Dienst- und Warteräumen im Erdgeschoß und 2 Wohnungen für den Bahnhofswirt bzw. den Bahnhofsvorsteher im Obergeschoß von 3000 cbm umbauten Raumes für 1 cbm 22,— Mk.	66 000	—		
			1 Abortgebäude am Empfangsgebäude, rund 35 qm Grundfläche, für 1 qm 80,— Mk.	2 800	—		
			Für innere Ausstattung des Empfangsgebäudes, der Wartehalle und der Aborte	5 000	—		
	220		m Kantenmauern für den 0,38 m über S.O. hohen Bahnsteig, einschl. Abdeckung mit Granitbordsteinen für 1 m 12,— Mk.	2 640	—		
	1000		qm Bahnsteigfläche mit Schlacken, Kies und Lehm zu befestigen, einschl. Lieferung der Stoffe, für 1 qm 2,— Mk.	2 000	—		
			1 Personenübergang mit Gepäckfahrbahn aus Bohlenbelag bzw. Pflaster aus Schlacke, Lehm und Kies, 220 qm, herzustellen einschl. Lieferung zweier Schranken für den Übergang für 1 qm 4,— Mk.	880	—	79 320	—
			Übertrag:			135 320	—

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
			Übertrag:			135 320	—
	3	1	Güterschuppen von rd. 130 qm Grundfläche als Anbau an das Empfangsgebäude herzustellen einschl. der inneren Einrichtung und Beleuchtung für 1 qm 80,— Mk.	10 400	—		
		1	Laderampe mit Umfassungsmauern von rund 230 qm Grundfläche herzustellen für 1 qm 15,— Mk.	3 450	—		
		1	Abortgebäude an der Rampe, rd. 25,0 qm Grundfläche für 1 qm 80,— Mk.	2 000	—		
		1	fahrbare Viehladerampe anzuliefern . . .	150	—		
			Für einen kleinen Viehhof zwischen Rampe und Güterschuppen	400	—		
		1	Lademaß anzuliefern und aufzustellen . . .	100	—		
		1	Zentesimalwaage ohne Gleisunterbrechung zu beschaffen und aufzustellen einschl. Mauerwerk	7 000	—	23 500	—
	6	1	Aufenthaltsgebäude für Bahnunterhaltungsarbeiter u. Betriebsarbeiter, rd 250 cbm für 1 cbm 16,— Mk.	4 000	—		
		1	Geräteschuppen zur Unterbringung von Feuerlöschgeräten usw. von 25 qm Grundfläche für 1 qm 75,— Mk.	1 875	—		
		5	Brunnen herzustellen für 1 Stück 600,— Mk.	3 000	—		
			Für einen Petroleumkeller	2 000	—		
			Für Müllgruben, Dunggruben u. dgl. . . .	5 000	—	15 875	—
	7b		Für Beleuchtung, einschl. Lichtmaste, Leitungen, Lampen und Zubehör	4 000	—		
	7d		Für äußere Ausrüstung des Bahnhofs, Bahnhofsuhren, Schilder, Prellböcke, Merkmale usw.	4 000	—	8 000	—
	8		Für Entwässerungsanlagen usw.	3 000	—		
		400	m Bahnhofsinfriedigung aus Drahtgeflecht und starken, eisernen Pfosten herzustellen für 1 m 5,— Mk.	2 000	—		
		350	m Gitter seitlich der Bahnsteiggleise zu beschaffen und aufzustellen für 1 m 7,50 Mk.	2 625	—		
		1	eisernes Tor mit gemauerten Pfeilern zum Abschluß der Zufuhrstraße zu beschaffen und aufzustellen	1 875	—		
		4500	qm Zufuhr- und Ladestraße mit polygonalen Spaltsteinen zu pflastern, einschl. der Bordkanten, für 1 qm 9,50 Mk.	42 750	—		
			Für Pflanzungen und Gartenanlagen . . .	1 000	—	53 250	—
	9		Für Feuerlöschgerätschaften und sonstige Geräte			1 000	—
	10		Für Unterhaltung der Anlagen bis zur Übernahme durch den Betrieb			3 055	—
			Bahnhof A. zusammen			240 000	—
			Nr. 2. Bahnhof S. usw.				
			Zusammenstellung.				
			Bahnhof A			240 000	—
			Bahnhof S			245 000	—
			Titel X zusammen			485 000	—

Titel	Ziffer	Anzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
				im Einzelnen		im Ganzen	
				Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
			Titel XI. Werkstattsanlagen. Fehlt!				
			Titel XII. Außerordentliche Anlagen. Fehlt!				
			Titel XIII. Insgemein.				
XIII	1		Für vorübergehende Bauausführungen . . .			20 000	—
	2		Für Wiederherstellung einzelner Bauwerke bei Zerstörung oder Beschädigung durch höhere Gewalt, für nicht zu deckende Verluste an Baustoffen usw.			30 000	—
	3		Für anderweite unvorhergesehene Kosten und zur Abrundung			31 200	—
			Titel XIII zusammen			362 000	—
			Titel XIV. Verwaltungs- und Frachtkosten.				
XIV	1		An Verwaltungskosten rd. 12% der Aus- gaben der Titel I bis XIII: $\frac{5\,250\,000 \cdot 12}{100} = 630\,000$			630 000	—
			Titel XIV zusammen			630 000	—
			Zusammenstellung:				
			Titel I. Grunderwerb			856 000	—
			„ II. Erdarbeiten			790 000	—
			„ III. Einfriedigungen			30 000	—
			„ IV. Wegeübergänge			730 000	—
			„ V. Brücken und Durchlässe			210 000	—
			„ VI. fehlt			—	—
			„ VII. Oberbau			1 712 000	—
			„ VIII. fehlt			—	—
			„ IX. Fernmeldeanlagen			75 000	—
			„ X. Bahnhöfe			485 000	—
			„ XI. fehlt			—	—
			„ XII. fehlt			—	—
			„ XIII. Insgemein			302 000	—
			„ XIV. Verwaltungs- und Frachtkosten .			630 000	—
			Zusammen			5 880 000	—
			Demnach für 1 km $\frac{5\,880\,000}{15,5} =$ rd. 380 000 Mk.				

2. Die Betriebskosten.

Auf S. 111 sind die Gesamtausgaben eines Eisenbahnunternehmens in die drei Gruppen der Kapitalkosten, der Ausgaben für die oberste Verwaltung und der Betriebskosten unterteilt. Solche Ausgabenrechnungen werden je nach dem Zweck, für den sie bestimmt sind, nach verschiedenen Grundsätzen aufgestellt werden, sie werden anders ausfallen müssen bei Kostenberechnungen, die zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines neuen, erst geplanten Unternehmens dienen, als bei solchen für bestehende Bahnen, wo sie einen Teil des Wirtschaftsplanes bilden.

a) Aufstellung der Betriebsausgaben für Ertragsberechnungen.

Uns werden hier nur die Kostenaufstellungen für Ertragsberechnungen neuer Bahnen beschäftigen. Bei diesen steht meist die Form des Unternehmens und die Art der Geldbeschaffung noch nicht fest, eine Trennung zwischen festverzinslichen Anleihe- oder Obligationswerten und solchen mit Gewinnanteilen ist meist nicht möglich. Deshalb empfiehlt es sich, bei der Ermittlung der Kapitalkosten die Beträge für die Verzinsung des Anlagekapitals ganz auszuschneiden und nur mit den Tilgungsbeträgen, den Rücklagen und den Abschreibungen zu rechnen und dann aus der Ertragsberechnung festzustellen, wie hoch sich das gesamte Anlagekapital verzinst. Die jährlichen Aufwendungen für den Kapitaleinsatz mit Ausnahme der Zinsen können bei Privatbahnen zu etwa 1,40 % des Anlagekapitals angenommen werden.

Die Ausgaben für die oberste Verwaltung, die zweite Gruppe unserer Kosteneinteilung, können mit 2 bis 3 % der Betriebsausgaben in Ansatz gebracht werden, wenn Unterlagen für eine genauere Berechnung nicht zur Verfügung stehen.

Zeitraubender und schwieriger ist die Ermittlung der eigentlichen Betriebskosten. An Hand eines Betriebsplanes lassen sich der Zugverkehr und hieraus auch der Bedarf an Personal sowie die Sachaufwendungen feststellen. Die Ausgaben werden zweckmäßig nach Titeln und Ziffern geordnet. Hierfür kann die nachstehende Übersicht als Anhalt dienen:

A. Persönliche Ausgaben.

Titel I: Besoldungen, Wohnungsgeldzuschüsse der planmäßigen Beamten. Es empfiehlt sich der besseren Übersicht wegen diese Aufwendungen zu trennen nach Aufsichtspersonal und Stations-, Lokomotiv- und Zugbegleitpersonal.

Titel II: Gehälter der festangestellten Bediensteten, die wie bei Titel I zu unterteilen sind.

Titel III: Bezüge der ohne feste Anstellung verwendeten Bediensteten: Bahnagenten, Betriebsarbeiter.

Titel IV: Reise- und Umzugskosten.

Titel V: Sonstige Nebenbezüge: Aufwandsentschädigungen, Zulagen, Prämien, Belohnungen, Ersatzgelder.

Titel VI: Wohlfahrtseinrichtungen: Unterstützungen, Zuschüsse zu den Krankenkassen, zu den Pensionskassen, gesetzliche Beiträge auf Grund der Sozialversicherung, Kosten der Beamten-, Angestellten- und Arbeitervertretungen, Kosten für Fort- und Ausbildung der Bediensteten.

B. Sachliche Ausgaben.

Titel VII: Unterhaltung und Ergänzung der Ausstattungsgegenstände, Beschaffung der Betriebsstoffe: Dienstkleidung und sonstige Ausstattungsgegenstände; Drucksachen, Schreib- und Zeichenwaren; Kohlen, Koks; sonstige Betriebsstoffe; Bezug von Wasser, Gas, Elektrizität.

Titel VIII: Unterhaltung der baulichen Anlagen: Löhne der Bahnunterhaltungsarbeiter, Beschaffung der Baustoffe auf Vorrat, sonstige Ausgaben.

Titel IX: Unterhaltung der Fahrzeuge und der maschinellen Anlagen: Löhne der Werkstättenarbeiter, Beschaffung der Werkstoffe auf Vorrat, sonstige Ausgaben.

Titel X: Benutzung fremder Bahnanlagen und Dienstleistungen Dritter: Vergütungen für etwa gepachtete Strecken, für Mitbenutzung von Bahnhöfen, Bahnstrecken oder sonstiger Anlagen, für Dienstleistungen fremder Beamten oder Verwaltungen.

Titel XI: Benutzung fremder Betriebsmittel: Miete und Leihgeld für Lokomotiven sowie für Wagen.

Titel XII: Steuern, Abgaben, Entschädigungen: Steuern, Stempelkosten und öffentliche Abgaben aller Art; Leistungen nach dem Haftpflichtgesetz, Entschädigungen für verlorene, verdorbene- oder beschädigte Sendungen sowie Lieferfristüberschreitungen, sonstige Ersatzleistungen.

Titel XIII: Verschiedene Ausgaben: Entschädigungen für Benutzung fremder Grundstücke; Post-, Telegraphen- und Fernsprechgebühren an die Reichspostverwaltung; Bekanntmachungen, Gerichtskosten, Versicherungsprämien; Kosten des Geldverkehrs mit Banken, Kursverluste; Werbungskosten; sonstige unvorhergesehene Ausgaben.

Zu den verschiedenen Ausgabetiteln ist im einzelnen zu bemerken:

Zu A. Persönliche Ausgaben.

Die Ausgaben zu den Titeln I bis V werden sich ohne Schwierigkeiten auf Grund der Personalmachweisung und der bei anderen Bahnen für diese Zwecke gezahlten Beträge ermitteln lassen.

Für Titel VI, Wohlfahrtseinrichtungen, können bei Staatsbahnen 6—7% und bei Privatbahnen 4% der gesamten Betriebsausgaben angenommen werden.

Zu B. Sachliche Ausgaben.

Es ist schwer, einen einwandfreien Maßstab für die Berechnung der sachlichen Ausgaben zu finden. Man pflegt sie in der Eisenbahnstatistik auf 1 km durchschnittliche Betriebslänge, auf 1000 Lokomotivnutzkilometer, auf 1000 Wagenachskilometer aller Art und schließlich auch auf Zugkilometer zu beziehen. Alle diese Angaben sind für die Betriebskostenberechnungen wertvoll, einmal wird der eine, einmal der andere Maßstab die zuverlässigeren Angaben bieten. Die Beziehung der einzelnen Kostenbestandteile auf die Betriebslänge, d. h. die Eigentumslänge ohne die verpachteten, aber mit den gepachteten und in Mitbetrieb genommenen Strecken, bietet meist keine Schwierigkeiten, weil die Betriebslänge einer Bahn einfach festzustellen ist. Dagegen setzt die Zurückführung auf Lokomotivnutz-km, Wagenachs-km und Zug-km einige Zwischenrechnungen voraus, weil uns durch die Verkehrserhebungen S. 104 nur Verkehrsleistungen, d. s. Personen und Gütertonnen, Personen-km und Tonnen-km gegeben sind, also nur reine Nutzleistungen. Bei der Ausführung der Verkehrsakte muß aber die Arbeit für die tote Last der Fahrzeuge, für Leerfahrten der Lokomotiven, für den Verschiebedienst auf den Bahnhöfen und für andere Nebenleistungen mit verrichtet werden, die als Betriebsleistungen den Verkehrsleistungen gegenübergestellt werden. Diese betrieblichen Aufwendungen verursachen die Kosten, deshalb müssen die Betriebsleistungen aus den Verkehrsleistungen ermittelt werden. Hierzu können die nachstehenden statistischen Angaben der preußischen Staatsbahnen im Durchschnitt der Jahre 1911 bis 1913 dienen:

Güterzugdienst:

Auf 1 beladene Achse eines offenen Güterwagens entfällt eine Nutzlast von 5,85 t¹⁾,

auf 1 beladene Achse eines gedeckten Güterwagens entfällt eine Nutzlast von 1,01 t²⁾.

¹⁾ Risch: Größere Umladeanlagen für den Frachtstückgutverkehr. Verkehrstechnische Woche 1918, S. 42, Übersicht 3.

²⁾ Wie vor, Übersicht 5.

Das Verhältnis der leeren Güterwagen zu den beladenen beläuft sich auf 1 : 2,4 für Hauptbahnen und 1 : 2 für normalspurige Nebenbahnen¹⁾.

Das Eigengewicht einer Güterwagenachse beträgt 4,5 t.

Aus diesen statistischen Angaben für den Güterzugverkehr ergibt sich folgendes:

Man kann mit hinreichender Genauigkeit annehmen, daß die offenen Wagen dem Wagenladungsverkehr, die gedeckten Wagen dem Stückgutverkehr dienen. Ist die Zahl der täglich zu befördernden Nutztonnen im Wagenladungsverkehr zu N_w ermittelt, die im Stückgutverkehr zu N_s und die Zahl der Güterzüge, die täglich verkehren, zu z_g , so sind täglich zu befördern:

$$w_b = \frac{N_w}{5,85} + \frac{N_s}{1,01} \text{ beladene Güterwagenachsen,}$$

$$w_l = \frac{w_b}{2,4} \text{ bzw. } \frac{w_b}{2} \text{ leere}$$

dazu für jeden Zug 2 Gepäckwagenachsen, also im ganzen täglich $w_b + w_l + 2z_g$ Wagenachsen.

Vervielfacht man diesen Betrag mit dem Wert, der sich aus dem bekannten Verhältnis der täglichen Nutztonnen-km zu den täglichen Nutztonnen ergibt, dann erhält man die tägliche Betriebsleistung in Wagenachs-km gemessen.

Die Rohlasten, die täglich zu befördern sind, ergeben sich aus den Nutzlasten $N = N_w + N_s$, den Eigengewichten der Güterwagenachsen $(w_b + w_l) \cdot 4,5$ t und dem Gewicht der Gepäckwagenachsen, die stets mit ihrem Betriebsgewicht von etwa 7,5 t für die Achse, also mit $2z_g \cdot 7,5$ t in Ansatz zu bringen sind. Hieraus ergibt sich die Gesamtrohlast $R_g = N_w + N_s + (w_b + w_l) \cdot 4,5 + 15 \cdot z_g$ Tonnen.

Aus den Wagenachs-km kann man die Betriebsleistungen auf Zug-km zurückführen, indem man mit der durchschnittlichen Achsenzahl eines Zuges teilt. Ist diese nicht gegeben, so kann man sie für Güterzüge der Hauptbahnen zu rund 84 Achsen, für Güterzüge der Nebenbahnen zu rund 40 Achsen annehmen²⁾.

Personenzugdienst:

Die durchschnittliche Platzausnutzung belief sich bei den Personenwagen im Jahre 1921³⁾ auf 39 % und auf eine Personenwagenachse entfielen 18,6 Sitzplätze. Das Rohgewicht einer beladenen Personenwagenachse wird zu 7,5 t angenommen.

Ist die Zahl der täglich zu befördernden Personen P , so sind hierfür $\frac{P}{0,39}$ Sitzplätze und $\frac{P}{0,39 \cdot 18,6} = 0,138 P$ Personenwagenachsen erforderlich.

Hierzu treten noch für jeden Zug 2,7 Gepäckwagenachsen, wenn also täglich z_p Personenzüge verkehren, noch $2,7 z_p$ Achsen. Die Zahl der Wagenachs-km ergibt sich wie im Güterverkehr, wenn man die Personenwagenachsen mit dem Quotienten aus den täglich zu leistenden Personen-km und der Personenzahl P vervielfacht.

Die täglich zu fördernde Rohlast im Personenverkehr ergibt sich zu $R_p = (0,138 \cdot P + 2,7 z_p) \cdot 7,5 = 1,03 P + 20,3 \cdot z_p$ Tonnen.

¹⁾ Geschäftliche Nachrichten (Ausgabe 1913) der vereinigten preußischen und hessischen Staatsbahnen, Teil I, S. 47 u. 49.

²⁾ Geschäftliche Nachrichten (1913) S. 47 und 49.

³⁾ Geschäftsbericht der Reichsbahn 1921, S. 78.

Für die Zurückführung der Betriebsleistungen auf Zug-km ist es nur nötig, die Wagenachs-km mit der durchschnittlichen Achsenstärke der Personenzüge zu teilen. Nach der Statistik sind die Personenzüge der Hauptbahnen durchschnittlich 26 Achsen stark, die der Nebenbahnen 15 Achsen.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen zu den sachlichen Ausgaben ist noch im einzelnen anzuführen:

Zu Titel VII:

Für die Unterhaltung und Ergänzung der Ausstattungsgegenstände und Beschaffung aller Betriebsstoffe mit Ausnahme derjenigen für die Zugförderung (Lokomotivkohle, Schmiermittel, Speisewasser) können angesetzt werden nach dem Durchschnitt der Jahre 1909—1911 auf den preußisch-hessischen Staatsbahnen 2,97 Mk. für 1000 Wagenachs-km aller Art.

Die Beschaffung der Brennstoffe für die Lokomotiven hängt sehr von den Steigungs- und Krümmungsverhältnissen der Bahn ab. Einen zuverlässigen Maßstab für die Ermittlung des Stoffverbrauches bietet die auch für die Fahrplanbildung wichtige Zeit-Weglinie der Züge, worauf Müller zuerst hingewiesen hat¹⁾. Sie ist für Fahrten unter Dampf auch die Kohlenverbrauchslinie, man braucht daher nur die Zeitordinaten $\Sigma \Delta t$ der Zeit-Weglinie für die Fahrten unter Dampf mit einer Konstanten k zu vervielfachen, um den Kohlenverbrauch B_k in kg für die Fahrt zu erhalten, es ist $B_k = k \Sigma \Delta t$. Näheres über die Aufzeichnung der Zeit-Weglinie und Berechnung der Konstanten bringen die Aufsätze von W. Müller und der Band „Wirtschaft und Wirtschaftsführung“ der Handbibliothek für Bauingenieure.

Der Kohlenverbrauch auf Fahrten bei abgestelltem Dampf ist zu 0,5 kg für 1 Minute und 1 qm Rostfläche anzunehmen. Für das Anheizen einer Lokomotive und für ihre Fahrt vom Schuppen zum Zuge kann man je nach der Dauer 500 bis 900 kg, im Mittel also 700 kg, rechnen²⁾.

Der Verbrauch an Lokomotivspeisewasser W ergibt sich aus dem gesamten Lokomotiv-Kohleverbrauch B_k' , wenn man die Kohlenmenge mit der Verdampfungs-ziffer z vervielfacht und noch einen Zuschlag von 10% macht, um der Verwendung des Wassers zu anderen Zwecken als lediglich zur Kesselspeisung Rechnung zu tragen. Hiernach ist der Wasserverbrauch:

$$W = 1,1 \cdot B_k' \cdot z \text{ kg.}$$

$z = 6,75$ für Heißdampf und $z = 7,5$ für Naßdampf bei 12 Atm. Kesseldruck.

Der Schmierölverbrauch wächst mit der Länge der durchfahrenen Strecke und der Zahl der Wagenachsen. Nach statistischen Angaben der Reichsbahn beläuft sich der Ölverbrauch für 100 Lokomotiv-km auf 1,7 bis 2,1 kg, im Mittel also auf 2,0 kg, und weiter sind für 100 Wagenachs-km 30 bis 43 g, im Mittel also 40 g zu rechnen³⁾.

Beschaffenheit der Strecke	Art und Leergewicht der Triebwagen	Anhalten	Wagenfolge	Wstd. für 1 Triebwagen-km
Wagerecht mit sehr mäßigen Steigungen	Zweiachsig 14 Sitz- u. 14 Stehplätze Gew. 7000 kg	mäßig oft	mäßig dicht	420
Wagerecht mit mäßigen Steigungen	Zweiachsig 18 Sitz- u. 10 Stehplätze Gew. 7650 kg	oft	sehr dicht	500
wie vor	Vierachsig 24 Sitz- u. 10 Stehplätze Gew. 14250 kg	oft	sehr dicht	550
Längere Steigungen von 50 ‰	Zweiachsig 20 Sitz- u. 10 Stehplätze Gew. 8500 kg	oft	dicht	700

¹⁾ Müller, W.: Zeichnerische Ermittlung der Fahrzeiten und des Kohlenverbrauchs der Dampfzüge. Verkehrstechnische Woche 1922, Heft 10, 12, 26.

²⁾ Sanzin: Verkehrstechnische Woche 1910, S. 725.

³⁾ W. Müller a. a. O.

Die Preise für die Brennstoffe können mit 16 bis 18 Mk./t, für Wasser mit 0,04 bis 0,10 Mk./cbm und für Schmiermittel mit 0,5 Mk./kg in die Betriebskostenrechnung eingesetzt werden.

Bei elektrischer Zugförderung tritt an Stelle der Brennstoffe für die Lokomotivfeuerung und des Speisewassers der elektrische Strom. Der Arbeitsverbrauch ist für Städte-Verbindungs- und Überlandbahnen unter normalen Verhältnissen (keine großen Steigungen) zu etwa 30 bis 50 Wattstd./tkm, am Stromabnehmer gemessen, anzunehmen. Bei Stadtschnellbahnen beläuft sich der Stromverbrauch auf 50 bis 80 Wattstd./tkm einschl. Beleuchtung und auf Fern-Vollbahnen mit Einphasenstrom unter mittleren Verhältnissen auf etwa 25 bis 30 Wattstd./tkm, an den Unterwerktransformatoren gemessen¹⁾.

Für Straßenbahnen kann der mittlere Stromverbrauch einschließlich der Anfahrten aus vorstehender Zusammenstellung (S. 350) entnommen werden²⁾:

Zu Titel VIII:

Die Zahl der Köpfe im Bahnunterhaltungs- und Bahnbewachungsdienst belief sich auf den preußischen Bahnen im Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1911 auf 3,33 für 1 km Betriebslänge oder 0,60 für 100 000 Wagenachs-km. Aus diesen Angaben lassen sich die Zahl der Tagewerke und damit die Lohnkosten ermitteln.

Die sachlichen Aufwendungen für die Unterhaltung des Bahnweges (Gleis, Bettung, Brücken und Hochbauten) können mit 1827 Mk. für 1 km Betriebsstrecke oder 870 Mk. für 1 km Gleis in Ansatz gebracht werden.

Zu Titel IX:

Die Lohnausgaben für die Werkstättenarbeiter können mit 4,40 Mk. für 1000 Wagenachs-km veranschlagt werden oder mit 1 Tagewerk für 1000 Wagenachs-km. Die sachlichen Ausgaben belaufen sich nach der preußischen Eisenbahnstatistik im Durchschnitt der Jahre 1909 bis 1911³⁾ auf 2,90 Mk. für 1000 Wagenachs-km.

Zu Titel X und XI:

Die hier zu veranschlagenden Werte richten sich nach dem Umfang, in dem die Leistungen Dritter, ferner fremde Bahnanlagen und fremde Betriebsmittel benutzt werden. Die Ausgaben hierfür müssen von Fall zu Fall besonders ermittelt werden.

Zu Titel XII:

Die Aufwendungen für Steuern, Abgaben und andere öffentliche Lasten können nach dem Durchschnitt der Jahre 1910 bis 1913⁴⁾ bei Staatsbahnen zu 1,25%, bei Privatbahnen zu 1,6% der Betriebsausgaben in Rechnung gestellt werden.

Für Entschädigungen auf Grund des Haftpflichtgesetzes sind bei Staatsbahnen 0,46%, bei Privatbahnen 0,6% der Betriebsausgaben anzusetzen, für sonstige Ersatzleistungen etwa der gleiche Betrag.

Zu Titel XIII:

Die Aufwendungen für diesen Titel können mit 2 bis 3% der Betriebsausgaben berechnet werden.

Die Aufwendungen bei den einzelnen Titeln sind zum Teil in Hundertsätzen der Betriebsausgaben, zum Teil so angegeben, daß sich die Einzelausgaben ohne weiteres ermitteln lassen. Bezeichnet man die gesamten Betriebsausgaben mit B , die Hundertsätze der Anteile an den gesamten Betriebsausgaben mit $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ usw., die Einzelausgaben, deren Beträge sich ohne weiteres feststellen lassen, mit B_1', B_2', B_3' usw. bis B_n' Mk., so wird die gesamte Betriebsausgabe gebildet aus der Summe von

$$\frac{\beta_1 B}{100}, \frac{\beta_2 B}{100}, \dots, \frac{\beta_m B}{100}, B_1', B_2', \dots, B_n',$$

also wird

$$B = \sum_1^m \frac{\beta \cdot B}{100} + \sum_1^n B'.$$

¹⁾ Hütte II, 24. Aufl., S. 1205, 1207, 1210.

²⁾ Eisenbahntechnik der Gegenwart III. Unterhaltung und Betrieb. 2. Aufl., 2. Hälfte, S. 557.

³⁾ Geschäftliche Nachrichten 1913, S. 87.

⁴⁾ Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands für die Rechnungsjahre 1910 bis 1913.

Hieraus folgt:

$$B - \frac{B}{100} \sum_1^m \beta = \sum_1^n B'$$

$$B = \frac{100 \cdot \sum_1^n B_1}{100 - \sum_1^m \beta}$$

b) Aufstellung der Betriebsausgaben für Vergleichsrechnungen.

Die im Abschnitt a) mitgeteilte Kostenaufstellung verlangt die Ausarbeitung eines genauen Betriebsplanes und eine ganze Reihe von mühsamen Zwischenrechnungen. Kommen nun für die Anlage einer Bahn mehrere Linien in Frage, so würden die für die Beurteilung ihrer Wirtschaftlichkeit erforderlichen Betriebskostenrechnungen nach vorstehendem Plan sehr viel Arbeit verursachen. Es fragt sich daher, ob sich nicht für solche Vergleiche der Rechnungsgang vereinfachen läßt.

Tatsächlich liegen nun die Verhältnisse meist so, daß eine ganze Reihe von Kostenbestandteilen bei allen Vergleichslinien in gleicher Höhe wiederkehren und daher von vornherein bei den Vergleichsberechnungen ausgeschieden werden können. Dies gilt z. B. fast immer von den Personal- und Sachaufwendungen für die Bahnhöfe, weil diese meist Zwangspunkte für die Linienführung sind. Auch die Aufwendungen für die allgemeine Verwaltung werden von der Linienführung wenig beeinflusst, sodaß nur noch im wesentlichen die Ausgaben für die Bahnunterhaltung und Bahnbewachung, sowie für den Zugförderungsdienst übrigbleiben.

Die Bahnunterhaltungs- und Bahnbewachungskosten können genau genug proportional mit der Länge angenommen werden. Die Einheitskosten werden je nach der Gestaltung des Unterbaues, Zahl und Länge größerer Bauwerke, Halbmesser und Länge der Gleiskrümmungen, verschieden angesetzt werden müssen. Bezeichnet man die Jahreskosten der Bahnunterhaltung und Bahnbewachung für die verschiedenen Versuchslinien mit u_1, u_2, u_3 usw. Mk. für 1 km Bahn und die Längen der Linien mit l_1, l_2, l_3 usw. km, so sind die Jahresaufwendungen für diese Zwecke auf den Vergleichslinien

$$U_1 = u_1 l_1; \quad U_2 = u_2 l_2; \quad U_3 = u_3 l_3 \text{ usw.}$$

Die Zugförderungskosten sind abhängig von den Neigungs- und Krümmungsverhältnissen des Bahnweges, von der Geschwindigkeit der Züge und ihrer Auslastung. Sie lassen sich nicht so einfach darstellen wie die anderen Kostenbestandteile und man hat daher als Vergleichsmaß für die wirtschaftliche Beurteilung der zu untersuchenden Linien die „virtuelle Länge“ eingeführt. Darunter ist ganz allgemein die Länge einer gedachten Bahn von ganz bestimmten unveränderlichen Neigungs- und Krümmungsverhältnissen zu verstehen, die der gegebenen und zu untersuchenden Bahnlinie hinsichtlich ganz bestimmter Forderungen gleichwertig ist. Welche Forderungen hinsichtlich der Gleichwertigkeit zu stellen sind, hängt von dem Zweck ab, dem die Untersuchung dienen soll. Für die Aufstellung von Fahrplänen kann beispielsweise die Gleichheit der Fahrzeiten auf der gedachten und gegebenen Bahnlinie gefordert werden. Da uns an einem Vergleich hinsichtlich der Zugförderungskosten liegt, so werden wir mit Mutzner¹⁾ die virtuelle Länge einer gegebenen Linie als diejenige Länge einer

¹⁾ Mutzner: Die virtuellen Längen der Eisenbahnen. Zürich und Leipzig 1914.

gedachten wagerechten und geraden Bahn bezeichnen, auf der sich die Zugförderungskosten für eine Tonne Rohlast und die ganze Länge ebenso hoch stellen wie auf der gegebenen Linie mit ihren wechselnden Steigungen und Krümmungen.

Zu den Zugförderungskosten rechnen:

1. Der Kohlen- und Wasserverbrauch der Lokomotiven;
2. die von der Lokomotive herrührenden anteiligen Kosten an der Abnutzung des Oberbaues;
3. die Unterhaltungskosten für Lokomotive und Tender;
4. Anteil an der Verzinsung des Anlagekapitals für die Beschaffung der Lokomotiven und Tender;
5. Löhne des Lokomotivpersonals und die anteiligen Kosten des Werkstätten-dienstes;
6. die Ausgaben für Schmieren, Putzen und Beleuchten der Lokomotiven und Tender;
7. Löhne und Gehälter des Zugbegleitpersonals;
8. Unterhaltung der baulichen Anlagen für den Lokomotivdienst;
9. Anteilige Ausgaben für Druck-, Schreib- und Zeichenmaterialien;
10. Anteil an der Verzinsung des Anlagekapitals für die Beschaffung der Wagen;
11. Aufwendungen für die Unterhaltung und Ergänzung des Wagenparks;
12. Ausgaben für das Schmieren und Reinigen der Wagen;
13. Anteil der Wagen an der Oberbauabnutzung;
14. Anteile an den Verwaltungskosten.

In der vorstehenden Kostenzusammenstellung sind die Ausgaben 10 bis 13 und ein Teil der Ausgaben 14 nahezu unabhängig von den Neigungs- und Krümmungsverhältnissen der Bahn, sie sind vorwiegend eine Funktion der Länge und der Zahl der Fahrten und werden zweckmäßig nach Achs-km berechnet. Die übrigen Ausgabeposten dagegen richten sich sehr nach den Neigungs- und Krümmungsverhältnissen der Bahn, sie können mit Launhardt als die Kosten der Zugkraft bezeichnet werden. Bei näherer Betrachtung ergibt sich, daß ein Teil dieser Kosten, die unter 1 bis 3 aufgeführt sind, und ein Anteil der Kosten zu 4 sich mit der Größe der maschinellen Lokomotivzugkraft Z ändern, also durch die Beziehung $k_z \cdot Z$ ausgedrückt werden können, worin k_z einen festen Beiwert bedeutet. Die übrigen (5 bis 9 und Teile von 4 und 14) sind unabhängig von der Arbeitsleistung der Maschine, sie entstehen durch den Lokomotivdienst selbst und können mit k_0 bezeichnet werden. Als Maß für diese Zugkraftkosten ist das Zug-km zu wählen. Sind K die Zugkraftkosten in Pf. für 1 Zug-km, so wird

$$K = k_0 + k_z \cdot Z \text{ Pf.},$$

worin die Beiwerte k_0 in Pf. für 1 Zug-km, k_z in Pf. für 1 t Zugkraft und Zug-km, Z in Tonnen auszudrücken sind.

Nimmt man an, daß bei dem Vergleich verschiedener Linien die Stationen als Zwangspunkte gegeben und daher bei allen Linien ihre Zahl gleich groß ist, so können auch die Kosten für das Halten und Wiederanfahen bei obigen Kostenaufstellungen ausgeschieden werden und es bleiben dann nur noch die Aufwendungen während der Zugfahrt übrig. Geschieht das, dann können die Kosten K nach den Betriebsergebnissen bei den preußisch-hessischen Bahnen 1913 angenommen werden zu:

$$\begin{aligned} K &= 54,82 + 25 \cdot Z \text{ für Personenzüge,} \\ K &= 63,21 + 32 \cdot Z \text{ „ Güterzüge}^1). \end{aligned}$$

¹⁾ Lademann: Über Zugförderungskosten und virtuelle Längen. Dissertation, Braunschweig 1921. Die obigen Werte weichen von den in der Arbeit angegebenen insofern ab, als die Löhne und Gehälter für das Zugbegleitpersonal abhängig von den Neigungsverhältnissen und daher den Zugkraftkosten zugeschlagen sind. — Jacobi: Kritische Untersuchung der reinen Zugförderungskosten bei Verwendung von Heißdampf-lokomotiven. Dissertation, Braunschweig 1920.

Wenn man mit den vorstehenden Werten rechnet, so bedarf unsere Begriffsbestimmung der virtuellen Länge eine dahingehende Einschränkung, daß nicht die Zugförderungskosten, sondern die Zugkraftkosten im obigen Sinne der Berechnung zugrunde gelegt werden. Diese Kosten müssen für 1 t Rohlast und die virtuelle Länge ebenso groß werden wie auf der gegebenen Linie mit ihren wechselnden Neigungen und Krümmungen.

Nehmen wir an, daß diese gegebene Linie eine Linie gleichen Widerstandes ist, so arbeitet die Lokomotive auf der ganzen Strecke mit gleicher Anstrengung. Für eine bestimmte Geschwindigkeit V^x , die „vorteilhafteste Geschwindigkeit“, wird hierbei der Dampfverbrauch am kleinsten, die Lokomotive arbeitet in diesem Fall am wirtschaftlichsten. Dieser Geschwindigkeit entspricht auch eine vorteilhafteste Zugkraft Z^x , die für jede Lokomotivgattung leicht berechnet werden kann. Läßt die maßgebende Steigung der Strecke die Entwicklung der vorteilhaftesten Geschwindigkeit nicht zu, dann ändern sich die Zugkräfte für alle Lokomotivgattungen nach folgender Zahlenreihe¹⁾:

$\frac{V}{V^x} =$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
$\frac{Z}{Z^x} =$	2,34	1,96	1,7	1,5	1,35	1,22	1,1	1,0	0,9	0,825

Mit Hilfe dieser Zahlenreihe läßt sich die Zugkraft Z für jede Geschwindigkeit jeder Lokomotive berechnen. Die Zugkraft Z_s bei der Geschwindigkeit V_s auf der gegebenen Linie gleichen Widerstandes soll eine Rohwagenlast von Q_s Tonnen befördern können. Die Zugkraftkosten seien hierfür K_s Pf. für einen Zug-km. Dieselbe Lokomotive kann auf der geraden und wagerechten Vergleichslinie eine Zugkraft Z_h t bei einer Geschwindigkeit V_h entwickeln und damit Q_h t Rohlast befördern. Die Zugkraftkosten für die Beförderung dieser Zuglast auf 1 km Strecke seien mit K_h Pf. bezeichnet.

Diese Kosten sind nach Gleichung S. 353 zu

$$K_h = k_0 + k_z \cdot Z_h$$

anzunehmen und die auf der gegebenen Linie gleichen Widerstandes zu

$$K_s = k_0 + k_z \cdot Z_s.$$

Da die Werte k_0 , k_z , Z_h und Z_s bekannt sind, sind K_h und K_s daraus zu berechnen, und es wird sich weiter die Beziehung ergeben, daß

$$K_s = \gamma \cdot K_h$$

ist, wobei $\gamma \geq 1$ ist.

Die Kosten für die Beförderung von 1 t Rohlast auf 1 km Länge ergeben sich nun

$$\begin{aligned} \text{auf der geneigten Strecke zu } k_s &= \frac{K_s}{Q_s} \quad \text{und} \\ \text{„ „ „ virtuellen „ „ } k_h &= \frac{K_h}{Q_h}. \end{aligned}$$

Nimmt man die Länge der gegebenen Linie gleichen Widerstandes zu l km an, die virtuelle Länge der geraden und wagerechten Strecke zu l_v km, dann

¹⁾ Müller: Zeichnerische Ermittlung der Fahrzeiten. Verk. Woche 1922, Heft 10.

sollen nach unserer obigen Begriffsbestimmung die Zugkraftkosten auf der ganzen Beförderungsstrecke für 1 t Rohlast auf beiden Linien gleich groß werden, d. h. es muß

$$k_s \cdot l = k_h \cdot l_v$$

werden, woraus sich ergibt:

$$\frac{l_v}{l} = \frac{k_s}{k_h} = a,$$

a heißt auch der virtuelle Beiwert und sagt aus, wie sich die virtuelle Länge zur Länge der gegebenen Linie verhält.

Setzt man für k_s und k_h die obigen Werte ein, dann ergibt sich

$$a = \frac{l_v}{l} = \frac{k_s}{k_h} = \frac{Q_h \cdot K_s}{Q_s \cdot K_h} = \gamma \cdot \frac{Q_h}{Q_s}.$$

Mutzner und auch alle andern Autoren setzen $\gamma = 1$, nehmen also an, daß die Kosten auf der gegebenen Linie und auf der virtuellen Strecke für 1 Zug-km gleich groß sind. Diese Annahme trifft nur zu, wenn auf beiden Strecken die Lokomotive mit voller Auslastung und mit gleich großen Geschwindigkeiten arbeitet. Sie wird sich im praktischen Betrieb nur selten streng erfüllen lassen. Es werden im Güterzugverkehr weder die volle Auslastung der Züge noch die Geschwindigkeiten in den Steigungen erreicht werden können, die für die wagerechte virtuelle Strecke vorausgesetzt sind. $\gamma = 1$ liefert daher nur Näherungswerte für „ a “. Eine weitere Vereinfachung der Rechnung wird dadurch erreicht, daß die Werte Q_h und Q_s aus der Reibungszugkraft der Lokomotive, also aus einer unveränderlichen Zugkraft berechnet werden. Diese Annahme führt nach einigen Zwischenrechnungen zu der von Mutzner aufgestellten Gleichung:

$$a = \frac{\left(\frac{f}{d \cdot w_h} - 1\right) \cdot (w_s + s)}{\frac{f}{d} - (w_s + s)}.$$

Hierin bedeuten:

- d = Verhältniszahl des Dienstgewichtes zum Reibungsgewicht der Lokomotive;
- f = gleitende Reibung zwischen Triebrod und Schiene in kg/t;
- w_h = Laufwiderstand in kg/t Zuggewicht in der geraden und wagerechten Strecke;
- w_s = Laufwiderstand in kg/t Zuggewicht in der Steigung s ;
- s = Steigungsverhältnis in ‰.

Der Mutznorsche Wert ist später von Weber¹⁾ vereinfacht worden zu der Gleichung:

$$a = \frac{s \left(\frac{f}{d} - 3\right)}{3 \left(\frac{f}{d} - s\right)} + 1.$$

Da nun bei den auch im Güterzugbetrieb auftretenden üblichen Geschwindigkeiten von 20 bis 45 km/Std. schon die unveränderliche Reibungszugkraft von der Kesselleistung meist gar nicht erreicht wird, die tatsächlichen Zugkräfte daher unter der Reibungszugkraft liegen, so wird der Ge-

¹⁾ Weber: Die virtuellen Längen für Eisenbahnen. Verkehrstechnik 1920, Heft 4 und 6, S. 47 und 82.

nauigkeitsgrad der obigen Formeln weiterhin gemindert. Da aber die Berücksichtigung der Zugkräfte aus den Kesselleistungen nur möglich ist, wenn man die Lokomotivtypen schon kennt, die auf der neuen Bahn verkehren sollen, so wird man auf die obigen Formeln zur Berechnung der virtuellen Längen zurückgreifen müssen, wenn noch nicht feststeht, was für Lokomotiven für den Betrieb auf der geplanten Bahnstrecke in Frage kommen.

Damit ist aber für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Bauwürdigkeit einer Bahnlinie nicht viel gewonnen. Ergibt mir die Berechnung einer ersten Versuchslinie den virtuellen Beiwert a_1 , die einer zweiten den Beiwert a_2 , und ist $a_2 > a_1$, so weiß ich, daß die zweite Linie betrieblich ungünstiger ist. Damit ist aber noch nicht gesagt, daß nun die erste Linie die bauwürdigere ist, denn die Zugkraftkosten bilden ja nicht den einzigen Bestandteil der laufenden Jahresausgaben, es kommen daneben die oben ausgeschiedenen Bestandteile der Zugförderungskosten hinzu, ferner die Kapitalkosten und die Unterhaltungs- sowie Bewachungskosten des Bahnweges. Da die betrieblich ungünstigere Linie hinsichtlich der Bau- und Unterhaltungskosten aber vielfach die günstigere ist, so geben für die Entscheidung der Bauwürdigkeit gerade die jährlichen Zugkraftkosten den Ausschlag, ihre Höhe muß also bekannt sein. Weiter steigen die Aufwendungen für die Zugkräfte mit dem Verkehr. Die Vorteile der betrieblich günstigeren Linie werden sich daher besonders bei steigendem Verkehr auswirken können, in welchem Maße, hängt wieder von der Höhe der Zugkraftkosten ab. Ihre Kenntnis ist daher für die Feststellung der wirtschaftlich günstigsten Linie unerlässlich.

Nun liegen die Verhältnisse beim Bau neuer Bahnlinien vielfach so, daß man sich über die zu verwendenden Lokomotivtypen schon schlüssig geworden ist. Dann kann man in der Grundgleichung des virtuellen Beiwertes

$$a = \frac{k_s}{k_h} = \gamma \cdot \frac{Q_h}{Q_s}$$

die Werte Q_h und Q_s auch aus den Kesselzugkräften berechnen nach der allgemeinen Gleichung:

$$Z_k^t = \frac{1}{1000} \cdot [L(w_l + s) + Q(w_q + s)].$$

Es läßt sich auch der Wert von Q_h nach den durch die Vorschriften bestimmten größten Zuglängen begrenzen¹⁾, wenn sich aus der Kesselzugkraft ein zu großer Wert ergibt, der praktisch für die Beförderung auf einer wagerechten Bahn gar nicht in Frage kommt. Da sich nun die Zugkraftkosten k_h für die Zugförderung auf gerader wagerechter Strecke genau genug für 1 tkm angeben lassen, ist man in der Lage, sie aus der Gleichung $k_s = a \cdot k_h$ auch für die gegebene geneigte und gekrümmte Linie zu berechnen und hieraus sowie aus den bekannten Betriebsleistungen die jährlichen Zugkraftkosten zu ermitteln. Für die Verhältnisse der Vorkriegszeit kann $k_h = 0,104$ Pf./tkm im Güterzugdienst angenommen werden, wobei nur die auf S. 353 angeführten, von den Neigungs- und Krümmungsverhältnissen abhängigen Kostenbestandteile berücksichtigt sind. Sondern man noch die Personal- und Verwaltungskosten aus, dann ergeben sich die rein sachlichen Zugkraftkosten $k_h = 0,063$ Pf./tkm. Nur wenn das Verfahren der virtuellen Längen nach dieser Richtung entwickelt und ausgebaut wird, hat es für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen einen Wert. Näheres hierüber bringt der Band „Wirtschaft und Wirtschaftsführung“ dieses Sammelwerkes.

Bei den bisherigen Betrachtungen sind wir von der Linie gleichen Widerstandes ausgegangen. Nun kann nur in seltenen Fällen eine solche Linie

¹⁾ Risch: Zur Frage der virtuellen Längen. Verkehrstechnik 1921, S. 170. Dagegen Weber, ebenda S. 171.

gebaut werden, meist werden Strecken mit geringerer als der maßgebenden Steigung zwischengeschaltet werden müssen, nach Überschreitung von Wasserscheiden sogar Gefällstrecken. Dann ist die an unsere bisherigen Rechnungen geknüpfte Voraussetzung der vollen Auslastung der Lokomotivzugkraft nur für die Strecken mit der maßgebenden Steigung erfüllt, für alle übrigen ist die Ausnutzung der Lokomotivkraft unvollkommen und die Beförderung auf diesen Streckenteilen nicht so wirtschaftlich. Die Zugkraftkosten sind zwar auf den flacheren Strecken kleiner als auf der maßgebenden Steigung, sie sind aber höher, als sie bei voller Auslastung des Zuges auf den flachen Strecken sein würden. Für diese Abschnitte muß der virtuelle Beiwert für die maßgebende Steigung, wie Mutzner gezeigt hat, berichtigt werden. Dazu können wir von der Launhardtschen Gleichung

$$K = k_0 + k_z \cdot Z$$

ausgehen. Auf der maßgebenden Steigung werden hiernach die Zugkraftkosten für die Beförderung einer Rohlast von Q_s t

$$K_s = k_0 + k_z \cdot Z_s = k_0 \cdot \left(1 + \frac{k_z}{k_0} Z_s\right) \text{ Pf./Zug-km}$$

und für 1 tkm

$$k_s = \frac{k_0}{Q_s} \cdot \left(1 + \frac{k_z}{k_0} Z_s\right) \text{ Pf.}$$

betragen. Wird dieselbe Rohlast auf einer flacheren Neigung s' befördert, dann braucht nur eine Zugkraft $Z'_s = \frac{1}{1000} [L(w'_i + s') + Q_s(w'_a + s')]$ aufgewendet zu werden, die Kosten werden demnach nur

$$k'_s = \frac{k_0}{Q_s} \cdot \left(1 + \frac{k_z}{k_0} Z'_s\right) \text{ Pf./tkm}$$

betragen.

Bezeichnet man das Verhältnis $\frac{k'_s}{k_s}$ mit η , so wird

$$\eta = \frac{k'_s}{k_s} = \frac{1 + \frac{k_z}{k_0} Z'_s}{1 + \frac{k_z}{k_0} Z_s},$$

und es wird der virtuelle Beiwert a für jede von der maßgebenden Steigung abweichende Neigung zu dem Werte

$$a' = \frac{k'_s}{k_h} = \frac{k'_s}{k_h} \cdot \frac{k_s}{k_s} = \frac{k'_s}{k_s} \cdot \frac{k_s}{k_h} = \eta \cdot a.$$

Wird die Gefällsneigung gleich der Bremsneigung, dann wird $Z'_s = 0$, $k'_s = k_b = \frac{k_0}{Q_s}$ und

$$\eta_b = \frac{k_b}{k_s} = \frac{1}{1 + \frac{k_z}{k_0} Z_s},$$

mithin der virtuelle Beiwert

$$a_b = \frac{k_b}{k_h} = \frac{k_b}{k_s} \cdot \frac{k_s}{k_h} = \eta_b \cdot a.$$

Für Neigungen, die größer als das Bremsgefälle sind, wird die Zugkraft ebenfalls gleich Null, es kann also auch hier mit dem virtuellen Beiwert

$a_b = \eta_b \cdot a$ gerechnet werden. Das Verhältnis $\frac{k_z}{k_0}$ kann nach den Gleichungen auf S. 353 zu $\frac{25}{55} \sim 0,45$ für Personenzüge und zu $\frac{32}{63} \sim 0,5$ für Güterzüge angenommen werden. Aus den Werten für a' und a_b ergeben sich die Zugkraftkosten auf den betreffenden Streckenabschnitten zu $a' \cdot k_h$ bzw. $a_b \cdot k_h$ Pf. für 1 tkm. Da k_h bekannt ist, lassen sich also auf diesem Wege die Zugkraftkosten der Vergleichslinien ermitteln. Rechnet man die Kosten für den Wagenpark mit 1,14 Pf. für 1 Achskilometer bei Güterzügen und mit 1,40 Pf. bei Personenzügen zu den Zugkraftkosten hinzu, so erhält man die Aufwendungen für den Zugförderungsdienst, die zusammen mit den Ausgaben für die Bahnunterhaltung und Bahnbewachung, wie nachstehend gezeigt, zur Beurteilung der Bauwürdigkeit verwertet werden können:

Sollen zwei Linien I und II miteinander verglichen werden, so sind nach den vorangegangenen Erörterungen die folgenden Angaben über sie beizubringen:

1. Die Baukosten K_1 bzw. K_2 in Mk. für beide Linien.
2. Die wirklichen Längen l_1 bzw. l_2 in km.
3. Die Einheitskosten u_1 bzw. u_2 der Bahnunterhaltung und Bahnbewachung in Mk. für 1 km Strecke und Bahn, woraus sich die Jahreskosten für diese Zwecke zu $U_1 = u_1 \cdot l_1$ und $U_2 = u_2 \cdot l_2$ Mk. ergeben.
4. Die virtuellen Längen l_{v1} bzw. l_{v2} km, woraus sich die virtuellen Beiwerte $a_1 = \frac{l_{v1}}{l_1}$ und $a_2 = \frac{l_{v2}}{l_2}$ ergeben. Hieraus berechnen sich die Zugkraftkosten für 1 t angehängter Rohlast und 1 km Weg zu $k_1 = a_1 \cdot k_h$ bzw. zu $k_2 = a_2 \cdot k_h$ Mk.
5. Aus den Verkehrserhebungen erhält man die jährlich zu befördernden Rohtonnenkilometer T_1 bzw. T_2 , sodaß sich die jährlichen Zugkraftkosten zu $B_1 = T_1 \cdot k_1$ bzw. $B_2 = T_2 \cdot k_2$ Mk. ergeben.

Zu diesen für jede Vergleichslinie verschieden ausfallenden Angaben treten nun noch diejenigen Jahresausgaben, die, weil für alle Linien gleich, von vornherein bei den Vergleichsberechnungen ausgeschieden sind; sie sollen mit C Mk. in der weiteren Berechnung berücksichtigt werden.

Kapitalisiert man die Jahresausgaben mit einem Zinsfuß von $i\%$, so sind an Gesamtkapitalien aufzuwenden

$$\text{für Linie I: } G_1 = K_1 + (U_1 + B_1 + C) \cdot \frac{100}{i} \text{ Mk.,}$$

$$\text{„ „ II: } G_2 = K_2 + (U_2 + B_2 + C) \cdot \frac{100}{i} \text{ „ .}$$

Die bauwürdigste von beiden Linien ist dann diejenige, für die G den kleinsten Wert ergibt.

In den Gleichungen für G sind die Zugkraftkosten B abhängig vom Verkehr. Es können daher bei wachsendem Verkehr B_1 und B_2 sich verschieden ändern und damit auch die Werte G_1 und G_2 wesentlich beeinflussen. Ist beispielsweise G_1 größer als G_2 , wächst aber B_2 mit steigendem Verkehr schneller als B_1 , dann wird für einen bestimmten Wert der jährlichen Betriebsleistungen der Fall eintreten, daß $G_1 = G_2$ und bei weiterem Anwachsen des Verkehrs sich sogar das Güteverhältnis der beiden Linien umkehrt, also $G_2 > G_1$ wird. Es ist also stets geboten, zu untersuchen, wie sich die Werte G_1 und G_2 mit wachsendem Verkehr ändern. Im Grenzfall $G_1 = G_2$ wird

$$K_1 + (U_1 + B_1 + C) \cdot \frac{100}{i} = K_2 + (U_2 + B_2 + C) \cdot \frac{100}{i} .$$

Hieraus folgt:

$$B_1 - B_2 = (K_2 - K_1) \cdot \frac{i}{100} + U_2 - U_1.$$

Diese Gleichung vereinfacht sich für den besonderen Fall, daß der gesamte Verkehr sich in beiden Richtungen über die ganze Länge der neuen Bahn bewegt. Bezeichnen wir den Verkehr für die Hinfahrt mit R_h Tonnen, für die Rückfahrt mit R_r Tonnen, dann wird für die Hinfahrt $T_{1h} = R_h \cdot l_1$ und für die Rückfahrt $T_{1r} = R_r \cdot l_1$ und weiter $T_1 = T_{1h} + T_{1r} = l_1 (R_h + R_r) = R_s \cdot l_1$; $B_{1h} = T_{1h} \cdot k_1 = R_h \cdot l_1 \cdot k_1 = R_h \cdot l v_{1h} \cdot k_h$, wobei $l v_{1h}$ die virtuelle Länge für die Hinfahrt bedeutet. Ebenso ergibt sich für die Rückfahrt $B_{1r} = R_r \cdot l v_{1r} \cdot k_h$ und $B_1 = B_{1h} + B_{1r} = k_h \cdot (R_h \cdot l v_{1h} + R_r \cdot l v_{1r}) = k_h \cdot R_s \cdot l v_1$, wobei $l v_1 = \frac{R_h \cdot l v_{1h} + R_r \cdot l v_{1r}}{R_s}$ gesetzt ist. Für die zweite Linie erhalten wir ebenso $B_2 = k_h \cdot (R_h \cdot l v_{2h} + R_r \cdot l v_{2r}) = k_h \cdot R_s \cdot l v_2$ und $B_1 - B_2 = R_s k_h \cdot (l v_1 - l v_2)$. Hieraus ergibt sich der Grenzwert:

$$R_s = \frac{(K_2 - K_1) \cdot i}{100 \cdot k_h (l v_1 - l v_2)} + \frac{U_2 - U_1}{k_h \cdot (l v_1 - l v_2)}.$$

Beispiel¹⁾.

1. Rechnungsannahmen: Die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse der Linie I sind aus Abb. 140 ersichtlich. Die Linie ist mit einer maßgebenden Steigung von $s_m = 23,4 \text{ ‰}$ trassiert worden, auf der Strecke B—N ist sie eine Linie gleichen Widerstandes, d. h. es ist in den Krümmungs- und Tunnelstrecken die Steigung s so angenommen, daß $s + w_r$ bzw. $s + w_t$ stets gleich der maßgebenden Steigung s_m wird:

$$l_1 = 7,88 \text{ km},$$

$$K_1 = 1900000 \text{ Mk.}$$

Die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse der Linie II sind aus Abb. 141 ersichtlich. Die maßgebende Steigung dieser Linie ist ebenfalls $s_m = 23,4 \text{ ‰}$. Sie ist auf der Strecke A—W als Linie gleichen Widerstandes ausgebildet.

$$l_2 = 14,97 \text{ km},$$

$$K_2 = 1500000 \text{ Mk.}$$

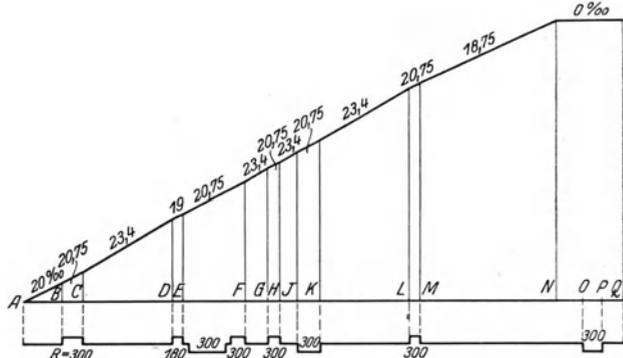


Abb. 140.

Der Verkehr ist in jeder der beiden Richtungen gleich stark und bewegt sich über die ganze Bahnstrecke, er beläuft sich im Jahr in jeder Richtung auf $R = 147000 \text{ t}$ Rohlast. Der Personenverkehr spielt keine Rolle und kann unberücksichtigt bleiben.

Die Unterhaltungs- und Bewachungskosten können auf beiden Vergleichslinien gleich hoch zu $u_1 = u_2 = 1000 \text{ Mk./km}$ Strecke angenommen werden:

$$k_h = 0,104 \text{ Pf./tkm} = 0,00104 \text{ Mk./tkm},$$

$$i = 5 \text{ ‰}.$$

Zur Beförderung der Züge sollen Tenderlokomotiven verwendet werden, für die die nachstehenden Angaben gelten:

$$\text{Dienstgewicht } L = 95,3 \text{ t},$$

$$\text{Reibungsgewicht } L_r = 63,5 \text{ t},$$

$$d = \frac{L}{L_r} = \frac{95,3}{63,5} = 1,5.$$

¹⁾ Sämtliche Rechnungen sind mit einem Rechenstab ausgeführt und abgerundet.

Geschwindigkeit in der Wagerechten: $V_h = 45 \text{ km/Std.}$,
 " " " Steigung s : $V_s = 45 - 5 \sqrt{s - 5} \text{ km/Std.}$,
 $f = \frac{1000}{7}$,
 $w = 2,5 + 0,0006 V^2 \text{ kg/t.}$

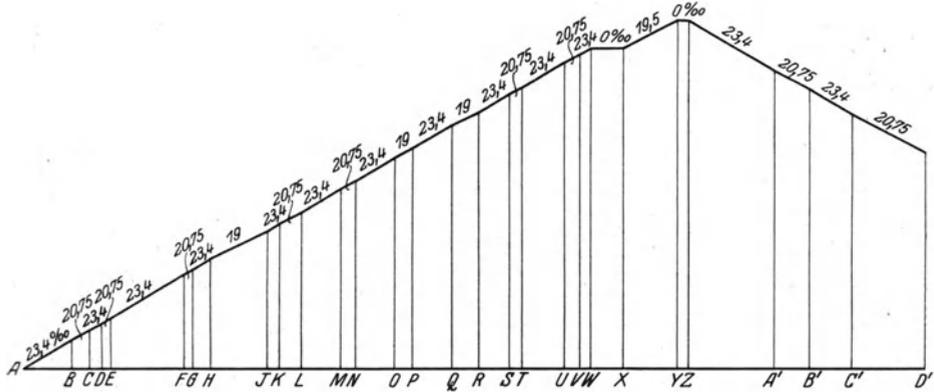


Abb. 141.

2. Rechnungsgang: Gehen wir von den Annahmen Mutznern und Webers aus, daß nur mit der Reibungszugkraft zu rechnen ist, so ergibt sich der virtuelle Beiwert für die Strecken gleichen Widerstandes mit dem maßgebenden Steigungsverhältnis $s_m = 23,4\%$ nach der Gleichung S. 355 zu:

$$a = \frac{\left(\frac{f}{d \cdot w_h} - 1\right) \cdot (w_s + s)}{\frac{f}{d} - (w_s + s)}$$

Hierin ist

$$f = \frac{1000}{7},$$

$$d = 1,5,$$

$$w_h = 2,5 + 0,0006 \cdot 45^2 = 3,7 \text{ kg/t},$$

$$V_s = 45 - 5 \sqrt{23,4 - 5} = 23,5 \text{ km/Std.},$$

$$w_s = 2,5 + 0,0006 \cdot 23,5^2 = 2,83 \text{ kg/t},$$

$$a = \frac{\left(\frac{1000}{7 \cdot 1,5 \cdot 3,7} - 1\right) \cdot (2,83 + 23,4)}{\frac{1000}{7 \cdot 1,5} - (2,83 + 23,4)} = 9,4.$$

Dieser Wert von a gilt für die Steigungstrecken B—N der Linie I und A—W der Linie II.

Für die von der maßgebenden Steigung abweichenden Steigungen A—B mit $s' = 20\%$, N—Q und P—Q mit $s' = 0\%$ und O—P mit $s' = w_r = 2,65\%$ ergeben sich die Multiplikatoren η aus der Gleichung auf S. 357

$$\eta = \frac{1 + \frac{k_z}{k_0} \cdot Z_s'}{1 + \frac{k_z}{k_0} \cdot Z_s}$$

Hierin ist:

$$\frac{k_z}{k_0} = 0,5,$$

$$Z_s = \frac{1}{1000} [L(w_l + s) + Q_s(w_q + s)] \sim \frac{1}{1000} (L + Q_s) \cdot (w_s + s_m),$$

$$Z_s' = \frac{1}{1000} [L(w_l' + s') + Q_s(w_q' + s')] \sim \frac{1}{1000} (L + Q_s) \cdot (w_s' + s').$$

Nach Mutzner und Weber ist wieder für Z_s die Reibungszugkraft

$$Z_r = f \cdot L_r = \frac{1000}{7} \cdot 63,5 = 9070 \text{ kg} = 9,07 \text{ t}$$

zu setzen, mithin

$$9,07 = \frac{1}{1000} \cdot (L + Q_s) \cdot (2,83 + 23,4),$$

woraus sich

$$Q_s = \frac{9070}{26,23} - 95,3 = 250 \text{ t}$$

ergibt.

$$Z_s' = \frac{1}{1000} \cdot (95,3 + 250) (w_s' + s') = \frac{345,3}{1000} (w_s' + s'),$$

$$s' = 20\text{‰}; V_s' = 45 - 5 \sqrt{20 - 5} = 25,6; w_s' = 2,5 + 0,0006 \cdot 25,6^2 = 2,89 \text{ kg/t.}$$

$$Z_s' = \frac{345,3}{1000} \cdot (2,89 + 20) = 7,9 \text{ t,}$$

$$\eta = \frac{1 + 0,5 \cdot 7,9}{1 + 0,5 \cdot 9,07} = 0,895,$$

$$\eta \cdot a = 9,4 \cdot 0,895 = 8,4.$$

$$s' = 0\text{‰}; V_s' = V_h = 45 \text{ km/Std.}; w_s' = w_h = 3,7 \text{ kg/t.}$$

$$Z_s' = \frac{345,3}{1000} \cdot 3,7 = 1,28 \text{ t,}$$

$$\eta = \frac{1 + 0,5 \cdot 1,28}{1 + 0,5 \cdot 9,07} = 0,297,$$

$$\eta \cdot a = 9,4 \cdot 0,297 = 2,79.$$

$$s' = 2,65\text{‰}; V_s' = V_{\max} = 45 \text{ km/Std.}; w_s' = 3,7 \text{ kg/t.}$$

$$Z_s' = \frac{345,3}{1000} \cdot (3,70 + 2,65) = 2,19 \text{ t,}$$

$$\eta = \frac{1 + 0,5 \cdot 2,19}{1 + 0,5 \cdot 9,07} = 0,379,$$

$$\eta \cdot a = 9,4 \cdot 0,379 = 3,56.$$

Für die Fahrt in der umgekehrten Richtung Q—A ist der virtuelle Beiwert des Streckenabschnittes Q—N der gleiche wie für die Bergfahrt A—Q. Dagegen wird die übrige Strecke N—A im Gefälle befahren, das durchweg größer ist als das Bremsgefälle. Für diesen Streckenabschnitt berechnet sich der Multiplikator für den virtuellen Beiwert nach der Gleichung auf S. 357 zu

$$\eta_b = \frac{1}{1 + \frac{k_z}{k_0} \cdot Z_s} = \frac{1}{1 + 0,5 \cdot 9,07} = 0,18,$$

$$\eta_b \cdot a = 0,18 \cdot 9,4 = 1,7.$$

Die errechneten Werte sind in umstehender Übersicht I (S. 362) für die Linie I zusammengestellt.

In der gleichen Weise sind die virtuellen Beiwerte und Längen für die Linie II berechnet und in der Übersicht II zusammengestellt.

Zum Vergleich sei auch der vom Verfasser empfohlene Rechnungsgang an demselben Beispiel durchgeführt.

Die vorteilhafteste Geschwindigkeit der hier angenommenen Lokomotivgattung T_{14} (Heißdampf-Zwilling) ergibt sich aus der Gleichung: $V^x = 270 \frac{N_{igr}}{Z_t^x}$, worin

$$N_{igr} = 500 \cdot R \cdot \frac{6,7}{6,9} \quad \text{und} \quad Z_t^x = \frac{d^2}{D} \cdot l \cdot p_{img},$$

$$\text{Rostfläche } R = 2,5 \text{ qm,}$$

$$\text{Zylinderdurchmesser } d = 60 \text{ cm,}$$

$$\text{Kolbenhub } l = 66 \text{ cm,}$$

$$\text{Triebraddurchmesser } D = 135 \text{ cm,}$$

Übersicht I für Linie I (Abb. 140).

Strecke	Wirkliche Länge	Neigung	Krümmungs-widerstand	Maßgebende Widerstands-zahl	Nach Mutzner		Nach Risch		Bemerkungen				
	km				s ‰	virtueller Bei-wert	virtuelle Länge	virtueller Bei-wert		virtuelle Länge			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Hinfahrt													
A—B	0,525	20,00	—	20	9,4	60,90	5,9	38,20	Einschließlich des Tunnelwiderstandes von 2‰.				
B—C	0,280	20,75	2,65	23,4									
C—D	1,180	23,40	—	23,4									
D—E	0,140	19,00	4,40	23,4									
E—F	0,810	20,75	2,65	23,4									
F—G	0,285	23,40	—	23,4									
G—H	0,155	20,75	2,65	23,4									
H—J	0,225	23,40	—	23,4									
J—K	0,295	20,75	2,65	23,4									
K—L	1,175	23,40	—	23,4									
L—M	0,130	20,75	2,65	23,4									
M—N	1,800	18,75	4,65	23,4									
N—O	0,350	0	—	—						2,79	0,98	1,75	0,61
O—P	0,250	0	2,65	2,65						3,56	0,89	2,24	0,56
P—Q	0,280	0	—	—	2,79	0,78	1,75	0,49					
	7,880	—	—	—	$lv_{1,h} =$	67,96	$lv_{1,h} =$	42,64					
Rückfahrt													
Q—N	0,880	—	—	—	—	2,65		1,66	Die Gefällstrecken liegen über der Bremsneigung.				
N—A	7,000			negat.	1,7	11,90	1,07	7,48					
	7,880				$lv_{1,r} =$	14,55	$lv_{1,r} =$	9,14					

Übersicht II für Linie II (Abb. 141).

Strecke	Wirkliche Länge	Neigung	Krümmungs-widerstand	Maßgebende Widerstands-zahl	Nach Mutzner		Nach Risch		Bemerkungen
	km				‰	virtueller Bei-wert	virtuelle Länge	virtueller Bei-wert		virtuelle Länge
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hinfahrt									
A—W	9,460			23,4	9,4	88,92	5,9	55,81	Strecke A—W ist von gleichem Widerstand, daher sind die einzelnen Streckenabschnitte zusammengefaßt.
W—X	0,555	0	—	0	2,79	1,55	1,75	0,97	
X—Y	0,870	19,5	—	19,5	8,22	7,15	5,16	4,49	Die Strecke Z—D' ist Gefällstrecke mit Neigungen größer als die Bremsneigung.
Y—Z	0,185	0	2,65	2,65	3,56	0,68	2,24	0,42	
Z—D'	3,900		—	negat.	1,7	6,64	1,07	4,17	
	14,970				$lv_{2,h} =$	104,94	$lv_{2,h} =$	65,86	
Rückfahrt									
D'—Z	3,900			23,4	9,4	36,66	5,9	23,00	Strecke gleichen Widerstandes.
Z—Y	0,185	0	2,65	2,65	3,56	0,68	2,24	0,42	Das Gefälle ist größer als die Bremsneigung.
Y—X	0,870	—19,5	—	—19,5	1,7	1,48	1,07	0,93	
X—W	0,555	0	—	0	2,79	1,55	1,75	0,97	Das Gefälle ist größer als die Bremsneigung.
W—A	9,460			negat.	1,7	16,10	1,07	10,12	
	14,970				$lv_{2,r} =$	56,47	$lv_{2,r} =$	35,44	

$$p_{i m g} = 3,6 \text{ kg/qcm},$$

$$N_{i g r} = 500 \cdot 2,5 \cdot \frac{6,7}{6,9} = 1215 \text{ PS},$$

$$Z_i^x = \frac{60^2 \cdot 66 \cdot 3,6}{135} = 6350 \text{ kg},$$

$$Z^x = \eta \cdot Z_i^x = 0,8 \cdot 6350 = 5100 \text{ kg},$$

$$V^x = \frac{270 \cdot 1215}{6350} = 52 \text{ km/Std.}$$

Für die Geschwindigkeiten $V_h = 45 \text{ km/Std.}$ und $V_s = 23,5 \text{ km/Std.}$ werden die zugehörigen Zugkräfte nach der Zahlenreihe auf S. 354

$$Z_h = 1,14 \cdot 5100 = 5800 \text{ kg},$$

$$Z_s = 1,83 \cdot 5100 = 9350 \text{ kg}.$$

Da die Reibungszugkraft nur $Z_r = 9070 \text{ kg}$ beträgt, ist für Z_s dieser kleinere Wert einzusetzen, mithin $Z_s = 9070 \text{ kg}$.

Die auf der wagerechten Strecke zu fördernde Rohlast Q_h berechnet sich aus der Gleichung

$$Z_h = (L + Q_h) \cdot w_h \quad \text{zu} \quad Q_h = \frac{Z_h}{w_h} - L = \frac{5800}{3,7} - 95,3 = 1475 \text{ t}.$$

$Q_s = 250 \text{ t}$, wie früher berechnet, mithin

$$a = \frac{Q_h}{Q_s} = \frac{1475}{250} = 5,9.$$

Der virtuelle Beiwert für das maßgebende Widerstandsverhältnis ist hiernach nur 5,9 statt 9,4 nach der Mutznernschen Formel. Die Multiplikatoren für diejenigen Steigungen, die von der maßgebenden abweichen, berechnen sich wie oben. Hieraus ergeben sich die in den Übersichten I und II in den Spalten 8 und 9 aufgeführten Werte.

Aus den Endzahlen in den Spalten 7 und 9 ersieht man, daß die Linie II die betrieblich ungünstigere ist. Da aber die Baukosten der Linie II niedriger als die der Linie I sind, so läßt sich allein aus dem Vergleich der virtuellen Längen kein Schluß ziehen, welche von den beiden Linien die bauwürdigste ist. Hierzu bedarf es noch der Ausrechnung der auf S. 358 entwickelten Gleichungen

$$G_1 = K_1 + (U_1 + B_1 + C) \cdot \frac{100}{i} \quad \text{und}$$

$$G_2 = K_2 + (U_2 + B_2 + C) \cdot \frac{100}{i}.$$

Hierin ist:

$$K_1 = 1900000 \text{ Mk.}; \quad K_2 = 1500000 \text{ Mk.};$$

$$U_1 = u \cdot l_1 = 1000 \cdot 7,88 = 7880 \text{ Mk.};$$

$$U_2 = u \cdot l_2 = 1000 \cdot 14,97 = 14970 \text{ Mk.};$$

$$B_1 = R_s \cdot k_h \cdot l v_1 = k_h \cdot (R_h \cdot l v_{1h} + R_r \cdot l v_{1r}) = R \cdot (l v_{1h} + l v_{1r}) \cdot k_h,$$

weil $B_h = R_r = R$. Mithin

$$B_1 = 147000 \cdot (67,96 + 14,55) \cdot 0,104 \text{ Pf.} = 12610 \text{ Mk. (nach Mutzner);}$$

$$B_2 = R_s \cdot k_h \cdot l v_2 = R \cdot (l v_{2h} + l v_{2r}) \cdot k_h = 147000 \cdot (104,94 + 56,47) \cdot 0,104 \text{ Pf.} = 24680 \text{ Mk. (nach Mutzner);}$$

$$B_1 = 147000 (42,64 + 9,14) \cdot 0,104 = 7920 \text{ Mk. (nach Risch);}$$

$$B_2 = 147000 (65,86 + 35,44) \cdot 0,104 = 15490 \text{ Mk. (nach Risch).}$$

Hieraus folgt:

$$G_1 = 1900000 + (7880 + 12610) \cdot \frac{100}{5} + C \cdot \frac{100}{5} = 2309800 + 20 C \text{ Mk. (nach Mutzner),}$$

$$G_2 = 1500000 + (14970 + 24680) \cdot \frac{100}{5} + C \cdot \frac{100}{5} = 2293000 + 20 C \text{ Mk. (nach Mutzner),}$$

$$G_1 = 2216000 + 20 C \text{ Mk. (nach Risch),}$$

$$G_2 = 2109200 + 20 C \text{ Mk. (nach Risch).}$$

Obwohl also die Linie II die betrieblich ungünstigere ist, ist sie aber im Hinblick auf den geringen Verkehr von $R = 147000$ t im Jahr die wirtschaftlichere. Das Bild ändert sich aber, sobald der Verkehr den auf S. 359 entwickelten Grenzwert

$$R_s = \frac{(K_2 - K_1) \cdot i}{100 k_h (lv_1 - lv_2)} + \frac{U_2 - U_1}{k_h (lv_1 - lv_2)}$$

überschreitet. Nach unseren Annahmen wird

$$lv_1 = \frac{R_h \cdot lv_{1h} + R_r \cdot lv_{1r}}{R_s} = \frac{R \cdot (lv_{1h} + lv_{1r})}{2R} = \frac{lv_{1h} + lv_{1r}}{2} = \frac{1}{2} \cdot (67,96 + 14,55) = 41,26 \text{ km} \quad (\text{nach Mutzner}),$$

$$lv_2 = \frac{lv_{2h} + lv_{2r}}{2} = \frac{1}{2} \cdot (104,94 + 56,47) = 80,71 \text{ km} \quad (\text{nach Mutzner}),$$

$$R_s = \frac{(1500000 - 1900000) \cdot 5}{100(41,26 - 80,71) \cdot 0,00104} + \frac{14970 - 7880}{0,00104(41,26 - 80,71)} = 487500 - 172800 = 314700 \text{ t} \quad (\text{nach Mutzner}),$$

$$R = \frac{R_s}{2} = 157350 \text{ t},$$

d. h. wenn der Verkehr in jeder Richtung auf mehr als das 1,07fache steigt, wird die Linie I der Linie II wirtschaftlich überlegen.

Nach dem Verfahren des Verfassers wird

$$lv_1 = \frac{1}{2} \cdot (42,64 + 9,14) = 25,89 \text{ km},$$

$$lv_2 = \frac{1}{2} \cdot (65,86 + 35,44) = 50,65 \text{ km},$$

$$R_s = \frac{(1500000 - 1900000) \cdot 5}{100 \cdot (25,89 - 50,65) \cdot 0,00104} + \frac{14970 - 7880}{(25,89 - 50,65) \cdot 0,00104} = 776700 - 275300 = 501400 \text{ t},$$

$$R = \frac{R_s}{2} = 250700 \text{ t},$$

d. h. die wirtschaftliche Überlegenheit der Linie I ergibt sich erst, wenn der Verkehr in jeder Richtung auf mehr als das 1,7fache der ursprünglichen Annahme anwächst.

Es wird dann (nach Mutzner):

$$G_1 = 1900000 + \left(7880 + \frac{12610 \cdot 157350}{147000}\right) \cdot \frac{100}{5} + 20C = 2327600 + 20C \text{ Mk.}$$

$$G_2 = 1500000 + \left(14970 + \frac{24680 \cdot 157350}{147000}\right) \cdot \frac{100}{5} + 20C = 2328400 + 20C,$$

mithin tatsächlich $G_1 \sim G_2$.

Nach Risch wird:

$$G_1 = 1900000 + \left(7880 + \frac{7920 \cdot 250700}{147000}\right) \cdot \frac{100}{5} + 20C = 2327600 + 20C,$$

$$G_2 = 1500000 + \left(14970 + \frac{15490 \cdot 250700}{147000}\right) \cdot \frac{100}{5} + 20C = 2328400 + 20C,$$

also wiederum $G_1 \sim G_2$.

Die Grenzwerte im vorstehenden Rechnungsbeispiel $R = 157350$ t (nach Mutzner) und $R = 250700$ t (nach Risch) weichen doch so sehr von einander ab, daß es zweifelhaft erscheint, ob es richtig ist, überhaupt das Verfahren der virtuellen Längen für den wirtschaftlichen Vergleich mehrerer Linien heranzuziehen. Sicher ist, daß die virtuellen Längen allein keinen brauchbaren Vergleichsmaßstab bieten. Sie können aber zur überschläglichen Ermittlung der Zugkraftkosten herangezogen werden und dann, in Verbindung mit den übrigen Kostenbestandteilen zu den „ G “-Werten vereinigt, sehr wohl zur Auswahl der wirtschaftlich günstigsten Linie unter mehreren Vergleichslinien dienen. Ist man sich über die zu verwendenden Lokomotivgattungen noch nicht schlüssig, und braucht nach den ganzen Verhältnissen der Bahn mit

einer größeren Verkehrssteigerung nicht gerechnet zu werden, dann reichen die Verfahren nach Mutzner und Weber für die Ermittlung der virtuellen Längen aus. Soll aber auch der Einfluß einer zukünftigen Verkehrssteigerung bei der Auswahl der Linie berücksichtigt werden, oder will man die virtuellen Längen zur Ermittlung der Zugkraftkosten benutzen, dann kommt man zu brauchbaren Werten nur dann, wenn man bereits eine Entscheidung über die zu verwendenden Lokomotivgattungen getroffen hat und nach dem vom Verfasser vorgeschlagenen Verfahren arbeitet.

Durch die Berücksichtigung der Änderung der Zugkraftkosten auf den von der maßgebenden Steigung abweichenden Strecken bleibt das Verfahren der virtuellen Längen nicht mehr einfach, und es ist zu prüfen, ob es nicht durch andere Verfahren zu ersetzen ist. Zu erwähnen sind neben der bereits angezogenen Zeit-Weglinie von Müller die Verfahren von Petersen und von Örley¹⁾. Die Frage wird im Bande „Wirtschaft und Wirtschaftsführung“ eingehend erörtert werden.

In jedem Fall ist aber, sobald die Entscheidung für eine Linie gefallen ist, für diese nach den in Abschnitt a) mitgeteilten Richtlinien eine genaue Betriebskostenberechnung aufzustellen, die zusammen mit den Aufwendungen für den Kapaldienst und für die oberste Verwaltung die Gesamtausgaben liefert.

Für Überschlagsrechnungen kann man auf Bahnen, deren Krümmungen und Steigungen nicht über den Durchschnitt auf den deutschen Bahnen wesentlich hinausgehen, die sachlichen und persönlichen Zugförderungskosten für einen Zugkilometer annehmen zu:

1,88 Mk.	für Personenzüge der	Hauptbahnen	von etwa	26 Achsen
1,21	„	„	„	Nebenbahnen
2,12	„	Güterzüge	„	Hauptbahnen
1,62	„	„	„	Nebenbahnen
oder auch zu rund 58,— Mk. für 1000 Wagenachskilometer ²⁾ .				

Die rein sachlichen Aufwendungen im Zugförderungsdienst können überschläglich angenommen werden zu:

1,04 Mk.	für Personenzüge der	Hauptbahnen	von etwa	26 Achsen
0,87	„	„	„	Nebenbahnen
1,69	„	Güterzüge	„	Hauptbahnen
1,19	„	„	„	Nebenbahnen
oder auch zu 20,— Mk. für 1000 Wagenachskilometer ²⁾ .				

3. Die Einnahmen.

a) Personen- und Frachtgutverkehr.

Die Grundlage für die Berechnung der Einnahmen bilden die im Abschnitt über wirtschaftliche Erwägungen nachgewiesenen Verkehrsleistungen.

Übersicht A S. 105 enthält eine Zusammenstellung der Leistungen im Personenverkehr, durch Vervielfachung des Fahrgeldeinheitssatzes in Spalte 9 mit den Personenkilometern in Spalte 8 erhält man die Einnahmen der neuer Bahn aus dem Personenverkehr in Spalte 10 der Übersicht A.

Ebenso einfach gestaltet sich die Berechnung der Einnahmen aus dem Güterverkehr unter Benutzung der Übersichten B, C und D, S. 107 ff., und durch

¹⁾ Petersen: Die zweckmäßigste Steigung der Eisenbahnen. Wiesbaden 1921. — Örley: Die maßgebende Arbeitshöhe der Eisenbahn. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1922, Heft 3. — Steiner: Die virtuellen Längen bei elektrisch betriebenen Bahnen. Zürich.

²⁾ Risch: Verk. Woche 1918, S. 130, Übersicht 8.

Vervielfachung der Einheitssätze für die Streckenfrachten sowie für die Abfertigungsgebühren mit den zugehörigen Tonnenkilometern und Tonnen.

b) Sonstige Einnahmen.

Damit sind die Verkehrseinnahmen noch nicht erschöpft, wenn auch ihre Hauptquellen erschlossen sind. Es bleiben noch zu berücksichtigen die Einnahmen aus der Beförderung des Reisegepäcks, des Expresßgutes, von Vieh und Leichen. Die Anteile aus diesen Einnahmen sind im Vergleich zu denen des Personen- und Frachtgutverkehrs gering. Wenn nicht infolge besonderer günstiger Umstände sich diese Verkehrsarten genauer erfassen lassen, wird man sich mit prozentualen Zuschlägen begnügen können. Nach der Statistik für die Eisenbahnen Deutschlands betrug im Durchschnitt der Jahre 1910 bis 1913:

1. Der Anteil des Gepäckverkehrs an den Gesamteinnahmen aus dem Personenverkehr (Personen, Gepäck, Hunde) bei den gesamten Staatsbahnen des Deutschen Reiches $3,28\%$, bei den Privatbahnen $2,83\%$. Dabei schwanken die Anteile je nach dem Charakter der Bahn, ob mehr Bäderbahn mit hohem Reiseverkehr oder mehr Industriebahn, zwischen weiten Grenzen. Der Höchstanteil belief sich auf $9,1\%$, der niedrigste auf 0% bei den Privatbahnen.

2. Der Anteil des Expresßgutverkehrs läßt sich allein statistisch nicht erfassen. Dieser Verkehr erscheint zusammen mit dem Eilgutverkehr. Für beide Verkehre betrug der Anteil am gesamten frachtpflichtigen Güterverkehr bei den Staatsbahnen $4,18\%$, bei den Privatbahnen $4,36\%$. Der Höchstanteil belief sich auf $24,82\%$, der niedrigste auf 0% bei den Privatbahnen.

3. Der Anteil der Viehbeförderung am Gesamtgüterverkehr machte bei den Staatsbahnen $2,41\%$, bei den Privatbahnen $2,73\%$ aus. Die äußersten Grenzwerte lagen bei den Privatbahnen zwischen $23,9\%$ und 0% .

Der Leichenverkehr ist so gering, daß er als Einnahmequelle stets ausscheiden kann, es sei denn, daß es sich um besondere Friedhofsbahnen handle, bei denen aber dann die Ermittlung des Leichenverkehrs keine Schwierigkeiten macht.

Bezeichnet man ganz allgemein die Gesamteinnahme aus einem Verkehr (gesamter Personen- oder gesamter Güterverkehr) mit E Mk., den Hundertsatz der anteiligen Verkehre an diesem Gesamtverkehr mit $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ usw., die besonders ermittelten Einzeleinnahmen mit E_1', E_2', E_3' Mk. usw., so ist die gesamte Einnahme

$$E = E_1' + E_2' + \dots + \frac{\alpha_1}{100} E + \frac{\alpha_2}{100} E + \dots$$

Hieraus ergibt sich:

$$E = \frac{100 \cdot (E_1' + E_2' + \dots)}{100 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \dots)} = \frac{100 \sum_1^n E}{100 - \sum_1^m \alpha}$$

Auf diesem Wege lassen sich durch Aufrechnung der Einnahmen aus dem Personalfahrgeld und dem Reisegepäck die Gesamteinnahmen aus diesem Verkehr, durch Aufrechnung der Einnahmen aus dem Frachtverkehr und der Anteile aus dem Eilgut-, Expresßgut- sowie dem Viehverkehr die Einnahmen aus dem gesamten Güterverkehr ermitteln. Sind noch Einnahmen aus anderen Verkehrsquellen zu erwarten, etwa Pachten, Mieten oder Zuschüsse, so sind diese besonders zu veranschlagen und mit den übrigen Einnahmen zusammenzustellen.

c) Rückwirkung auf vorhandene Bahnen.

Wird die neue Bahn nicht für eigene gesonderte Rechnung verwaltet, dann müssen auch die Mehreinnahmen und die Einnahmeausfälle auf den übrigen Bahnstrecken, die zum Unternehmen gehören, ermittelt werden.

1. Mehreinnahmen. Zunächst ist der vorhandene Verkehr des aufzuschließenden Gebiets zu berücksichtigen, der bisher auf dem Land- und Wasserwege bewegt worden ist, künftig aber unter Benutzung der neuen und der bisherigen Stationen den älteren Strecken zugeführt wird (s. Sp. 11, 12 und 13 des Musters A und Spalte 6 der Übersicht C). Die hierfür ermittelte Mehreinnahme an Fahrgeldern, Abfertigungsgebühren und Streckenfrachten ergibt sich aus den Spalten 14 der Übersicht A und 11 und 14 des Musters C.

Sodann ist die Mehreinnahme an Streckenfracht aus dem bisher auf Nachbarstationen abgefertigten Verkehre vorzusehen, der bei späterer Benutzung der neuen Linie größere Entfernungen bis zu den Anschlußstationen auf den älteren Strecken zurückzulegen hat als bis zu den seither benutzten Nachbarstationen.

Ferner kommt in Betracht die Mehreinnahme an Fahrgeldern, Abfertigungsgebühren und Streckenfrachten aus einer etwa zu erwartenden Steigerung des Durchgangsverkehrs.

Endlich sind zu berücksichtigen die Mehreinnahmen an Fahrgeldern, Abfertigungsgebühren und Streckenfrachten aus dem neuen Verkehr (s. Muster D), der sich nach Herstellung der neuen Linie entwickeln wird. In gleicher Weise sind die etwaigen Mehreinnahmen aus dem Tierverkehr zu veranschlagen.

2. Einnahmeausfälle. Die Einnahmeausfälle im Personenverkehr berechnen sich aus dessen vermutlichem Rückgang auf den vorhandenen Bahnen, der bei den Verkehrserhebungen gemäß Abschnitt II festzustellen ist.

Im Güterverkehr kommen zunächst die halben Abfertigungsgebühren für die bisher auf den Nachbarstationen des Verkehrsgebiets der neuen Linie abgefertigten Gütermengen in Betracht. Sodann ist die Mindereinnahme an Streckenfracht aus dem bisher auf Nachbarstationen abgefertigten Verkehr zu berücksichtigen, der bei Benutzung der neuen Bahn kürzere Entfernungen bis zu den Anschlußstationen auf den älteren Strecken zurückzulegen hat als bis zu den seither benutzten Nachbarstationen.

Ferner kommt der Durchgangsverkehr in Betracht. Durch die Umlegung des Durchgangsverkehrs auf die neue Bahn entstehen Mindereinnahmen an Streckenfracht für die älteren Linien. Diese Ausfälle sind nach dem bisherigen Verkehrsumfang und nach den Streckeneinheitssätzen für die einzelnen Tarifklassen zu ermitteln. Wenn eine neue Linie die bestehenden Entfernungen abkürzt, aber wegen der betrieblichen Verhältnisse zur Bedienung dieses Verkehrs nicht herangezogen werden kann, sind die Ausfälle an Streckenfracht zu berücksichtigen, die sich aus der Beseitigung von Umabfertigungsmöglichkeiten ergeben. Sie sind in der gleichen Weise zu berechnen, wie es für die Umlegung des Durchgangsverkehrs vorgeschrieben ist.

Der Tierverkehr ist nach den gleichen Gesichtspunkten zu behandeln.

Die Mehreinnahmen und die Einnahmeausfälle sind gegeneinander aufzurechnen. Der Unterschied ergibt die Rückwirkung der neuen Bahn auf die Einnahmen der mit ihr im Zusammenhange bewirtschafteten vorhandenen Bahnen.

d) Gesamteinnahmen.

Durch Aufrechnung der in den Abschnitten a) bis c) nachgewiesenen Einzeleinnahmen erhält man die Gesamteinnahme der neuen Bahn, die der Ertragsberechnung zugrunde zu legen ist.

4. Der Ertrag.

Hat man durch Vergleichsberechnungen nach Abschnitt 2, b die günstigste unter verschiedenen Linien herausgefunden, dann wird für diese ein Baukostenanschlag nach den im Abschnitt 1 gegebenen Richtlinien aufgestellt, ferner ein Betriebsplan und an dessen Hand eine genaue Betriebskostenberechnung nach den Gesichtspunkten des Abschnittes 2, a.

Die Berechnung der Baukosten liefert die Grundlage für die Ermittlung des Anlagekapitals. Bezeichnen wir dessen Größe mit K Mk., die jährlichen Aufwendungen für den Kapitaldienst, ausschließlich der Verzinsung, mit t ‰ des Anlagekapitals, so betragen die jährlichen Aufwendungen hierfür $\frac{K \cdot t}{100}$ Mk.

Werden die neuen Ausgaben für die oberste Verwaltung zu v ‰ der Betriebsausgaben angenommen, die zu B Mk. ermittelt seien, dann sind die jährlichen Aufwendungen hierfür $\frac{B \cdot v}{100}$ Mk. und es ergeben sich die Gesamtausgaben im Jahr zu

$$A = \frac{K \cdot t}{100} + \frac{B \cdot v}{100} + B \text{ Mk.}$$

Die Einnahmen seien nach Abschnitt 3 zu E Mk. im Jahre ermittelt. Hieraus ergibt sich dann der Jahresertrag zu $E - A$ Mk. und eine Verzinsung des Anlagekapitals von

$$r = \frac{E - A}{K} \cdot 100 \text{ ‰.}$$

Vielfach wird das Verhältnis $\frac{A}{E} = \varepsilon$ für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit benutzt. Der Wert ε , Betriebsziffer oder Betriebskoeffizient genannt, sinkt mit steigenden Einnahmen und fallenden Ausgaben. Hieraus wird vielfach der Schluß gezogen, daß mit sinkender Betriebsziffer die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens steigt. Eine solche Folgerung ist nur bedingt richtig. Es kann nämlich ε auch sinken, wenn beide Werte A und E fallen, nur A etwas stärker als E ¹⁾. Dann kann aber auch der Betriebsüberschuß $A - E$ so klein werden, daß die Rente r herabgeht, wie nachstehendes Beispiel zeigt:

$$A = 5\,000\,000 \text{ Mk.}$$

$$E = 7\,000\,000 \text{ „}$$

$$K = 40\,000\,000 \text{ „}$$

Hieraus ergibt sich:

$$\varepsilon = \frac{A}{E} = \frac{5}{7} = 0,71; \quad r = \frac{E - A}{K} \cdot 100 = \frac{7\,000\,000 - 5\,000\,000}{40\,000\,000} \cdot 100 = 5 \text{ ‰.}$$

Sinkt A auf 3 000 000 Mk., E auf 4 500 000 Mk., dann sinkt auch ε auf $\frac{3}{4,5} = 0,67$, aber auch die Rente fällt auf $r = \frac{4\,500\,000 - 3\,000\,000}{40\,000\,000} \cdot 100 = 3,75 \text{ ‰.}$

Aus dieser Betrachtung folgt also, daß für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Bahnunternehmungen die Rente der ausschlaggebende Maßstab ist.

¹⁾ Tecklenburg: Der Betriebskoeffizient der Eisenbahnen und seine Abhängigkeit von der Wirtschaftskonjunktur. Berlin 1911.

X. Ausführung der technischen Vorarbeiten.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

Mit Vorarbeiten bezeichnet man die Ausführung der dem Eisenbahnbau vorhergehenden wirtschaftlichen und technischen Erwägungen und Untersuchungen zum Zwecke der Ermittlung der geringstmöglichen Gesamtkosten der Bahn. Man spricht daher von wirtschaftlichen und von technischen Vorarbeiten. Die ersteren, die in der Untersuchung der Bauwürdigkeit einer Bahn auf Grund der Verkehrsverhältnisse bestehen, sind im Abschn. II besprochen. Hierbei ermittelt man ohne Rücksicht auf die Geländegestaltung die einträglichste Verkehrslinie. Da diese aber praktisch nicht ausführbar ist, so wird die technisch günstigste Linie von der wirtschaftlich günstigsten wesentlich abweichen.

Ferner teilt man die Vorarbeiten nach der zeitlichen Aufeinanderfolge in allgemeine Vorarbeiten und ausführliche Vorarbeiten ein. Die allgemeinen Vorarbeiten sollen ausreichende Unterlagen für die Entscheidung über die Ausführung einer neuen Linie schaffen. Sie sollen in technischer Hinsicht eine genügende Grundlage bieten, um die baulichen Verhältnisse der in Frage kommenden Linie beurteilen und die zur Ausführung erforderlichen Geldmittel bemessen zu können; in wirtschaftlicher Beziehung sollen sie die Unterlagen zur Erlangung eines abschließenden Urteils über den Wert der Bahn für das bestehende Eisenbahnnetz und den zu erschließenden Landesteil abgeben. Sie sollen ferner die Berechnung des voraussichtlichen Ertrags der Bahn ermöglichen. Die allgemeinen Vorarbeiten bilden für Staatsbahnen die Unterlage für die Geldbewilligung, für Privatbahnen die Unterlage für die Baugenehmigung (vgl. S. 395 ff.).

Der Zweck der ausführlichen Vorarbeiten besteht darin, die günstigste Führung der durch die allgemeinen Vorarbeiten in engen Grenzen festgelegten Bahnlinie genau zu ermitteln und den Bauentwurf mit allen Einzelheiten für die zur Ausführung genehmigte Bahn auszuarbeiten. Sie sind wesentlich technischer Natur. Für die allgemeinen und ausführlichen Vorarbeiten bestehen in den einzelnen Ländern besondere Vorschriften¹⁾.

1. Allgemeine Vorarbeiten.

a) Feststellung der Grundlagen für die Vorarbeiten.

Die ersten Erhebungen bei Inangriffnahme der allgemeinen Vorarbeiten bestehen in der Festlegung der betriebs- und bautechnischen Grundlagen der Linienführung an der Hand des zu erwartenden Verkehrs und unter Berücksichtigung der etwa zur Verfügung stehenden Geldmittel.

Von den betriebstechnischen Grundlagen kommen in Betracht: das Zuggewicht, die Zuggeschwindigkeit, die Leistungsfähigkeit und das Gewicht der Lokomotiven sowie die Lage der Wasser- und Kohlenstationen.

Zu der bautechnischen Bahngestaltung, über die Entscheidung zu treffen ist, gehören: die Spurweite, Zahl der Streckengleise, die maßgebende Steigung

¹⁾ Für die Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn vgl. 1. Vorschriften über allgemeine Vorarbeiten, Köln 1911. 2. Bestimmungen für die Aufstellung der technischen Vorarbeiten zu Eisenbahnanlagen vom Okt. 1871. Berlin, Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten. 3. Anleitung für die Anfertigung von ausführlichen Eisenbahn-Vorarbeiten, Köln 1892. Außerdem ist 4. der im Eisenbahnverordnungsblatt 1914 S. 33 abgedruckte Erlaß des Ministers der öff. Arb. v. 7. II. 1914 zu beachten.

der Bahn, die kleinsten Krümmungshalbmesser und die kleinste zulässige Zwischengerade bei Gegenkrümmungen, die Verringerung der Steigung in Bögen, die Umgrenzung des lichten Raumes, der größte Raddruck, die Planumsbreite des Bahnkörpers, die Länge und zulässige Größtneigung sowie die Zahl und Lage der Stationen.

Die Festlegung dieser Grundlagen kann auf Grund der in den Abschnitten IV, V und VI gegebenen Erörterungen erfolgen.

b) Ermittlung von Versuchslinien unter Benutzung von vorhandenen Plänen.

Das wichtigste bei Inangriffnahme der allgemeinen technischen Vorarbeiten für eine Bahnlinie ist die Beurteilung der Geländeverhältnisse an der Hand möglichst guter Pläne der in Betracht kommenden Gegend. Da die Geländegestaltung nur im Zusammenhang mit den Geländehöhen beurteilt werden kann, so bieten Pläne mit eingetragenen Schichtenlinien hierfür die beste Grundlage.

Die Schichten- oder Höhenlinien sind die Verbindungslinien der Punkte gleicher Höhe über dem Meeresspiegel (Normal Null). Je enger sie

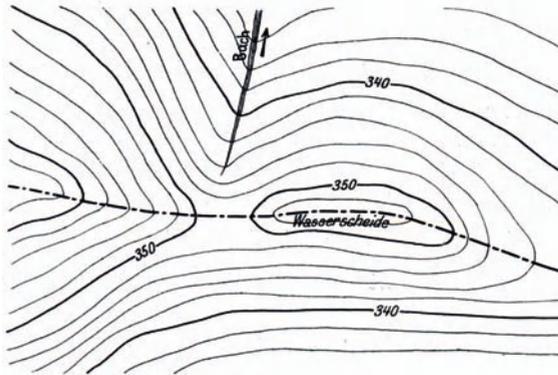


Abb. 142.

liegen, um so steiler ist das Gelände. Der Höhenabstand zwischen den Schichtenlinien wird bei den einzelnen Plänen verschiedenartig gewählt. Er ist abhängig von dem Maßstab des Planes und der Neigung des Geländes. Bei den meist gebräuchlichen Plänen kommen Abstände der Schichtenlinien von 0,5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 und 100 m vor. Die Darstellung von Schichtenlinien in Plänen mit einem kleineren Maßstab als 1:50000

ist nicht mehr möglich. Daher sind für Gebirgsgelände Pläne im Maßstab von mindestens 1:25000 erforderlich. In Abb. 142 ist ein Stück Schichtenplan dargestellt, in dem die strichpunktierte Linie die Wasserscheide angibt.

Als Lagepläne werden möglichst gute Übersichtspläne benutzt. Am geeignetsten hierzu sind in Preußen die Meßtischblätter (Maßstab 1:25000)¹⁾. Wo solche oder ähnliche Pläne nicht zur Verfügung stehen, muß man sich mit den weniger vollkommenen Generalstabskarten (1:100000) behelfen, die sonst auch neben den Meßtischblättern als Übersichtskarten verwendet werden. Sind auch diese nicht vorhanden, so muß man andere geeignete Karten benutzen. Zuweilen wird man die Karten nach bekannten Höhenangaben vervollständigen können.

Ein genaues Studium der Pläne mit Rücksicht auf die Geländegestaltung, die Lage der Ortschaften, die Wasserläufe und Wege wird alsdann ermöglichen, verschiedene Versuchslinien in den Plan einzutragen, was nach den Ausführungen Seite 374 u. ff. erfolgt. Nach Eintragung verschiedener Ver-

¹⁾ Sie sind mit Höhenlinien versehen und so deutlich, daß auch eine photographische Vergrößerung (etwa auf den Maßstab 1:10000) noch brauchbare Pläne liefert. Bei der Neubearbeitung von Meßtischblättern würde es sich empfehlen, den Höhenlinien in umfangreicherer Weise Höhenzahlen beizusetzen.

suchslinien in den Lageplan wird man die Linie bereisen, um sich von ihrer Ausführbarkeit zu überzeugen und die Richtigkeit des Planes, der ja nicht immer dem neuesten Stande entsprechen kann, zu prüfen. Hierbei wird man meist schon Verbindungen mit den Ortsbehörden zur Ermittlung der günstigsten Lage der Stationen anknüpfen.

Im Flachlande wird es, nachdem etwa neu hinzugekommene, im Plan noch nicht vorhandene Wegeanlagen, Gebäude usw. zunächst in der einfachsten Weise — häufig durch Abschreiten — aufgenommen und in den Lageplan eingetragen sind, schon auf Grund des nunmehr berichtigten Planes und der Streckenbereisung möglich sein, die bauwürdigste von den eingetragenen Vergleichslinien auszuwählen und das für die Linie in Betracht kommende Gelände auf einen schmalen Geländestreifen zu beschränken.

Bei der Bereisung wird man gleichzeitig eine Übersicht zu gewinnen suchen über die allgemeine Geländegestaltung, die geologischen und Hochwasserverhältnisse, über etwaige besondere Hindernisse wie Moore, Seen und dergl. Die Linie wird man so zu legen trachten, daß größere Wasserläufe, Moore und Seen günstig und möglichst senkrecht geschnitten werden, daß das häufige Kreuzen von Wegen und das Anschnneiden von wertvollen Grundstücken, die Nachbarschaft nicht feuersicher eingedeckter Gebäude sowie vor allem Kirchhöfe vermieden werden. Hierbei wird es sich empfehlen Wege zu verlegen, wenn ihre Verlegung einfacher als eine Verschiebung der Bahn ist. Inwieweit die Beseitigung bestehender Wege zulässig ist, bedarf der besonderen Prüfung. Hierüber entscheidet in Deutschland die Landespolizeibehörde (vgl. Abschn. XI). Vorhandene Bahnlinien werden dagegen im allgemeinen als unveränderlich angesehen werden müssen, und nach ihrer Höhenlage wird die Höhe der neuen Bahn zu bestimmen sein.

Ist die Bahnlinie auf diese Weise im allgemeinen festgelegt, so ist ein Höhenplan aufzustellen. Als Unterlage hierzu dient — für nicht zu genaue Entwürfe — eine überschlägige Höhenmessung der Strecke, wozu besonders die geschnittenen Wege und Wasserläufe (mit ihrem höchsten Wasserstand), einige sonstige wichtige Punkte an Grundstücksgrenzen und ähnliche Geländeteile aufgemessen werden. Gleichzeitig wären Unterlagen zur Ermittlung der Breiten der Wasserläufe zu sammeln und die Wegebreiten festzustellen. Will man sogleich einen Vorentwurf haben, der zur möglichst genauen Ermittlung der Baukosten dienen soll, so empfiehlt es sich, die auf dem Lageplan eingetragene Linie im Felde abzustecken, bevor sie in ganzer Länge einivellierte wird.

Die Höhenaufnahme der Bahn wird nunmehr nach den auf S. 377 angegebenen verzerrten Maßstäben und Erläuterungen am einfachsten auf Millimeterpapier aufgetragen. In diesen Plan wird ferner die Steigungslinie der Bahn nach den Ausführungen auf S. 377 u. ff. so eingezeichnet, daß ein ungefähre Ausgleich zwischen den Auf- und Abtragungsmassen erreicht wird. Liefert diese Linie noch kein zufriedenstellendes Ergebnis, so kann versucht werden, sie durch Verschieben zu verbessern, oder es werden neue Versuchslinien aufgetragen und die ungünstigsten ausgeschieden.

Erfordern auch im Flachlande einige schwierige Punkte schon eine besondere Bearbeitung, so empfiehlt es sich, zur Vervollständigung der Lagepläne von den Flurbüchern in den Katasterämtern Abzeichnungen herstellen zu lassen, um mit ihrer Hilfe einige schwierige Punkte in größeren Maßstab zu übertragen.

In ebenem und sehr einfachem Gelände kann ein Geübter auch wohl eine Versuchslinie ohne Planbearbeitung unmittelbar im Gelände ausstecken und durch einen Höhenplan darstellen.

In gebirgigem Gelände ist das Aufsuchen der günstigsten Linie we-

sentlich schwieriger als im Flachlande, weil hier zu den in der Ebene vorliegenden Schwierigkeiten, die auch hier zu beachten sind, noch die sich aus dem Gebirgsgelände ergebenden ungünstigen Höhenverhältnisse hinzukommen. Um die Ausführbarkeit der in dem Lageplan eingetragenen Linie feststellen zu können, werden sich daher hier umfangreiche Höhengmessungen nur selten vermeiden lassen. Zur Ermittlung der erforderlichen Höhen an Wegkreuzungen, Bachläufen usw. genügt jedoch bei überschlägigen Entwürfen das gegenüber dem Nivellierinstrument wesentlich bequemere Aneroid.

c) Geländeaufnahmen und ihre Auftragung.

Geländeaufnahmen werden zunächst dort erforderlich, wo keine Pläne vorhanden sind, wie in unkultivierten Gegenden (z. B. in Kolonien). Dort muß mit flüchtigen astronomischen Ortsbestimmungen, mit Rutenaufnahmen nach Marschzeit und Taschenkompaß und mit barometrischen Höhengmessungen notdürftig erst ein Teil von dem geschaffen werden, was in Ländern auf höherer Bildungsstufe durch Meßtischblätter und Landesaufnahmen viel besser mühelos geboten ist. Da aber die vorher beschriebene Bearbeitung der Linie unter Benutzung von vorhandenen Plänen in jedem Falle nur für überschlägige Vorentwürfe genügt, so wird man auch in Ländern mit guten Karten nach Aufstellung der ersten Versuchslinie den in Betracht kommenden Geländestreifen in der Regel nochmals genau aufnehmen. Dies wird sich besonders bei Hügelland- und Gebirgsbahnen schon deshalb empfehlen, weil auf den allgemeinen Vorarbeiten die Ermittlung der Baukosten gegründet wird, deren zu geringe Ermittlung später zu großen Schwierigkeiten führen muß.

Die Breite der aufzunehmenden Flächen hängt von dem für die Linie in Betracht kommenden Geländestreifen ab, für den in schmalen Tälern eine sehr geringe Breite genügt, während in unregelmäßigem Gelände eine größere Breite erforderlich wird. Bei mittleren Verhältnissen wird eine Breite von etwa 300 m zu jeder Seite der Bahnachse, insgesamt also 600 m Breite ausreichen. Einen großen Anspruch auf Genauigkeit verlangen auch diese Pläne, die die Bahnlinie ja nur in gewissen Grenzen festzulegen bestimmt sind, nicht. Insbesondere ist Genauigkeit nur für die in der Nähe der Linie gelegenen Punkte erforderlich, während für entferntere unwesentliche Teile eine weitgehende Genauigkeit entbehrlich ist. Um ermitteln zu können, was wichtig und was entbehrlich ist, werden diese Aufnahmen besser von Ingenieuren als von Landmessern ausgeführt. Eigentumsgrenzen werden hierbei noch nicht mit aufgenommen.

Nunmehr wird als Grundlage für die Herstellung der Lagepläne bei einfachen Geländebeziehungen ein fortlaufender Vieleck- oder Leitlinienzug ausgesteckt und durch Pfähle gut gesichert. Seine Längen werden meist mit Meßblättern oder Meßband, seine Winkel mit Winkelmeßinstrumenten oder meist einfacher durch Messung der Dreiecksseiten ermittelt. Empfiehlt sich das Abstecken eines Vieleckzuges nicht, so ist ein Koordinatennetz zu wählen. In starkwelligem Gelände und für die Aufnahme von Einzelheiten ist auch die Aussteckung eines Dreiecknetzes mit Hilfe von Meßtisch oder Tachymeter der Aussteckung des Vieleckzuges vorzuziehen, zumal hierbei Hindernisse umgangen, die Beschädigungen von Grundeigentum verhindert und die Höhengmessungen der Geländepunkte gleichzeitig mit der Flächenaufnahme vorgenommen werden können. Auch die Photogrammetrie bietet ein Mittel der Aufnahme. Bei ihr werden mit dem Phototheodoliten, der statt des Fernrohres eine Kamera trägt, photographische Aufnahmen gemacht und aus den auf der Platte gemessenen Entfernungen der Bildpunkte die Winkel berechnet. Die Photogrammetrie ist aber für hügeliges Gelände noch zu kostspielig und nur in unzugänglichem Hochgebirge zu empfehlen.

Nach der Aufnahme der Lagepläne werden die Höhen ermittelt. Von den drei Höhenmessungsarten, dem nivellitischen, dem trigonometrischen und dem barometrischen Verfahren ist ersteres am genauesten, das zweite weniger genau, das letztere am ungenauesten. Die Fehler gehen in den drei Fällen in Zentimeter, in Dezimeter und in Meter¹⁾. Die Vorbedingung für die Höhengaufnahme ist meist die Festlegung einer Reihe von zuverlässigen Festpunkten mittels des Nivellierinstrumentes in Abständen von etwa 1 km, die an die Festpunkte der Landesaufnahme anschließen müssen. Hierzu werden zweckmäßig die leicht auffindbaren Nummersteine in der Nähe gelegener Chausseen oder Wege verwendet, andernfalls müssen etwa 1 m lange, mit einem unteren Kreuze versehene Holzpfähle als Festpunkte verwendet werden.

Die Höhengaufnahme des sonstigen Planes erfolgt durch Meßtisch, Tachymeter oder bei großen Höhen, wenn große Genauigkeit nicht erforderlich ist, und für die entlegeneren Teile des Planes mit dem Aneroidbarometer, das trotz der großen Ungenauigkeit wegen der Bequemlichkeit und Unabhängigkeit sehr geschätzt ist und zur Ergänzung der trigonometrischen und tachymetrischen Arbeiten zweckmäßig verwendet wird. Mit ihm können zwar bei nicht gutem Arbeiten leicht Fehler von 5—10 m entstehen, die sich aber bei einigermaßen sorgfältiger Arbeit und ausreichenden Stichproben bei Höhenunterschieden bis zu etwa 300 m auf 1—2 m einschränken lassen. Die Vorteile des Aneroides liegen in seiner Verwendbarkeit in unübersichtlichem und gebirgigem Gelände, auch bei Nebel und Regen. Das Aneroid empfiehlt sich besonders bei Bahnlagen, für die noch keine Pläne vorliegen, also z. B. in den Kolonien. Nicht so empfehlenswert ist bei den allgemeinen Vorarbeiten das Ausstecken von rechtwinklig zu dem Vieleckzug gelegenen Linien mittels des Winkelkopfes und die Bestimmung der Höhen der wichtigsten Punkte dieser Querlinien durch Nivellierinstrument oder Setzlatte und Wasserwaage. Denn dieses Verfahren ist sehr zeitraubend. Es ist nur dort am Platze, wo durch die Örtlichkeit der Bahnlinie ohnehin bestimmte enge Grenzen gegeben sind. In gebirgigem Gelände empfiehlt es sich, die Querlinien so schräg zum Vieleckzug anzuordnen, daß sie annähernd rechtwinklig zu den Höhenlinien der Bergabhänge gelegen sind.

Das Auftragen der Geländeaufnahmen. Nachdem das Gelände aufgenommen ist, wird es — in der Regel im Maßstab 1:10000 oder bei schwierigen Geländebeziehungen in den Maßstäben 1:5000 oder 1:2500 — im Plane dargestellt. Hierzu wird, wenn keine Kartenunterlagen vorhanden waren, der im Feld abgesteckte Vieleckzug mit den übrigen Aufnahmen aufgetragen.

Der Maßstab hängt von der erforderlichen Genauigkeit der Pläne ab. Nimmt man an, daß man bis 0,1 mm genau zeichnen kann, so beträgt der Genauigkeitsgrad der Pläne im Maßstab 1:10000 ± 1 m, für Pläne im Maßstab 1:5000 $\pm 0,5$ m. Bei einem Schichtenplan im Maßstab 1:10000 mit einer Geländeneigung 1:1 ergibt die wagerechte Verschiebung von 0,1 m eine Höhenänderung von 1,0 m. Weitere Ungenauigkeiten kommen aber in die Pläne beim Umdrucken und durch Verziehen beim Lichtpausen.

Die Höhen können im Plan entweder durch Angabe von Höhenpunkten, denen die Höhe beigeschrieben wird, oder durch Zeichnen von Schichtenlinien dargestellt werden. Letztere, für die hierbei meist Höhenabstände von 5 oder 10 m gewählt werden, sind im offenen Hügelland geeignet, während in sehr steilem und in stark bebautem Gelände die Ermittlung bestimmter Höhenpunkte ohnehin erforderlich und daher die Ermittlung der Höhenlinien entbehrlich ist. Die Schichtenlinien werden aus den aufgenommenen Höhen durch Einschieben und Schätzen ermittelt; hieraus ergibt sich, daß Schichtenlinien das Gelände nicht genau, sondern nur angenähert wiedergeben.

¹⁾ vgl. Dr. Jordan, Über Eisenbahnvorarbeiten. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1897, S. 22.

Nur selten wird es notwendig sein, die Pläne durch vollständige Neuaufnahmen zu gewinnen, vielmehr wird man zu ihrer Herstellung neben den Meßtischblättern meist die vorhandenen Flurkarten (Katasterpläne) zu Hilfe nehmen, die in sehr verschiedenen Maßstäben (am häufigsten 1:1000 bis 1:5000) vorkommen. Man wird daher zweckmäßig von diesen in den Katasterämtern rechtzeitig Abzeichnungen herstellen lassen und sie durch Storchschnabel, durch Überziehen mit einem Netz von Quadraten oder auch durch Photographieren auf den gewünschten Maßstab bringen. Bei diesem Verfahren kann man die Neuaufnahmen dann meist auf die Berichtigung des Lageplanes und auf die Aufnahmen der Höhen beschränken. Es werden dann Leinwandpausen hergestellt, in die die Höhenpunkte und später die aufgenommenen Höhenzahlen im Felde eingetragen werden. Die Verwendung von vorhandenen Plänen hat aber stets den Nachteil, daß das Aneinanderfügen aller Kartenteile bei dem verschiedenen Papiereingang¹⁾ recht schwierig ist. Zweckmäßig sind daher die in Württemberg, das in Bezug auf Planunterlagen mustergültig ist, vorhandenen Flurkarten mit Koordinatennetzen im Maßstab 1:2500, die ein zuverlässiges Aneinanderfügen aller Plan-teile gestatten.

d) Aufstellen des Entwurfs auf dem Papier.

Aufsuchen der Linie im Schichtenplan. Nach Herstellung der Schichtenpläne müssen zunächst aus dem Plane festgestellt werden: die Anfangs- und Endpunkte von den mit der Größtsteigung anzulegenden Bahnstrecken, die Talzüge, die von beiden Seiten zur Ersteigung der Wasserscheide benutzt werden sollen, und alle sich aus der Örtlichkeit ergebenden Zwangspunkte wie schmalste Stellen und zweckmäßigste Höhe für die Überschreitung einer Wasserscheide, günstigste Lage für einen Tunnel, Lage und Höhe der Stationen, Kreuzungen mit anderen Bahnlinien usw. Dadurch ist die Bahntrasse schon an verschiedenen Punkten festgelegt, so daß nur noch die zwischen diesen Festpunkten möglichen verschiedenenartigen Linien aufzusuchen sind.

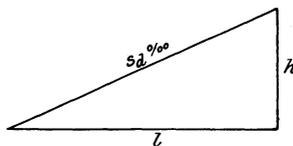


Abb. 143.

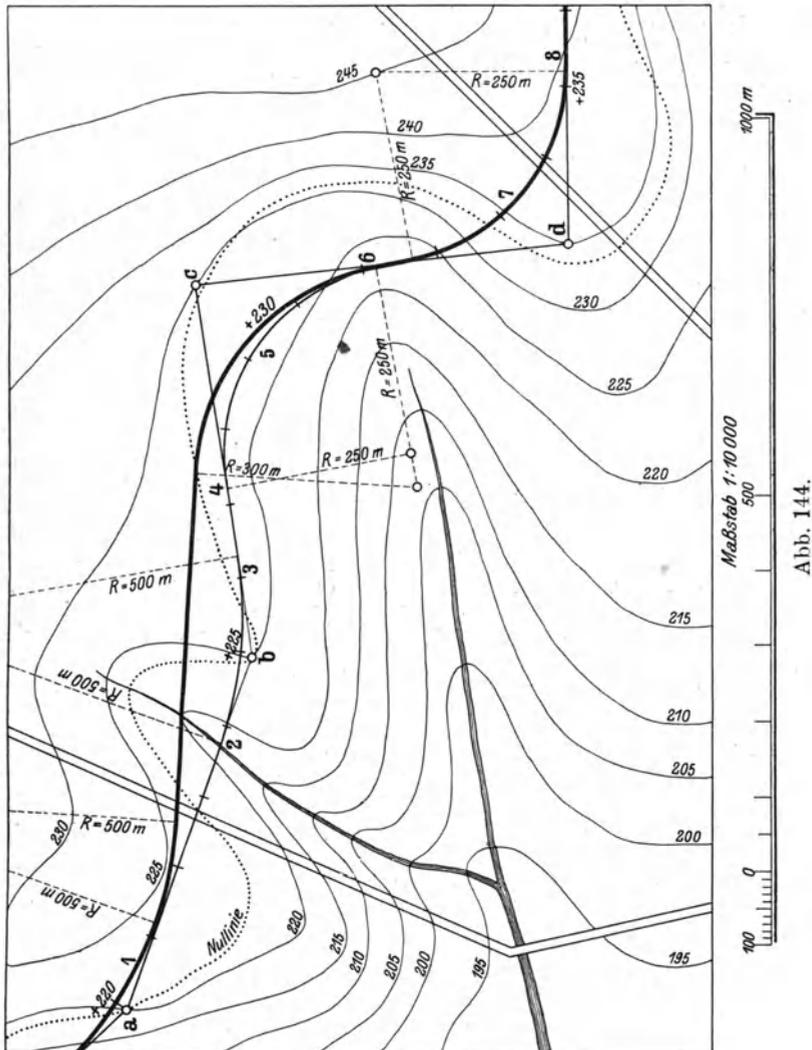
Die nunmehr zu ermittelnde erste Versuchslinie darf nicht mit der größtzulässigen Steigung entworfen werden, weil sonst durch die Zusatzwiderstände in den Krümmungen der Widerstand der maßgebenden Steigung überschritten werden würde; vielmehr ist dem Entwurf die Seite 170

ermittelte Durchschnittsneigung zugrunde zu legen.

Ist der Höhenunterschied zweier Schichtenlinien h , die Durchschnittsneigung s_a in v. T., so ist nach Abb. 143, die einen Querschnitt durch zwei Schichtenlinien darstellt, zwischen diesen eine Länge von $l = \frac{h}{s_a} \cdot 1000$ erforderlich, um von einer Schichtenlinie auf die andere zu gelangen, also z. B. in Abb. 144 bei 5 m Höhenunterschied zwischen den Schichtenlinien und einer Steigung von 10 v. T. $l = 500$ m. Man nimmt daher die Länge l in den Zirkel und geht von einem festliegenden Punkt einer Schichtenlinie (in Abb. 144 von dem Punkte a auf $+220$) durch Umschlagen des Zirkels auf die nächsthöhere Schichtenlinie (Punkt b auf $+225$) und so in der Richtung der nächsten Zwangspunkte (c, d in Abb. 144) weiter. Dort, wo Stationen anzulegen sind, wird hierbei, wenn nicht die Neigungsverringerung in den Stationen schon in der Durchschnittsneigung mit berücksichtigt ist,

¹⁾ Das Papier verzieht sich.

die Bahnhofslänge wagerecht im Plan abgesetzt und erst von dem Endpunkte des Bahnhofs aus in der angegebenen Weise mit dem Zirkel weitergearbeitet. Bei Herstellung dieses Linienzuges wird man zu spitze Winkel zwischen den Seiten des Linienzuges zu vermeiden suchen, damit das Einlegen von Bögen innerhalb der zulässigen schärfsten Krümmungen möglich ist. Bei sehr stark gekrümmten Schichtenlinien und in kleinen Seitentälern wird man ferner



auch mit der doppelten und dreifachen Länge l gleich auf die entsprechend höhere Schichtenlinie übergehen. Dasselbe wird notwendig, wenn — besonders bei Überschreitung eines Tales oder einer Wasserscheide — mit dem Zirkelabstand l die nächsthöhere Schichtenlinie nicht zu erreichen ist. Dagegen wird man auch, wenn die Schichtenlinien sehr weit von einander entfernt liegen, nach Abb. 145 an der betreffenden Stelle sich Zwischenschichtenlinien ermitteln und etwa mit der Länge $\frac{l}{4}$ vorwärts gehen.

Die so erhaltenen Punkte werden nun mit freier Hand durch Umkreisung hervorgehoben und durch Bleilinen miteinander verbunden. Dadurch entsteht ein gebrochener Linienzug (in Abb. 144 der Linienzug a-b-c-d), der in den Brechpunkten mit dem Gelände in gleicher Höhe gelegen ist, also nur geringe Erdarbeiten erfordert und eine gleichmäßig durchgehende Steigung aufweist.

Ist die Länge der Gesamtstrecke zwischen zwei Zwangspunkten größer als die maßgebende Steigung erfordert, so kann die Neigung ermäßigt werden, wodurch das Fahren stärkerer Züge ermöglicht wird, oder man kann auch an gewissen Stellen flachere Steigungen einlegen, wodurch wesentliche Ersparnisse an Erdarbeiten oder Bauwerken erzielt werden. Gelingt es dagegen nicht, in der beschriebenen Weise dem Zwangspunkte zusteuernd, seine Höhe zu erreichen, so muß, wenn man nicht durch

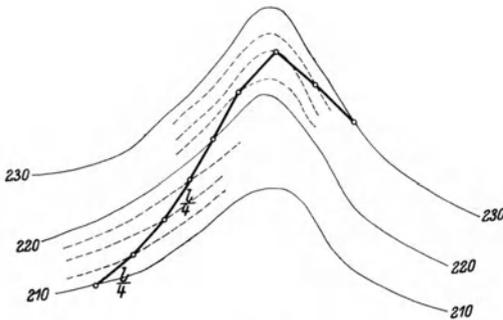


Abb. 145.

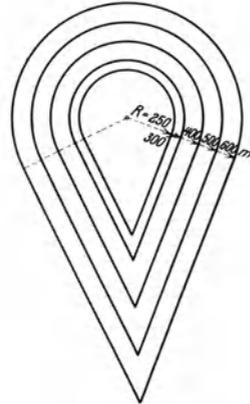


Abb. 146.

Zugteilung oder Verwendung einer Zahnstange stärkere Steigungen zulassen will — eine künstliche Längenentwicklung (vgl. S. 236 u. ff.) für die Bahnlinie gewählt werden. Wird diese erforderlich, so wird man sich auf Grund der Geländegestaltung für die Art der Längenentwicklung zu entscheiden haben und sonst in gleicher Weise, wie vorher angegeben, einen gebrochenen Linienzug unter möglichster Anpassung an das Gelände in den Plan eintragen.

Nunmehr wird nach Abb. 144 der gebrochene Vieleckzug durch einen aus Kreisbogen und Geraden bestehenden Linienzug (1—2—3—4—5—6—7—8

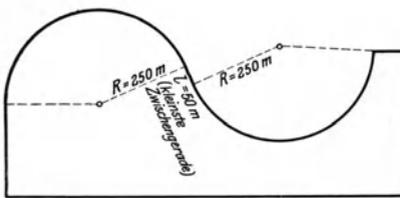


Abb. 147.

in Abb. 144) ersetzt, der sich dem gebrochenen Vieleckzug am besten so anpaßt, daß seine Eckpunkte weggeschnitten werden. Hierdurch wird die Linie im allgemeinen ein wenig gekürzt. Der Linienzug darf keine kleineren als die zulässigen Halbmesser aufweisen und muß bei Gegenkrümmungen die erforderlichen Zwischengeraden (vgl. S. 220) enthalten. Die Kreisbogen werden am

besten mit Hilfe von Vorlagen oder Lehren eingezeichnet, die im Maßstabe des Planes (z. B. 1:10000) nach Abb. 146 auf Pauspapier aufgetragen oder nach Abb. 147 aus Zeichenpapier geschnitten werden. Die Vorlagen werden auf den Plan gelegt und in die richtige Lage geschoben, wodurch der Kreismittelpunkt festgestellt wird, der alsdann die Möglichkeit zum Einzeichnen des Kreisbogens mit dem Zirkel ergibt. Die Bogenanfangs- und Endpunkte und die Halbmesser der Kreise werden im Lageplan besonders angegeben (vgl. Abb. 144).

Der Vieleckzug (1—2—3...8 in Abb. 144) kommt annähernd der sogenannten Null- oder Leitlinie gleich, die diejenige Kurve darstellt, die abgesehen von Querbeförderung keine Erdarbeiten für die Bahnlinie erfordern

würde. Man erhält sie, indem man durch jeden Punkt der Trasse rechtwinklig zu ihr (im Lageplan) eine Wagerechte legt, den Durchdringungspunkt dieser mit dem Gelände ermittelt und die Durchdringungspunkte miteinander verbindet. Die Nulllinie (in Abb. 144 punktiert dargestellt) wird in hügeligem Gelände so scharf gewunden sein, daß ihr auch die kleinsten zulässigen Halbmesser nicht angepaßt werden können. Infolge Ersatz des Vieleckzuges durch den aus Kreisbogen und Geraden bestehenden Linienzug (1 — 2 — 3 — 4 ... 8 in Abb. 144) wird daher die Trasse meist von der Nulllinie mehr abgelenkt, wodurch die Erdarbeiten vergrößert werden. Die Nulllinie liegt in Einschnittsstrecken talwärts, in Aufträgen bergwärts von der Bahnlinie. Die durch sie und die Trasse begrenzten Flächen geben bei nicht zu stark wechselnder Querneigung einen ungefähren Maßstab für die Größe der Einschnitts- und Auftragsmassen. Man verbessert die Trasse, d. h. verringert die Erdarbeiten, indem man die Trasse an die Nulllinie heranschiebt oder sie wenigstens, wie den linken Teil der starken Linie in Abb. 144, günstiger zur Nulllinie legt. Einen annähernden Massenausgleich schon aus dem Lageplan abzulesen, wird nur für sehr Geübte möglich sein.

Anfertigung des Höhenplanes. Nach dem Aufsuchen der Linie im Schichtenplan wird sogleich an das Auftragen des Höhenplanes oder Längenschnittes — d. h. eines lotrechten, in der Bahnachse geführten Schnittes — gegangen. Die bildliche Darstellung des Höhenplanes (vgl. Abb. 148a) läßt die Geländeoberfläche, die Neigungsverhältnisse der Bahnachse, die gegenseitige Lage zwischen Gelände und Bahnachse, die Höhenlage der geschnittenen Wege und Wasserläufe und die lichten Weiten der Unterführungen gut übersehen und demnach die erforderlichen Erdmassen und Unterbauarbeiten klar hervortreten.

Für die Darstellung des Längenschnittes denkt man sich die Schnittfläche in eine Ebene ausgebreitet, trägt jedoch die Höhen in einem größeren Maßstab als die Längen auf (10- bis 50fach, meist 20fach). Der Längenmaßstab wird zweckmäßig gleich dem des zugehörigen Lageplans gewählt. Übliche Maßstäbe sind demnach

	für die Längen	1 : 10 000	für die Höhen	1 : 500 (wie in Abb. 148a)
"	"	"	1 : 5 000	" " " 1 : 250
"	"	"	1 : 2 500	" " " 1 : 250
"	"	"	1 : 2 000	" " " 1 : 200

Um den Höhenplan zu ermitteln, schneidet man sich am besten von Millimeterpapier einen 1 cm breiten Streifen ab und rollt ihn, wie Abb. 149 erkennen läßt, an der Bahnlinie vom Anfangspunkt beginnend ab. Hierbei deutet man auf dem Streifen die Schnittpunkte der Trasse mit den Wegen und Wasserläufen sowie den Schichtenlinien an und schreibt sich klein die Höhen der letzteren ein. Gleichzeitig werden dabei von dem Millimeterpapier die Teil- oder Stationspunkte (alle 100 m) auf die Trasse im Lageplan übertragen; damit ist zugleich die Linie stationiert. Mit der Streckenteilung wird im allgemeinen an der Mitte des Empfangsgebäudes der Anschlußstation begonnen. Das Entlangführen des Millimeterpapierstreifens an den Krümmungen der Trasse ist nur an der Außenseite der Bogen möglich. Man geht dann zweckmäßig so vor, daß z. B. die Krümmung $BA_1 - BE_1$ in Abb. 149 an der Kante $a - b$ des Millimeterstreifens, die Krümmung $BA_2 - BE_2$ an der Kante $c - d$ des Millimeterstreifens abgerollt wird.

Von dem mit den Geländehöhen usw. versehenen Papierstreifen werden die Höhen auf ein unten stationiertes Zeichenblatt übertragen, wozu häufig Netz- oder Millimeterpapier verwendet wird. Am besten befestigt man hierzu

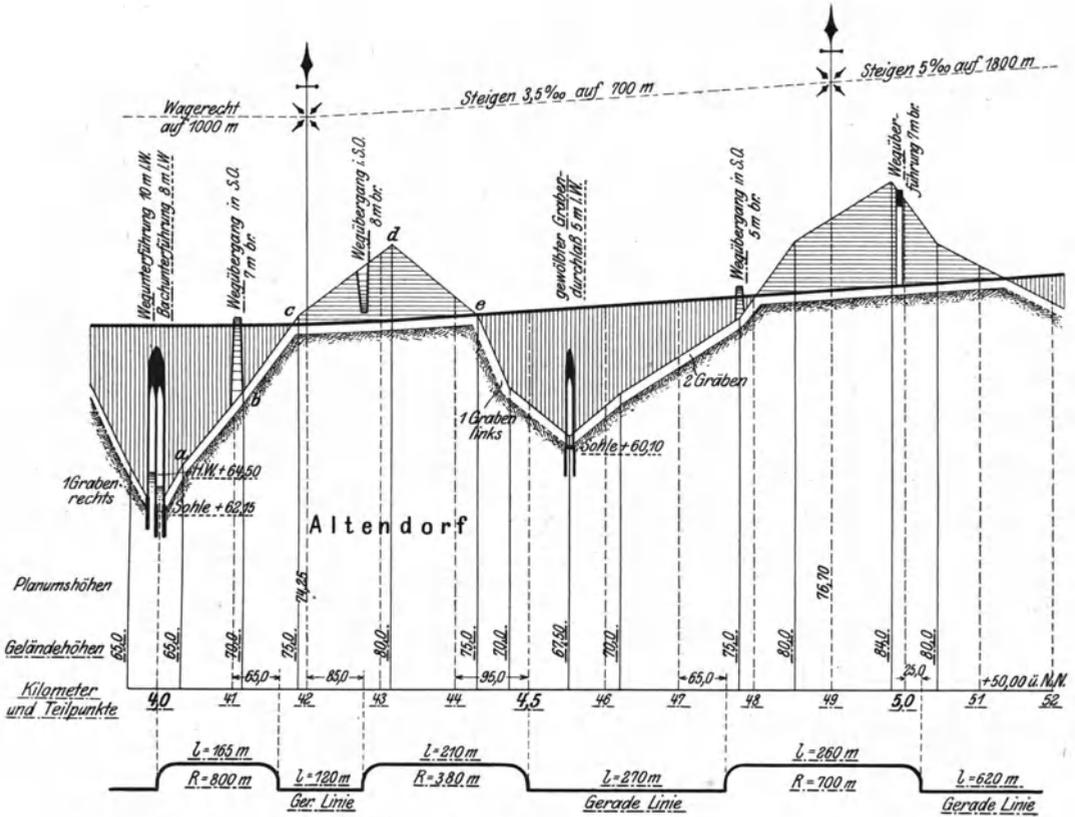


Abb. 148a. Höhenplan.

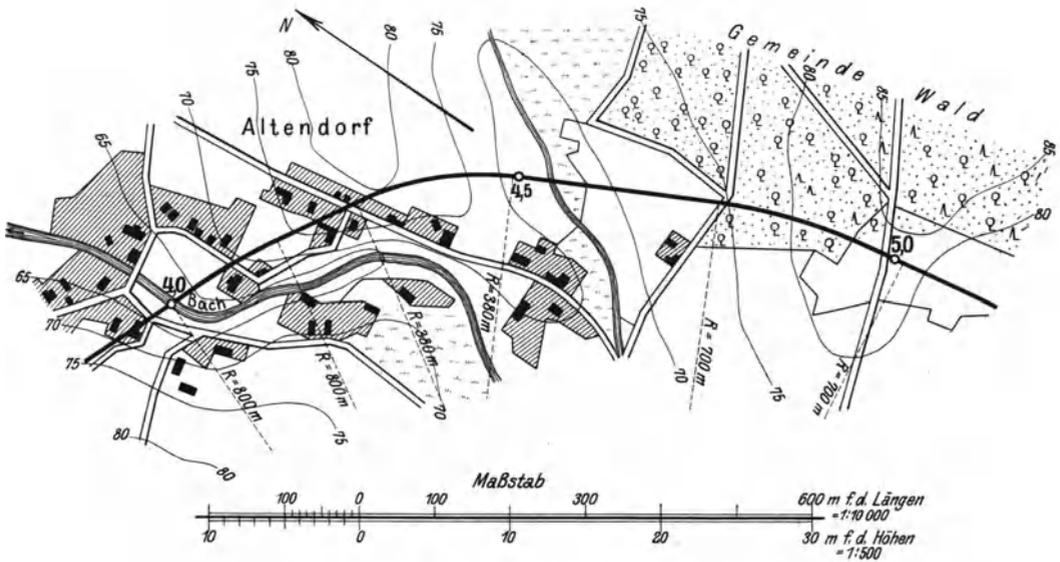


Abb. 148b. Lageplan.

Abb. 148a u. b. Höhen- und Lageplan einer Bahnstrecke.

den Streifen am Zeichenblatt unterhalb der Streckenteilung, nimmt die Höhen herauf und trägt sie in dem gewählten Höhenmaßstab auf. Als Wagerechte des Höhenplanes wird mit Rücksicht auf den Raum nicht die Höhe von Normal Null, sondern eine gehobene Höhe angenommen (in Abb. 148a z. B. $+50$ m ü. N. N.). Die so ermittelten Punkte des Längenschnitts (a, b, c, d... in Abb. 148a) werden zunächst aus freier Hand geradlinig miteinander verbunden, auch die Höhenzahlen und Wegebezeichnungen beigeschrieben.

Nunmehr wird in die gebrochene Geländelinie des Höhenplanes die Neigungslinie der Bahn als gleichmäßig ansteigende Linie — unter Benutzung eines Zwirnfadens, eines durchsichtigen Lineals oder eines Blattes Pauspapier, auf dem eine gerade Linie angegeben ist — so in den Höhenplan eingetragen, daß sich Auf- und Abträge nach dem Augenmaß annähernd ausgleichen. Die Neigung dieser Linie braucht nicht unbedingt der ohnehin nur durch Schätzung ermittelten Durchschnittsneigung zu entsprechen; sie darf in keinem Falle aber die maßgebende Steigung überschreiten. Als Höhenlage für die Linie wird am besten die Höhe des Bahnplanums, nicht die Schienen- oder Schwellenoberkante gewählt, weil die Einzeichnung des Bahnplanums die beste Möglichkeit zur Beurteilung der erforderlichen Bodenbewegung bietet. Man ist nun in der Lage, die Güte der Linie zu beurteilen, ob große Auf- und Abtragsmassen notwendig werden, ob diese sich annähernd ausgleichen, wo Tunnel und Brücken liegen werden usw. Dieser Längenschnitt gewährt daher erst ein Urteil über die Brauchbarkeit der in den Lageplan eingetragenen Linie.

In den seltensten Fällen wird diese Linie den Anforderungen genügen; man muß sie vielmehr zu verbessern suchen; dies kann in folgender Weise geschehen:

1. durch Veränderung der Neigungslinie im Höhenplan (durch Herauf- oder Herunterschieben, bis ein Massenausgleich annähernd vorhanden ist);
2. durch Verschieben der Linie im Lageplan. Hierdurch sind Verbesserungen leicht zu erreichen, wenn die Linie im Lageplan annähernd in

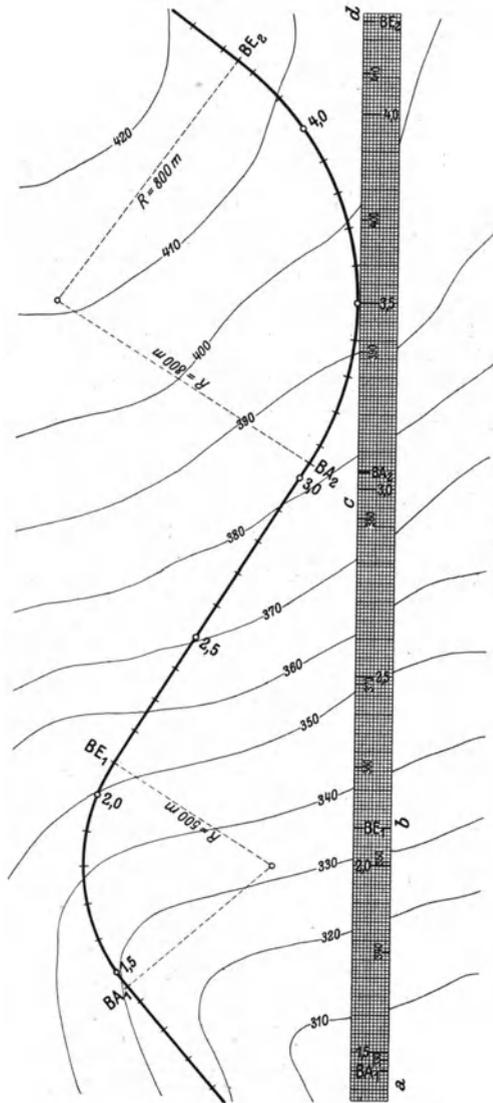


Abb. 149.

Richtung der Schichtenlinien verläuft (wie z. B. auf der Strecke 3—4—5—6 in Abb. 144), weil dann eine geringe Parallelverschiebung der Linie sogleich zu einer nicht unbedeutlichen Veränderung der Auf- und Abtragmasse führt. Durchschneidet dagegen die Bahnlinie die Schichtenlinien annähernd senkrecht, (wie z. B. zwischen km 4,5 und 5,0 in Abb. 148a), so lassen sich Verbesserungen weniger leicht erzielen, weil dann eine Parallelverschiebung der Linie keine nennenswerte Änderung der Massen zur Folge hat;

3. durch gleichseitiges Verschieben der Linie im Höhen- und im Lageplan.

Für jeden durch die Linienverbesserung ermittelten neuen Streckenteil ist ein neuer Höhenplan aufzutragen. Der Vergleich der verschiedenen Höhenpläne läßt die Verbesserung der Linie erkennen. Hierbei wird zu beachten sein, daß nicht immer ein vollkommener Ausgleich der Bodenmassen zu erreichen sein wird und daß, da nur die kleinstmöglichen Erdarbeiten in Verbindung mit einem Massenausgleich die billigste Trasse liefern, zuweilen auch eine Ablagerung und Entnahme von Boden zweckmäßig sein kann. Auch sind nicht allein die Erdarbeiten maßgebend, sondern es ist auch auf die Wegüber- und Unterführungen, die Wegeverlegungen und Brücken über Wasserläufe Rücksicht zu nehmen; auch sind wegen der Gefahr der Schnee- verwehungen lange flache Einschnitte zu vermeiden.

Die Linienverbesserungen durch Änderungen oder Verschiebungen der Linie werden so lange versucht, bis die günstigste Lage der Linie gefunden ist. Bei den Verbesserungen der Linie ergeben sich Längenveränderungen, für die man, um nicht eine neue Streckenteilung jedesmal durchführen zu müssen, Fehlerstationen einführt.

Erscheint eine Linie im allgemeinen brauchbar, so wird zur Darstellung der Krümmungsverhältnisse das Kurvenband unter den Höhenplan gesetzt (vgl. Abb. 148) und darin die Längen der Geraden und Halbmesser eingetragen. Ferner wird die gleichmäßige Durchschnittsneigung durch einen gebrochenen Linienzug ersetzt, indem nach Seite 170 in der graden Bahn und in Krümmungen von > 1500 m die maßgebende Steigung s_m und in den Kurven die Steigung $s_r = s_m - w_r$ angeordnet wird. Daß dabei zur Vermeidung eines zu häufigen Neigungswechsels in gewissen Streckenabschnitten mit nicht zu stark abweichenden Krümmungen und kleinen Zwischengeraden eine gleichmäßige Steigung durchgeführt wird, war bereits Seite 168 (unten) näher erörtert.

Die Einführung der maßgebenden Steigung und Steigungsermäßigungen in den Krümmungen an Stelle der gleichmäßigen Durchschnittsneigung hat nun wieder eine meist allerdings nur geringe Veränderung des Höhenplanes und damit der erforderlichen Bodenmassen zur Folge; auch wird, da ja der Höhenverlust h_r infolge des Krümmungswiderstandes zunächst nur geschätzt worden war, die Länge der ganzen Steilrampe eine geringe Veränderung erfahren. All dies erfordert gegebenenfalls eine nochmalige Verbesserung der Linie. Die Verbesserungen werden zunächst stets für den zwischen zwei Zwangspunkten gelegenen Streckenabschnitt (z. B. für die Strecke zwischen zwei Bahnhöfen), alsdann bei genauerer Bearbeitung für einzelne besonders schwierige Teilstrecken durchgeführt. Erwähnt sei noch, daß der endgültige Höhenplan die Gefällwechsel, wenn möglich, an Stationspunkten aufweisen und die Höhenzahlen an den Gefällwechseln der Neigungen als abgerundete Zahlen darstellen soll.

Nachdem die Linienverbesserungen abgeschlossen sind, wird der Höhenplan durch Eintragung der Wege, Durchlässe und Gräben (vgl. Abb. 148a)

vervollständigt. Alsdann wird an die Ermittlung der Bodenmassen durch Auftragen des Flächen- und Massenplanes geschritten. Bei diesem kann auch zur Verringerung der Erdarbeiten zuweilen eine nochmalige Verschiebung der Linie notwendig werden.

Während bei älteren Gebirgsbahnen (z. B. bei der Arlbergbahn) auf den Ausgleich der Abtrags- und Auftragsmassen entscheidender Wert gelegt wurde, ist man bei neueren Bahnen in erster Linie bestrebt, das für die Betriebsführung günstigste Längsenprofil zu erhalten, auch wenn der zweckmäßigste Massenausgleich damit nicht gleichzeitig zu erreichen ist.

Vergleich verschiedener Linien. Bei der Bearbeitung der Versuchslinien werden sich meist mehrere verschiedenartige, z. B. durch verschiedene Täler führende Linien ergeben. Da man nicht immer ohne weiteres erkennen kann, welche von diesen Linien für die Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten das günstigste Ergebnis liefert, so wird man in schwierigem Gelände die Entwürfe mehrerer Linien durcharbeiten und für jede einzeln die Bau- und Betriebskosten ermitteln müssen um sich danach erst für eine bestimmte Linie zu entscheiden. Häufig wird z. B. die eine Linie unter Aufwendung größerer Baukosten günstigere Steigungen und Krümmungen, die andere geringere Baukosten bei stärkeren Steigungen und Krümmungen aufweisen. Zum Vergleich der verschiedenen Versuchslinien ist zunächst der Höhenplan jeder einzelnen Linie darzustellen, der in der vorstehend beschriebenen Weise am einfachsten unter Verwendung von Millimeterpapier gewonnen wird. Eigentlich wären alsdann für jede der Versuchslinien die Bau- und Betriebskosten genau zu berechnen und einander gegenüber zu stellen (vgl. Abschn. IX). Da aber eine überschlägige Ermittlung häufig schon zum Ziele führen wird, so wird es meist genügen, für die Baukosten den Vergleich zwischen den zu bewegenden Bodenmassen und den größeren Bauwerken durchzuführen und für die Betriebskosten den Kostenunterschied abzuschätzen. Nur in zweifelhaften Fällen sind die genau ermittelten Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten miteinander zu vergleichen. Zur Ermittlung der letzteren werden zweckmäßig die Betriebsergebnisse ähnlicher Bahnen zum Vergleiche herangezogen. Wie in dem Abschn. IX an der Hand eines Beispiels näher erörtert ist, sind für den Kostenvergleich die jährlichen Unterhaltungs- und Betriebskosten in Stammvermögen umzurechnen und den Baukosten für jede Linie hinzuzuzählen. Alsdann ist diejenige Linie die günstigste, die die geringste Kostensumme erfordert.

Hat sich nach dem Kostenvergleich eine Linie als die günstigste ergeben, so wird man sie nach den auf S. 374—377 angegebenen Grundsätzen noch im einzelnen zu verbessern suchen. Hiernach ist sie in der Übersichtskarte (Maßstab 1:100000), sowie in den Höhen- und Lageplänen (Maßstab für die Längen 1:10000, für die Höhen 1:500) darzustellen.

Die Darstellung des Gesamtentwurfs im Lage- und Höhenplan geschieht in Preußen nach einem Muster, das den „Bestimmungen für die Aufstellung der technischen Vorarbeiten zu Eisenbahnanlagen vom Okt. 1871, Berlin“¹⁾ als Anlage beigegeben ist unter Beachtung der vom Zentralkuratorium der Vermessungen in Preußen herausgegebenen Bestimmungen über die Anwendung gleichmäßiger Signaturen für topographische und geometrische Karten, Pläne und Risse.

Die Darstellungsart ist im allgemeinen aus Abb. 148 zu entnehmen²⁾. Im einzelnen sei auf folgendes hingewiesen: Alle bestehenden Anlagen werden in schwarzer

¹⁾ 2. Auflage. Marquard & Schenk (R. v. Deckers Verlag) Berlin.

²⁾ vgl. auch die farbige Darstellung auf den Tafeln II, IV und V des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften. 4. Aufl., Teil I, Bd. I, Kap. I.

Farbe, alle durch den Entwurf geplanten Neuanlagen in zinnoberrot dargestellt¹⁾. Im Lageplan ist die Linie mit einem kräftigen zinnoberroten Strich unter Angabe der Längenteilung (alle 0,5 km) und der Halbmesser anzugeben. Werden bei Sonderentwürfen in größerem Maßstabe Böschungen dargestellt, so werden am zweckmäßigsten die Aufträge grün, die Abträge braun (möglichst mit Abtönungen) angelegt. Im Höhenplan wird die Geländelinie als gebrochener Linienzug in schwarz, die Steigungslinie — in Höhe vom Bahnplanum — dagegen durch einen zinnoberroten Strich dargestellt. Über der gehobenen Wagerechten, deren Höhenlage über dem Amsterdamer Pegel anzugeben ist (in Abb. 148a + 50,0 ü. N. N.) werden senkrecht die Geländehöhen in schwarz und darüber die Planumshöhen in zinnoberrot eingetragen. Der Entwurf des Bahnkörpers, insbesondere der Weg- und Bachunterführungen, Wegüberführungen, Wegübergänge (die in Schienenoberkante, also etwa 50 cm über Planumshöhe gelegen sind) und der Bahnhofsanlagen sind in zinnoberrot einzutragen²⁾. Die Erläuterungsbeschriftung für diese Bauwerke erfolgt ebenfalls in zinnoberrot; nur für die Neuanlagen, die sich auf die Wasserverhältnisse beziehen, wie Fluß- und Bachunterführungen, Durchlässe und Wasserstandshöhen, ist die Beschriftung blau zu vermerken. Die bestehenden Anlagen sind schwarz zu beschriften. Die Auftragsflächen (in Abb. 148a senkrecht schraffiert) werden blaßrot, die Abtragsflächen (in Abb. 148a wagerecht schraffiert) hellblau oder hellgrau, die Geländelinie braun, Wasserstandshöhen in preußisch-blau angelegt. Unter der Wagerechten des Höhenplanes werden die Krümmungsverhältnisse durch ein Kurvenband in schwarzer Farbe unter Angabe der Bogenlängen und Halbmesser dargestellt.

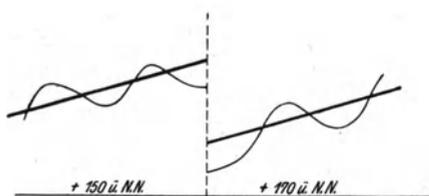


Abb. 150.

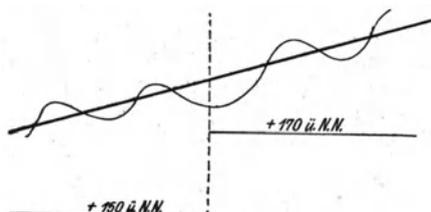


Abb. 151.

Werden im Höhenplan die Höhenunterschiede zwischen den höchsten und tiefsten Punkten der Linie sehr groß, so kann man, um mit der Zeichenblattgröße auszukommen, den Längenschnitt nicht in ganzer Länge gleichmäßig darstellen. Hierbei läßt man entweder nach Abb. 150 die gehobene Wagerechte in verschiedener Höhe durchlaufen und bricht den Längenschnitt ab oder, was zweckmäßiger ist, man führt nach Abb. 151 den gebrochenen Linienzug des Längenschnitts ohne Unterbrechung durch und bricht die gehobene Wagerechte entsprechend ab.

Bearbeitung der Einzelentwürfe. Nach Herstellung des Lage- und Höhenplanes werden die Entwürfe für die einzelnen Bauwerke, für die Stütz- und Futtermauern und Nebenanlagen, soweit ihre Bearbeitung für den Kostenüberschlag erforderlich ist, aufgestellt. Hierzu trägt man in sehr steilem Gelände zuweilen senkrecht zur Bahnachse im Maßstab 1:100 bis 1:200 Querschnitte (am besten auf Netzpapier) auf. Für alle Bauentwürfe, wie Unterbauquerschnitte, kleinere Brücken, Wegüber- und Unterführungen, Tunnel, Oberbau, Bahnhofsanlagen und Hochbauten werden, soweit wie möglich, Muster- oder Regelentwürfe verwendet. Um bei schwierigen Gelände-Verhältnissen (Tunneln, tiefen Einschnitten usw.) die Kosten zuverlässig veranschlagen zu können, ist, wenn die Kenntnis der zu durchfahrenden Gebirgsarten nicht durch vorhandene Aufschlüsse oder durch Bodenuntersuchungen

¹⁾ In der nur einfarbig dargestellten Abb. 148 ist die Art der farbigen Behandlung dadurch angedeutet, daß die roten Linien stark hervorgehoben worden sind, die rot anzugebenden Beschriftungen sind gar nicht, die schwarz zu schreibenden mit einer strichpunktieren, die blau anzugebenden mit einer gestrichelten Linie unterstrichen.

²⁾ Bei den ausführlichen Vorarbeiten (vgl. S. 385) werden auch die lichten Weiten aller Bauwerke und die Breiten der Wegübergänge angegeben. Auch ist hier die Sohle der Seitengräben in der Weise einzutragen, daß ein — in der Richtung der Längenteilung gesehen — rechtsseitiger Graben blau strichpunktieren (— · — · —), ein linksseitiger blau-gestrichelt, beiderseitiger Gräben durch einen graden blauen Strich dargestellt werden (vgl. Abb. 148a).

zuverlässig genug gewonnen werden kann, ein Gutachten von der geologischen Landesanstalt einzuholen.

Nachdem so der ganze Bauentwurf in Übersichtskarte, Lage- und Höhenplan mit den Einzelheiten zur Bearbeitung des Kostenüberschlages aufgestellt worden ist, werden die weiter vorgeschriebenen Vorlagen bearbeitet. Es sind dies der Kostenüberschlag, der Erläuterungsbericht, die Denkschrift, die Ertragsberechnung und der Betriebsplan (vgl. nachfolgend unter e). Der alsdann auf Grund der allgemeinen Vorarbeiten abgeschlossene Entwurf bildet die Unterlage für die Geldbewilligung.

e) Vorgeschriebene Vorlagen.

In der Regel werden die Ergebnisse des Gesamtentwurfs der allgemeinen Vorarbeiten in einer besonderen Form zusammengestellt. Bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn umfassen z. B. die zu bearbeitenden Entwurfsstücke¹⁾ nach den Vorschriften über allgemeine Vorarbeiten für Eisenbahnen vom 1. August 1911:

1. Eine Übersichtskarte (in doppelter Ausfertigung) im Maßstab 1:100 000 (Generalstabskarte) mit der in Zinnoberrot eingetragen und der in Kilometer eingeteilten Bahnlinie. Etwaige Vergleichslinien sind besonders ersichtlich zu machen. Das Verkehrsgebiet der Bahn und die Grenzen der Kreise, Regierungsbezirke, Provinzen und Staaten sind in farbiger Abgrenzung darzustellen. Die Namen der Ortschaften sind anzugeben. Die Staatsforsten, Domänen und fiskalische Besitzungen, die von der Bahn berührt werden, sind ersichtlich zu machen.

2. Lage- und Höhenpläne. Als Lagepläne genügen vielfach die Meßtischblätter im Maßstab 1:25 000, besser sind Pläne 1:10 000, bei schwierigen Verhältnissen auch in größerem Maßstab. Bei bewegtem Gelände sind Pläne mit Schichtenlinien zu verwenden. Der Maßstab der Höhenpläne ist für die Längen der gleiche wie für die Lagepläne, für die Höhen der 20 bis 50fache (in der Regel 1:500 oder 1:250).

3. Ein Kostenüberschlag (vgl. S. 339), der bei der Zweigstelle Preußen-Hessen nach den Bestimmungen der Buchungsordnung (Normalbuchungsformular) aufzustellen ist. Hierbei genügt in der Regel die Einteilung nach Titeln, während die weitere Unterteilung des Anschlagmusters in Ansätzen bei den allgemeinen Vorarbeiten entbehrlich ist. Für den Kostenüberschlag werden Vordrucke verwendet. Einzelheiten sind in anzuheftenden Anlagen zu veranschlagen. Für größere Bauwerke, die nicht nach einfachen Skizzen oder Regelentwürfen veranschlagt werden können, sind Vorentwürfe aufzustellen. Die in den Anschlägen als Rechnungsfaktor einzuführende Bahnlänge ist auf Zehntelkilometer abzurunden. Der Gesamtbetrag jedes Titels ist auf mindestens volle 100 M. der des ganzen Anschlages mindestens auf volle 1000 M. abzurunden. Auf dem Titelblatt und am Schlusse des Kostenüberschlages sind die Baukosten auch für 1 km Bahnlänge (auf ganze 100 M. abgerundet) anzugeben.

4. Ein Erläuterungsbericht, der mit der Denkschrift zusammen dazu dient, den ganzen Entwurf zu beschreiben und zu begründen. In dem Bericht wird die Bahnanlage nach ihrer technischen Seite hin erörtert. Im allgemeinen sind hier zu behandeln:

Der Zweck, der mit der in Aussicht genommenen Bahn erreicht werden soll, nebst Beschreibung des durch sie berührten Landstrichs unter Hervorhebung aller Verhältnisse, die für die Bahnführung hauptsächlich in Betracht kommen.

Die Bahnführung im allgemeinen; ob verschiedene Linien in Frage kommen und welche von ihnen den Vorzug vor den anderen verdient. Die Wahl der weiter bearbeiteten Linien ist an der Hand einer übersichtlichen Zusammenstellung der Verhältnisse zu begründen, die für die Beurteilung der verschiedenen Linien besonders wichtig sind (Längen-, Steigungs-, Krümmungsverhältnisse, Durchschneidung des Grundbesitzes, Lage der Bahnhöfe, Bau- und Betriebskosten usw.). Auch die Wünsche der Beteiligten über die Führung der Bahn und die Lage der Bahnhöfe sind hier anzugeben. Kommen für eine Bahn oder in einzelnen Abschnitten mehrere Linien in Frage, so ist der Entwurf in der Regel nur für die bauwürdigste Linie aufzustellen und zu veranschlagen. Nur wenn es zur Beurteilung der Bauwürdigkeit notwendig erscheint, oder für den besonderen Fall angeordnet ist, sind auch die Vergleichslinien genauer zu bearbeiten.

¹⁾ Alle Pläne und Zeichnungen sind im Format des halben Whatmann herzustellen und, wo es erforderlich ist, klappenartig aneinanderzukleben; neuerdings sind zweckmäßig die Normalformate (ein Vielfaches von $21 \times 29,5$ cm) zu verwenden.

Die Bahnführung im einzelnen unter Angabe der erforderlich werdenden größeren Bauwerke. Bei Entwürfen der Anschlußbahnhöfe ist die erforderliche Erweiterung zu schildern.

Das Ergebnis der Ermittlungen über die wichtigeren Wege- und Vorflutanlagen unter Angabe, in welcher Weise ihnen in dem Bahnentwurf Rechnung getragen ist.

Das Ergebnis der Ermittlungen über Berührung von Staatsdomänen und Forsten, Mooren, Bergwerksbesitz, militärische Anlagen usw.

Die Leistungsfähigkeit der Bahn, wenn hierfür besondere Vorschriften gegeben sind. Bei Nebenbahnen ist zu erörtern, ob die neue Linie von vornherein so anzulegen ist, daß die Einführung einer Höchstgeschwindigkeit von 50 km/Std. jederzeit erfolgen kann oder ob nach der Art und Bedeutung des Verkehrs hiervon abzusehen ist.

Der Grunderwerb; bei Nebenbahnen ist der Geländebedarf sowohl im ganzen als auch im Durchschnitt für 1 km Bahnlänge, sowie dessen Verteilung auf Privat-, Gemeinde- und fiskalischen Besitz (ausschl. eisenbahnfiskalischer Besitz) und auf die berührten Kreise, Regierungsbezirke, Provinzen und Länder nach dem Ergebnis der Veranschlagung anzugeben. Werden fiskalische Grundstücke für die Bahn nicht in Anspruch genommen, so ist dies ausdrücklich hervorzuheben.

5. Eine Denkschrift, die die Aufgabe hat, die Bahnanlage nach ihrer wirtschaftlichen Seite hin zu beleuchten und demnach im Gegensatz zu dem Erläuterungsbericht, der eine Beschreibung der technischen Vorarbeiten darstellt, die wirtschaftlichen Vorarbeiten erläutert. Sie dient zur Begründung der dem Landtage vorzulegenden Anleihegesetzentwürfe und hat etwa folgenden Inhalt:

Bezeichnung und Zweck der geplanten Bahn;
ihre Länge und Bezeichnung der von ihr berührten Landesteile;

Linienführung (nur wenn erheblich von einander abweichende Bahnentwürfe in Frage stehen);

wirtschaftliche und Verkehrsverhältnisse des zu erschließenden Landstrichs. Hierbei sind insbesondere die Verkehrsgebiete der einzelnen Bahnhöfe — Ortschaften, Ansiedlungen, Fundstätten von Bodenschätzen usw., deren Personen- und Güterverkehr sich auf den einzelnen Bahnhöfen abwickeln wird — anzugeben und die Straßenverhältnisse der Gegend unter Berücksichtigung der etwaigen Herstellung neuer Zufahrtsstraßen eingehend zu prüfen. Die Größe des Verkehrsgebiets der neuen Bahn ist in Quadratkilometer, ebenso die Zahl der Bewohner (auch die sich für 1 qkm ergebende Bevölkerung) aufzuführen. Alsdann sind kurz zu beschreiben die gegenwärtigen wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse, die Kulturart und die Ertragsfähigkeit des Landes, die vorhandenen Eisenbahnen, Chausseen, Land- und Wasserstraßen. Ferner sind die bedeutenderen Ortschaften mit den Einwohnerzahlen und hauptsächlichsten Erwerbszweigen und industriellen Anlagen (Bergwerke, Steinbrüche, Hüttenwerke, Fabriken, Mühlen, Ziegeleien usw.) anzugeben. Endlich ist darzustellen, welchen Einfluß die neue Linie auf die künftige Gestaltung der Wirtschafts- und Verkehrsverhältnisse des zu erschließenden Landstrichs voraussichtlich haben wird.

Weiter ist die Größe und Benennung des fiskalischen Grundbesitzes (namentlich Domänen und Forstbesitz), der durch die Bahn erschlossen wird, anzugeben.

Endlich sind die gesamten Baukosten unter Angabe des auf 1 km der Bahn entfallenden Betrags sowie die Leistungen der Beteiligten zu erörtern.

6. Eine Ertragsberechnung (vgl. Abschn. IX). Hierin sind allgemein darzustellen die Einnahmen und Ausgaben, die nach den wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnissen des Gebietes unter Berücksichtigung der nach der Betriebseröffnung eintretenden Entwicklung erwartet werden können. Ferner sind anzugeben die voraussichtlichen Rückwirkungen auf die Einnahmen und Ausgaben der vorhandenen Staatsbahnen und die nach dem Betriebsüberschuß zu errechnende Verzinsung des staatlich aufzuwendenden Anlagekapitals.

Im einzelnen sind zu erörtern: die Einnahmen, und zwar aus dem allgemeinen und besonderen Personen-(Arbeiter-, Ausflugs-, Vergnügungs- usw.) Verkehrs, aus dem Durchgangspersonen- und Gepäckverkehr — zunächst ohne und alsdann mit den Rückwirkungen auf die vorhandenen Bahnen. Ferner der Güter- und Güterdurchgangsverkehr ohne Rückwirkungen und mit Rückwirkungen auf die vorhandenen Bahnen, die Mehraufwendungen an Betriebskosten für den Verkehrszuwachs und die Ersparnisse an Betriebskosten durch Verkehrsverminderung auf den älteren Linien, die Ausgaben, der Betriebsüberschuß und die Verzinsung des Anlagekapitals.

7. Ein Betriebsplan, der die zur Bewältigung des Verkehrs der neuen Linien erforderlichen Maßnahmen begründen und die Unterlagen zur Berechnung der Betriebsausgaben liefern soll. In ihm ist die Bahnanlage, soweit sie für die Betriebsführung

von Bedeutung ist, zu beschreiben; unter Beigabe eines bildlichen Fahrplanentwurfs ist die Zahl und Gattung der vorgesehenen Züge nach den Verkehrsermittlungen zu begründen und dabei darzulegen, wo Lokomotivschuppen, Wasserwerke und sonstige Betriebsanlagen anzulegen sind. Endlich ist der erforderliche Personalbedarf für den Stations-, Bewachungs-, Lokomotiv- und Zugbegleitdienst auf Grund von Diensterteilungen zu ermitteln und auch genannt für die einzelnen Stationen anzugeben. Im Zusammenhang damit sind die erforderlichen Dienstwohnungen und ein etwaiger Bedarf an Mietwohnungen und Arbeiterwohnhäusern festzustellen.

2. Ausführliche Vorarbeiten¹⁾.

Die allgemeinen Vorarbeiten bilden die Grundlage für die ausführlichen Vorarbeiten. Diese bestehen in der genauen Ermittlung der günstigsten Lage der durch die allgemeinen Vorarbeiten in engen Grenzen festgelegten Bahnlinie sowie in der vollständigen technischen Durcharbeitung des Bauentwurfs, insbesondere der Anfertigung ausführlicher Lage- und Höhenpläne und der Übertragung der Bahnachse in das Feld. Die ausführlichen und die allgemeinen Vorarbeiten lassen sich nicht immer scharf voneinander trennen, sondern greifen vielfach ineinander über. Teilweise sind die ausführlichen Vorarbeiten eine nur mit größerer Genauigkeit durchgeführte Wiederholung der allgemeinen Vorarbeiten. Zu den ausführlichen Vorarbeiten sind die im folgenden einzeln angegebenen Arbeiten zu rechnen.

a) Eingehende Aufnahme und Darstellung des Geländes.

Die Anfertigung von ausführlichen Vorarbeiten in ebenem Gelände gestaltet sich im allgemeinen sehr einfach, weil die durch die allgemeinen Vorarbeiten ermittelte Bahnachse unmittelbar im Felde abgesteckt werden kann. Im Hügelland und im Gebirge ist dieses einfache Verfahren jedoch nicht zugänglich, weil schon eine geringe Änderung der Linie einen erheblichen Einfluß auf den Umfang der Erdarbeiten und die Höhe der Baukosten ausüben kann. Hier empfiehlt es sich, vor der Übertragung der Bahnachse in das Feld zunächst genaue Schichtenpläne für eine durchschnittliche Breite von 150 bis 300 m anzufertigen. Im allgemeinen ist in stark geneigtem Gelände die geringere, in flacherem die größere Breite zu wählen. Für die Lagepläne der ausführlichen Vorarbeiten ist ein Maßstab von 1:2500 nur bei einfachem, ziemlich ebenem und wenig bewegtem Gelände ausreichend; bei dicht besiedeltem und bewegtem Gelände ist ein Maßstab 1:2000, besser 1:1000 zu wählen. Ein größerer Maßstab empfiehlt sich zuweilen auch, weil dadurch gewisse Einzelaufnahmen, z. B. an Wegübergängen, vermieden werden und die Aufnahme besonderer Grunderwerbskarten entbehrlich werden kann. Die Höhenlinien sind in der Regel in Abständen von 1 m, ausnahmsweise an sehr steilen Hängen von höchstens 5 m einzutragen.

Die Geländeaufnahme kann erfolgen durch Querschnitte rechtwinklig oder quer zu einem Vieleck, mit Hilfe des Tachymeters oder des Meßtisches.

1. Aufnahme durch Querschnitte rechtwinklig oder quer zu einem Vieleck. Hierbei wird das aufzunehmende Gelände mit einem Liniennetz überzogen, das eingemessen und nivelliert wird. Das Liniennetz wird in der Regel durch einen Hauptvieleckzug und quer zu ihm gelegte Linien gebildet. Zur Ermittlung des Liniennetzes legt man an die in dem Lageplan der allgemeinen Vorarbeiten eingezeichnete Bahnachse (in Blei) einen Vieleckzug, der sich der Bahnachse möglichst anschließt und für

¹⁾ vgl. Anleitung für die Anfertigung von ausführlichen Eisenbahnvorarbeiten. Cöln 1892, herausgegeben von der Eisenbahndirektion Cöln.

die gewählte Aufnahme mit dem Nivellierinstrument oder Tachymeter — besonders in bezug auf Übersichtlichkeit — eine möglichst geeignete Grundlage bildet. Die Winkelpunkte des Vielecks werden durch Stichmaße auf Grenzlinien, auf Wege oder ähnl. festgelegt und durch Abmessen auf das Feld übertragen; hierbei ist ein Durchholzen in Waldungen nicht zu vermeiden. Die Winkelpunkte werden alsdann verpflockt und — damit sie jederzeit wieder hergestellt werden können — auf feste Punkte, wie Hausecken, Grenzsteine usw. eingemessen.

Nunmehr werden die Winkel durch den Theodoliten gemessen, wobei gleichzeitig in die Seiten des Vielecks Richtpfähle so eingewiesen werden, daß ein Durchrichten der Linien mit Hilfe von Fluchtstäben mit bloßem Auge jederzeit leicht möglich ist; in offenem Gelände wird die Entfernung



Abb. 152.

der Richtpfähle zu etwa 100 m gewählt. Nach Messung der Winkel wird die Länge jeder Seite des Vielecks bestimmt und diese Messung in umgekehrter Richtung nachgeprüft. Die Winkelpunkte werden mit fortlaufenden Zahlen bezeichnet. Gleichzeitig mit der Längenmessung werden nach Abb. 152 die Schnittpunkte des Vielecks mit den Geländelinien — wie Kulturgrenzen, Wegen, Bächen — eingemessen, ferner in der Nähe liegende Grenzsteine, Hausecken und ähnliches aufgenommen.

Das Vieleck wird nunmehr in die vorhandenen Lagepläne der allgemeinen Vorarbeiten (Maßstab 1:25 000 oder 1:10 000) eingetragen. Weicht hiernach das abgesteckte Vieleck nicht wesentlich von der Bahnachse ab, so können sogleich die genauen Arbeitspläne (s. weiter unten) hergestellt werden.

Die nächste Arbeit ist die Höhenmessung des abgesteckten Vieleckzuges. Hierbei werden nicht nur die Winkelpunkte und Richtpfähle, sondern auch in der Nähe liegende Grenzsteine, Kilometersteine, feste Punkte an Brücken, Türschwellen usw. einnivelliert und hiernach ein Festpunktverzeichnis aufgestellt.

Nun werden die Querprofile in der Regel rechtwinklig zu den Vieleckseiten unter Verwendung eines Winkelspiegels, Prismenkreuzes oder ähnlichem bis zu etwa 200 m weit nach jeder Seite abgesetzt und Fluchtlinien ausgesteckt. Die Querschnitte sind besser etwas breiter als zu schmal aufzunehmen, weil spätere Verlängerungen stets unbequem sind. Gelegentlich kann es zweckmäßig sein, die Querschnitte etwa im Zuge eines Weges, eines Baches oder dergl. quer zu der Vieleckseite abzustecken. In flachem oder mäßig welligem Gelände erfolgt die Aufnahme der Querprofile mit dem Nivellierinstrument in der Weise, daß die Brechpunkte des Geländes, ferner Wegoberkanten, Wasserläufe usw. eingemessen werden. In steilem Gelände ist der Gebrauch des Nivellierinstruments wegen der häufigen Umstellung unzulässig; hier können die Querprofile mit Hilfe der Setzlatte und mit dem Pendelspiegel aufgenommen werden, sofern nicht die Tachymeteraufnahme (s. weiter unten) vorgezogen wird.

Die vorstehend erläuterte Geländeaufnahme mit Querprofilen von Vieleckseiten aus erfordert einen großen Aufwand an Arbeit und Zeit, weil stets eine Reihe von entbehrlichen Nebenkanten mit aufzunehmen sind, empfiehlt sich aber in wenig bewegtem Gelände, in welchem mit dem Nivellierinstrument große Strecken ohne viel Umstellung aufgenommen werden können, ferner in dichten Wäldern und dort, wo gute Lagepläne bereits vorhanden und nur die Höhen aufzunehmen sind.

Das Auftragen der Arbeitspläne. Arbeitspläne nennt man die für die Bauausführung auf bestem Leinwandrollenpapier in dem Maßstab der ausführlichen Vorarbeiten (1:2500, 1:2000 oder am besten 1:1000) herzustellenden Urpläne. Sie bilden die Grundlage für die ganze Entwurfsbearbeitung und werden zweckmäßig von dem Ingenieur, der die Höhen aufgenommen hat, auch aufgetragen. Sie dürfen von dem Bureau des Bauleitenden nie entfernt werden. Für alle besonderen Zwecke, wie Vorlagen an die Behörden usw. werden Pausen oder Umdrucke von den Arbeitsplänen verwendet.

Zur Vorbereitung der Arbeitspläne sind zunächst tunlichst schon vor Beginn der Feldarbeiten an der Hand der 1:10000 gezeichneten Lagepläne der allgemeinen Vorarbeiten Abzeichnungen von den Urkatasterplänen in einer Breite von etwa 400 m anzufertigen und auf den Maßstab der Arbeitspläne umzuzeichnen. Ferner empfiehlt es sich, vor dem Auftragen der Arbeitspläne einen Einteilungsplan herzustellen, um die ganze Linie nach der Größe der zu verwendenden Blätter (von etwa 2 m Länge) in einzelne Abschnitte zu zerlegen. Hierzu trägt man zweckmäßig das Vieleck in kleinem Maßstabe (etwa 1:50000) flüchtig auf und sucht nach Abb. 153 eine günstige Teilung der Blätter, die sich auf 100—200 m Länge überdecken müssen. Alsdann werden die Koordinaten für sämtliche Punkte des Vieleckes —

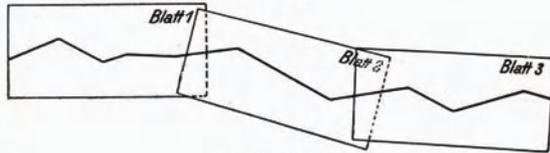


Abb. 153.

auf ein bestimmtes Koordinatennetz bezogen — berechnet. Als Ursprung dieses Netzes wählt man am besten den Anfangspunkt des Vieleckes.

Nunmehr kann mit der Herstellung der Arbeitspläne begonnen werden; und zwar werden zunächst mit peinlicher Genauigkeit mittels der berechneten Koordinaten das Vieleck auf Leinwandrollenpapier — im allgemeinen von links nach rechts fortschreitend — aufgetragen, die Richtpunkte angegeben und die Querschnitte abgesetzt. In den Querschnittlinien werden die eingemessenen Schnittpunkte von Wegen, Wasserläufen usw. gekennzeichnet, um für das Übertragen der Lageverhältnisse aus den Katasterplänen und sonstigen vorhandenen Karten die nötigen Anhaltspunkte zu gewinnen. Hierauf werden von den umgezeichneten Katasterpausen die Eigentumsgrenzen auf den Plan übertragen und in Tusche nachgezogen, wobei sich Ungenauigkeiten ergeben, die durch Ausgleichen meist unbedenklich beseitigt werden können. Die aufgenommenen Höhenpunkte werden an den Querschnittlinien angegeben und die Höhenzahlen eingeschrieben.

Werden Pläne mit Schichtlinien dargestellt, was im allgemeinen nicht notwendig ist, so wählt man ihren Abstand zwischen 1 und höchstens 5 m und ermittelt die Punkte durch Einrichten zwischen den eingeschriebenen Höhen. Beim Ausziehen der Höhenlinien in brauner Farbe stellt man jede fünfte Schichtenlinie stark dar.

2. Aufnahme mit Hilfe des Tachymeters. Das Tachymeter ist ein Theodolit mit Einrichtung für Entfernungsmessung, die darin besteht, daß außer dem üblichen Fadenkreuz des Theodoliten noch zwei wagerechte Fäden vorhanden sind, deren Entfernung meist so bemessen ist, daß man an einer in Entfernung von 100 m aufgestellten Latte einen Abschnitt von 1 oder 0,5 m zwischen den Fäden abliest. Die Längen und Höhen der einzelnen Punkte können dann aus den gemachten Beobachtungen errechnet werden. Die mit Projektionsvorrichtungen versehenen Schiebetachymeter ermöglichen ein unmittelbares Ablesen der Höhe und der wagerechten Entfernungen und ersparen daher die zeitraubenden Rechnungen.

Die Aufnahme mit Hilfe des Tachymeters unterscheidet sich von der Aufnahme durch Querprofil dadurch, daß nicht die Punkte eines bestimmten Liniengerippes aufgenommen, sondern zerstreut liegende, bemerkenswerte Punkte des Geländes in Lage und Höhe eingemessen werden. Hierbei geht man jedoch auch von dem vorher erörterten Vieleckzug aus, der abgesteckt, aufgemessen und einnivelliert wird. Die Eckpunkte dieses Vieleckzuges werden zur Aufstellung des Tachymeters gewählt. Die aufgenommenen Punkte werden mit Nummern bezeichnet.

Das Tachymeter ermöglicht die Geländeaufnahme auf Entfernungen von 250 bis 300 m — bei einigen weniger wichtigen Punkten kann man auch wohl bis 600 m gehen. Die Anzahl der auf die Flächeneinheit aufzunehmenden Punkte hängt von der Geländegestaltung ab. Bei der Auswahl der Punkte ist der Zweck der Messung, die Gewinnung von Höhenschichtenplänen, stets im Auge zu behalten, so daß die bemerkenswerten Höhenpunkte des Geländes, bebaute Flächen, Wege- und Wasserläufe, in erster Linie aufzunehmen sind, dagegen die Aufnahme von Kultur- und Eigentums Grenzen entbehrt werden kann. Die Aufnahme mit dem Tachymeter erfordert eine zeitweise Prüfung der Zuverlässigkeit der Arbeiten, was am einfachsten dadurch geschieht, daß die in den Bereich des Instrumentes kommenden bekannten Höhenfestpunkte mit aufgenommen werden. In bewaldetem Gelände und in Ortschaften ist die Aufnahme mit dem Tachymeter mit so großen Schwierigkeiten verbunden, daß man hier zweckmäßig von seiner Verwendung absieht.

Vor dem Auftragen der Arbeitspläne werden auch bei der Tachymeteraufnahme zunächst die Koordinaten des Vieleckzuges berechnet, dessen Winkelpunkte, wie erwähnt, die Aufstellungspunkte des Instrumentes bilden. Alsdann wird das Vieleck zu Papier gebracht. Für das Auftragen der einzelnen Geländepunkte empfiehlt es sich, einen größeren Transporteur zu benutzen, der so auf dem Plane befestigt wird, daß sein Mittelpunkt über dem Aufstellungspunkt gelegen ist. Die Zeichnung des Planes und der Höhenlinien geschieht in der vorher angegebenen Weise.

Die Vorteile der Tachymeteraufnahme bestehen in der unmittelbaren und daher schnellen Aufnahme der gewünschten Geländepunkte ohne Ermittlung von Zwischenpunkten, in der Verwendungsmöglichkeit bei jeder Geländegestaltung, die übersichtlich ist und in der Vermeidung von Flurschäden, weil die Lattenträger nötigenfalls auf Umwegen zu den Aufstellungspunkten gelangen können.

3. Aufnahme mit Hilfe des Meßtisches. Eine dritte Art der Geländeaufnahme ist die Verwendung des Meßtisches, die besonders in Süddeutschland und in der Schweiz gebräuchlich ist. Hierbei erfolgt die Aufnahme in ähnlicher Weise wie beim Tachymeter, jedoch werden die einzelnen Punkte gleichzeitig im Felde auch aufgetragen. Diese Aufnahmeart hat den Nachteil, daß die Arbeit im Felde — allerdings bei entsprechender Verringerung der Bureauarbeit — wesentlich vermehrt wird.

b) Bodenuntersuchungen.

Wo größere Einschnitte im Erdreich herzustellen sind, müssen schon während der Ausführung der Vermessung Löcher gebohrt oder besser Schürfluben ausgeschachtet werden, um einen genügenden Aufschluß über die Boden- und Gesteinsarten zu erhalten und hiernach die erforderlichen Preise für das Lösen des Bodens, die voraussichtlich zulässigen Böschungsneigungen und die etwaigen Entwässerungsanlagen bestimmen zu können. Für einen Einschnitt genügen in der Regel 1 oder 2, bei größeren Einschnitten 3 Schürflöcher. Ihre Größe richtet sich nach der Einschnittstiefe und der Bodenart. Sie beträgt bei festem Boden und 3 m Tiefe etwa 3×3 m und bei Tiefen bis zu 8 m 6×8 m. Die Schürflöcher werden meist eingefriedigt.

Die Lage der Schürflöcher ist nach den Plänen zu bestimmen, wobei darauf zu achten ist, daß wertvoller Aufwuchs geschont wird und die Festpunkte des Vielecks durch die Lage der Gruben nicht gefährdet werden. Die Schürflöcher, die mit fortlaufenden Nummern bezeichnet werden, müssen bis auf Einschnittstiefe ausgeschachtet werden, falls man nicht vorher auf festen Felsen stößt. Proben der Bodenuntersuchung werden in Probekästen verwahrt und ihre Ergebnisse in einem Schürftagebuch verzeichnet.

Um die Schichtung des durch die Gruben aufgeschlossenen Bodens darstellen zu können, wird die Lage der Gruben zum Vieleckszug genau eingemessen und in die Lagepläne übertragen; die Ergebnisse der Schürfungen werden auf den freien Flächen der Arbeitspläne eingetragen. Gleichzeitig werden auf Grund der Bohrerergebnisse ermittelt: die Auflockerung des Bodens, die Art der für das Lösen des Bodens zu verwendenden Werkzeuge, die voraussichtlich ausführbare Böschungsneigung für die Einschnitte und die Aufträge, die Wasserführung des Bodens und etwaige Rutschflächen. Bei Rutschflächen ist ihre Neigung festzustellen. Sollten gefahrbringende Schichtungen ermittelt werden, so sind nachher umfangreiche Sicherungsmaßnahmen zu treffen, wenn man nicht sogar die Linie verlegt. Bei den Bodenuntersuchungen ist endlich auch zu prüfen, ob sich in den Einschnitten brauchbare Baustoffe wie Kies, Mauersand, Steine oder Kalk vorfinden, und in welcher Tiefe Speisewasser für die Wasserwerke vorhanden sein wird.

Ebenso wie für die Bahneinschnitte werden auch Schürftagebuch zur Ermittlung des tragfähigen Baugrundes an den Stellen hergestellt, wo größere Bauwerke errichtet werden sollen. Ferner werden die Flächen, deren Tragfähigkeit für die Dämme zweifelhaft sein kann, wie z. B. Moore und Sümpfe, durch Schürflöcher untersucht. An zweifelhaften Stellen kann die Tragfähigkeit des Bodens auch durch Vornahme von Probelastungen ermittelt werden. Die geologischen Verhältnisse für etwaige Tunnelanlagen bedürfen einer ganz eingehenden Prüfung.

c) Aufstellung des Bauentwurfs für die Ausführung.

Ermittlung der günstigsten Linie. Nach dem Auftragen der Arbeitspläne wird zunächst unter Benutzung des Entwurfs der allgemeinen Vorarbeiten die dort gefundene günstigste Linie mit Bleistift in den Lageplan eingezeichnet und hierzu ein Längenschnitt — in der Regel im Maßstab 1:2500 für die Längen und 1:250 für die Höhen — hergestellt. Zeigt sich hierbei etwa, daß die Ausdehnung der Aufnahme in der Breite nicht ausreicht, so ist sie zu ergänzen. Alsdann werden in ähnlicher Weise, wie dies bei den allgemeinen Vorarbeiten S. 374 u. ff. erörtert wurde, nur mit größerer Genauigkeit die Verbesserungen der Linie durch Verschieben bearbeitet. Das Verbessern wird so lange fortgesetzt, bis die günstigste Lage der Linie gefunden ist. So entsteht die maßgebende Bahnachse, die in die Arbeitspläne mit scharfer Bleilinie eingetragen wird. Die Linie wird mit Streckenteilung versehen, alle Bogenanfänge und -endpunkte werden besonders vermerkt und bei jedem Bogenende wird die Teilung nach der berechneten Bogenlänge geprüft und berichtigt.

Sofern nicht zu befürchten ist, daß durch zu frühes Bekanntwerden der genauen Bahnlinie der Erwerb des Grund und Bodens erschwert wird, wird zunächst die nunmehr im Lageplan festgelegte Linie auf das Gelände übertragen. Sind Preistreiberien zu befürchten, so empfiehlt sich auch durch Absteckung mehrerer Linien die Lage der gewählten Trasse zu verheimlichen.

Übertragung der Linie in das Gelände. Während es für Flachlandbahnen auch zulässig ist, die Bahnachse nach dem allgemeinen Entwurf

im Maßstab 1:2500 ohne besondere Planbearbeitung abzustecken, wird für Eisenbahnen im Hügelland und Gebirge die Bahnachse lediglich nach vorausgegangener Bearbeitung der genauen Arbeitspläne (hier im Maßstab 1:1000) abgesteckt. Zur Übertragung der Bahnachse in das Gelände wird das von den ausführlichen Messungen im Felde vorhandene und in den Arbeitsplänen eingezeichnete Vieleck als Grundlage benutzt. Die Maße für die Lage der Bahnachse zu dem Vieleck werden aus den Arbeitsplänen durch Abgreifen mit dem Zirkel entnommen. Zum Feldgebrauch werden nach den Arbeitsplänen Umdrucke hergestellt, die auch die Bahnachse mit allen zur Absteckung nötigen Maßen enthalten müssen.

Im Gelände wird die Bahnachse durch einen gebrochenen Linienzug von Geraden festgelegt; die Winkelpunkte werden durch weithin sichtbare Signale kenntlich gemacht. Bei langen Bogen werden nach Bedarf Hilfstangenten abgesteckt. Zur genauen Festlegung der Linien werden zwischen je zwei Winkelpunkten mit dem Theodoliten Richtpunkte eingemessen, und zwar in ebenem Gelände in Abständen von 100 bis 150 m und im Hügellande so zahlreich, daß es beim Baue möglich ist, zwischen 2 Richtpfählen überall Punkte der Bahnachse leicht einzurichten. Im Walde ist beim Aushauen der Schneisen wegen der hohen Entschädigungen Vorsicht geboten. Kann eine Gerade infolge eines Hindernisses — z. B. eines dazwischenliegenden Hauses — nicht durchgerichtet werden, so empfiehlt sich eine parallele Verschiebung der ganzen Linie.

Nach der Festlegung der Bahnmaße werden mit dem Wiederholungstheodoliten die Winkel gemessen unter Anwendung zweimaliger Wiederholung in beiden Fernrohrlagen. Mit Hilfe von Bogentafeln¹⁾ werden alsdann für den gemessenen Winkel und den gegebenen Halbmesser die Tangentenlänge, die Bogenlänge und der Abstand der Bogenmitte vom Winkelpunkt sogleich auf dem Felde berechnet. Für die Bögen werden die Bogenanfangs- und -endpunkte sowie die Bogenmitten abgesetzt und mit dem Theodoliten eingerichtet. Bei Bögen, deren Tangentenlängen größer als 150 m sind, werden noch Hilfstangenten eingelegt. Die Winkelpunkte werden durch seitlich zu schlagende Pfähle besonders gesichert; bei Bögen mit Hilfstangenten ist dies nicht erforderlich. Sämtliche Pfähle erhalten oben kleine Bohrlöcher zum Ansetzen der Fluchtstäbe und geschmiedete Nägel als Höhenmarken. Bei Bögen, deren Winkelpunkt zu ungünstig liegt, muß der Tangentenwinkel durch Rechnung unter Zuhilfenahme einer die beiden Tangenten schneidenden Hilfslinie bestimmt werden.

Für die Absteckung der Bogenpunkte gibt es verschiedene Verfahren, und zwar:

- die Absteckung rechtwinkliger Koordinaten von der Tangente oder Hilfstangente aus, wozu die obenerwähnten Bogentafeln eine bequeme Handhabe bieten (für die Absteckung werden ein Winkelinstrument und Meßplatten benutzt, die Punkte werden in Abständen von 10 m abgesetzt),
- die Absteckung von der Sehne aus.
- das Abstecken mit Hilfe des Theodoliten.
- das sogenannte Einrücken; das ist ein Abstecken von der verlängerten Tangente aus, und endlich
- das Abstecken von der verlängerten Sehne aus, das sich z. B. bei Bogenabsteckung im Tunnel empfiehlt.

¹⁾ vgl. z. B. Sarrazin und Oberbeck, Taschenbuch zum Abstecken von Kreisbögen mit und ohne Übergangskurven für Eisenbahnen, Straßen und Kanäle. 28. Auflage Berlin 1913.

Sind die Halbmesser der Bögen groß (> 1000 m), so genügt es, die Kreisbögen abzustecken und die Übergangsbögen erst beim Verlegen des Oberbaues herzustellen. Dagegen ist es bei scharfen Bögen und schmalem Bahnkörper empfehlenswert, schon bei der Herstellung des Bahnkörpers die durch die Übergangsbögen bedingte Verschiebung der Gleisachse zu berücksichtigen.

Nach Abstecken der Bahnachse wird im Felde die Längenteilung wie vorher in den Plänen ausgeführt. Hierbei wird die Längenmessung in der Geraden durch eine zweite Längenmessung in umgekehrter Richtung geprüft, während in Bögen die berechnete Bogenlänge zur Prüfung dient. Ergeben sich hierbei (auch infolge von Linienverlegungen) Längenunterschiede mit den Zeichnungen, so werden sogenannte Fehlerstationen eingelegt und als solche besonders bezeichnet. Die Teilungs- (Stations-) Pfähle werden in Entfernungen von 100 m geschlagen. Dazwischen werden Zwischenteilungspfähle vorgesehen, deren Entfernung von der Bodengestalt abhängig ist; jedoch soll die Entfernung der Teilungspfähle in den Geraden nicht mehr als 50 m und in den Bögen nicht mehr als 20 m betragen. Gleichzeitig werden auch die für die Ausführung der Kunstbauten wichtigen Punkte durch Pföcke bezeichnet. Da bei dem Baue die Mehrzahl aller Pfähle verloren geht, so werden alle wichtigen Festpunkte, und zwar alle Brechpunkte des Linienzuges, die Bogenanfangs- und Bogenendpunkte und die Richtpfähle in längeren Geraden durch außerhalb des künftigen Bahnkörpers zu setzende Pfähle gesichert. Über die Einteilung der Bahnachse mit allen bemerkenswerten Punkten wird ein besonderes Heft geführt. Zur übersichtlichen Darstellung der Absteckung mit allen zugehörigen Maßen und Sicherungspfählen werden besondere Handrisse nach Abb. 154 gefertigt, in denen auch die Höhen sämtlicher Pfähle angegeben werden (vgl. die eingeklammerten Zahlen in Abb. 154).

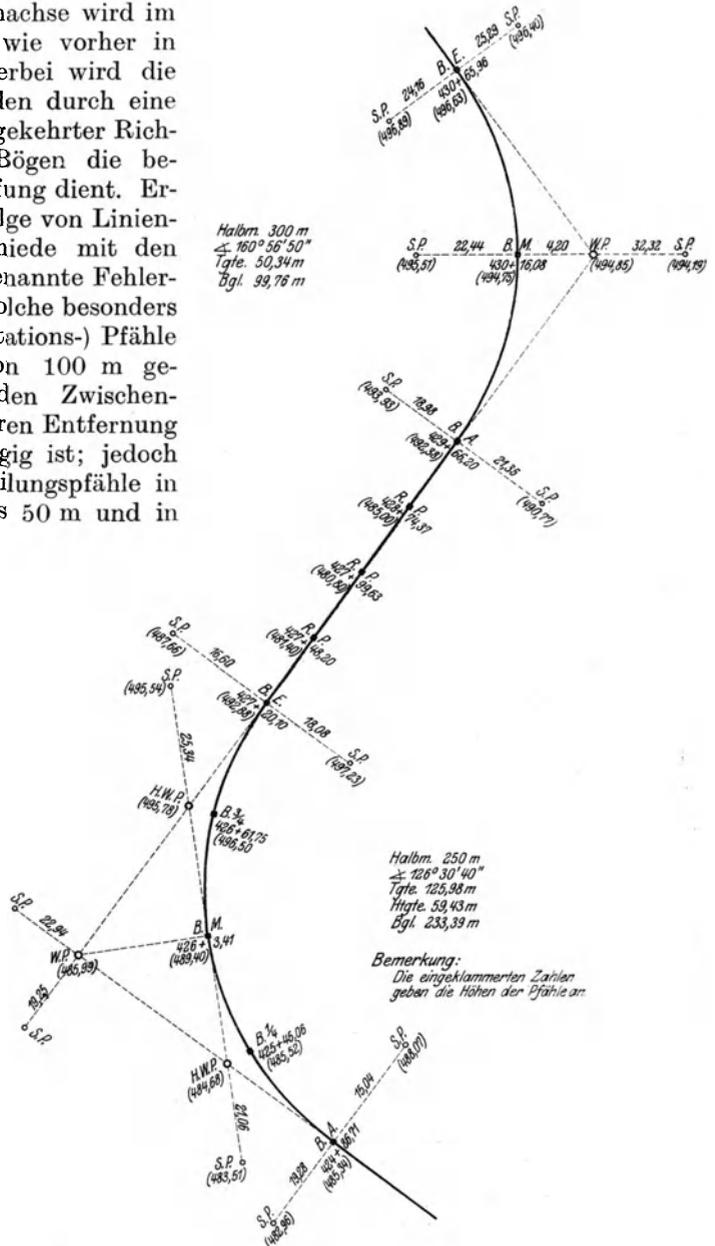


Abb. 154.

Herstellung des endgültigen Höhenplanes. Auf die Längenteilung der Linie folgt ihre Höhenbestimmung. Hierzu werden zunächst sämtliche

mit Pfählen bezeichneten Punkte der Bahnachse und des Vielecks, sowie alle Brechpunkte des Geländes, Kreuzungspunkte der Wege und Bäche einivelliert. Die Höhenmessung wird durch Einnivellieren von Festpunkten, wozu Grenzsteine, Brückenpfeiler, Türschwellen und ähnliches dienen, gesichert. Diese Festpunkte werden in Entfernungen von 200—300 m angenommen und in einem Verzeichnis zusammengestellt. Alsdann wird der Höhenplan — für die Längen im Maßstab des Lageplanes, für die Höhen in etwa zehnfachem Maßstab (meist also 1:2500 für die Längen und 1:250 für die Höhen) — nach den Angaben auf S. 377 mit dem Lageplan auf dem gleichen Blatt (Arbeitsplan) aufgetragen. In diesen Höhenplan wird nunmehr die Bahnlinie eingezeichnet.

Herstellung der endgültigen Querschnitte. Senkrecht zu der abgesteckten Bahnachse werden Querschnitte aufgenommen, wobei man an die schon vorhandenen Höhenfestpunkte anschließt. Die Querschnitte sind er-

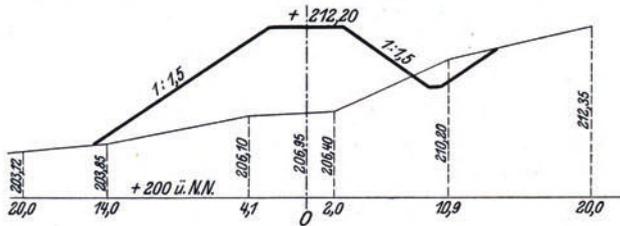


Abb. 155.

forderlich für die Aufstellung der Erdmassenberechnung und für die spätere Abrechnung mit dem Unternehmer, für die Ermittlung der genauen Breite des zu erwerbenden Geländestreifens und die Anfertigung der Grunderwerbskarten und für die Bearbeitung der Einzelentwürfe. In ebenem Gelände werden die Querschnitte alle 25—50 m aufgenommen, in bewegtem Gelände

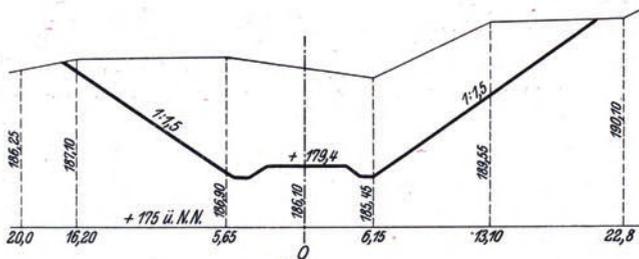


Abb. 156.

müssen sie — besonders in der Nähe der Übergangspunkte zwischen Auf- und Abtrag — enger (bis alle 5 m) gelegt werden; insbesondere sind sie an allen Brechpunkten vorzusehen. An Kreuzungen der Bahn mit Wegen und Wasserläufen müssen die Querschnitte so eng angenommen werden, daß sie zur Bearbeitung der Entwürfe für die Wegeverlegungen und Brückenbauwerke ausreichende Unterlagen bieten. Die Genauigkeit der Erdmassenberechnung ist weniger von der Anzahl der gemessenen Querschnitte als von ihrer richtigen Lage abhängig. Die Breitenausdehnung der Querschnittsaufnahmen kann gering gewählt werden; immerhin müssen die Querschnittsaufnahmen über den künftigen Bahnkörper und seine Nebenanlagen etwas hinausreichen und außerhalb des Baugebietes gut gesichert werden, um sie jederzeit wieder herstellen zu können. In der Breite geht man insgesamt bis

höchstens 250 m. Die Querschnitte werden sodann nach den Abb. 155 und 156 unverzerrt im Maßstab 1:200 aufgetragen und der Bahnkörper mit Nebenanlagen, insbesondere etwaige Stütz- und Futtermauern, ebenso die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen, nach denen die Neigungen der Böschungen zu bestimmen sind, eingezeichnet. Ein Satz der umgedruckten Querschnitte muß, bevor die Erdarbeiten beginnen, vom Unternehmer anerkannt und unterschrieben werden.

Verbesserung der Linie. In schwierigem Gelände werden, ehe man die Linie endgültig festlegt, häufig noch Veränderungen in ihrer Höhe und Richtung vorgenommen. Sind die Verschiebungen gering, so greift man sie aus dem Lageplan ab und überträgt sie in die Querschnitte, deren Neuaufnahme alsdann nicht erforderlich ist. Auch eine neue Längenmessung wird durch Eintragung von Fehlerstationen nach Abb. 157 in der Regel vermieden. Nach endgültiger Festlegung der Linie wird die Bahnachse in dem Arbeitsplan ausgezogen, wobei die Tangenten punktiert angeeignet werden.

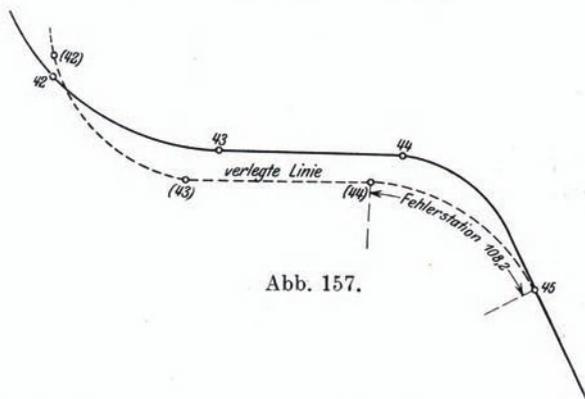


Abb. 157.

Die Ausgestaltung des Bahnkörpers und Bearbeitung der Einzelentwürfe. Die Lagepläne, Höhenpläne und Querschnitte bilden die Grundlage nicht nur für die Ausführung der Erdarbeiten, sondern für die Ausarbeitung aller besonderen Entwurfspläne. Im besonderen wird nach ihnen der Bahnkörper mit allen Einzelheiten entworfen, nämlich den Bahngräben, Böschungsbefestigungen, Stütz- und Futtermauern, Seitenwegen, Weg- und Bachverlegungen, Wegübergängen in Schienenhöhe, Wegüber- und Unterführungsbauwerken, Durchlässen, Brücken, Tunneln sowie Bahnhofsanlagen. Im ebenen Gelände ist für die Bahngräben, Böschungsbefestigungen, Seitenwege und Wege- und Bachverlegungen ein besonderer Entwurf im allgemeinen entbehrlich; hier genügt deren Darstellung in den Arbeitsplänen und in den Querschnitten. Die Wegübergänge in Schienenhöhe mit den zugehörigen Rampenanlagen empfiehlt es sich, auf besonderen Blättern im Maßstab 1:500 zu entwerfen. Für die übrigen Entwürfe — Stütz- und Futtermauern, Wegüber- und Unterführungen, Durchlässe, Brücken und Tunnel — werden im allgemeinen Regelentwürfe im Maßstab 1:100 aufgestellt, zu deren Bearbeitung auch sonstige, zur Verwendung geeignete Entwürfe anderer Bahnlagen herangezogen werden.

Die Regelentwürfe sollen Zeit ersparen und eine einheitliche Ausführung der Bauten anbahnen. Sie sollen zweckmäßig, einfach und möglichst ausbildungsfähig sein. Für Durchlässe und kleine Brücken wird man Musterpläne für eine Anzahl verschiedener Lichtweiten in bestimmten Abstufungen ausarbeiten. Soweit allgemeine Regelentwürfe — z. B. bei großen Brücken und schwierigen zusammengesetzten Bauten — nicht verwendet werden können, wird man wenigstens versuchen, die neuen Entwürfe in ihrer Bauart den Musterentwürfen möglichst anzupassen. Für die Hochbauten wird man, da Eisenbahnbauten mit Rücksicht auf die rasche Verkehrsentwicklung nicht selten vor ihrer vollen Abnutzung beseitigt werden müssen, auch gern Holz und Eisenschalung verwenden.

Für die Bahnhofsentwürfe sind in Preußen die „Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen mit besonderer Berücksichtigung der Stell-

werke 1919“ zu beachten. Bei allen Bauten ist auf die Erweiterungsfähigkeit weitgehende Rücksicht zu nehmen.

Der Hauptkostenanschlag wird alsdann wie für die allgemeinen Vorarbeiten aufgestellt, nur auf Grund der Einzelentwürfe genauer und zuverlässiger in einzelne Ansätze und Unteransätze gegliedert.

d) Vorgeschriebene Vorlagen.

Die Ergebnisse der ausführlichen Vorarbeiten sollen bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn umfassen¹⁾:

1. Lage- und Höhenpläne, die Längen im Maßstab 1:2500, die Höhen 1:250, bei schwierigem Gelände auch für die Längen 1:1000 und für die Höhen 1:100 mit fortlaufender Kilometerteilung der Bahnlinie und mit Teilpunkten von 100 m Länge. Das Gelände ist möglichst mit Höhenkurven in Abständen von 5 bis 1 m in einer Breite von 150 m zu jeder Seite der Bahnachse darzustellen. Der Bahnkörper ist mit allen Nebenanlagen, wie Wegen, Übergängen, Wegverlegungen, Parallelwegen, Brücken, Seitengräben usw. einzutragen. Über die Darstellung vgl. S. 381;

2. Entwürfe zu den Stütz- und Futtermauern (1:100), Wegübergänge in Schienenhöhe (1:500), Wegüber- und Wegunterführungen und Brücken (1:100). Außergewöhnliche Anlagen sind durch Einzelzeichnungen zu erläutern. Für die häufig vorkommenden Brücken und Durchlässe empfiehlt sich die Aufstellung von Regelentwürfen;

3. Entwürfe zu den Tunneln und sonstigen außerordentlichen Bauwerken im Maßstab 1:100;

4. Die Darstellung des Oberbaues im Maßstab 1:30, Einzelheiten 1:1; meist werden die Regelentwürfe beigelegt;

5. Entwürfe sämtlicher Bahnhofsanlagen (Stationen und Haltepunkte) im Maßstab 1:1000.

Die Anlagen zu 2—5 werden meist erst nach der landespolizeilichen Prüfung bearbeitet.

6. Einen ausführlichen Erläuterungsbericht. Für den Inhalt kann der bei den allgemeinen Vorarbeiten bearbeitete Erläuterungsbericht vorbildlich sein, nur ist alles ausführlicher und bestimmter zu behandeln. Im allgemeinen wird nur dann ein neuer Erläuterungsbericht bearbeitet, wenn der Entwurf der allgemeinen Vorarbeiten wesentlich verändert worden ist. Sonst werden nur die Abweichungen näher erörtert und der Erläuterungsbericht der allgemeinen Vorarbeiten ergänzt. Beizugeben ist jedoch ein Verzeichnis über die durch den Bahnbau veränderten Wege und Wasserläufe nebst Feststellung der Unterhaltungspflichtigen (Wege- und Vorflutverzeichnis, vgl. S. 397), ferner ein Verzeichnis über die Bewachung der Wegübergänge und über die Bahneinfriedigungen. Dem Erläuterungsbericht ist ferner ein Bauausführungsplan beizugeben, in dem alle örtlichen Verhältnisse, die auf den Bahnbau von Einfluß sein werden, sowie die Zeit, in der der Bau vollendet werden soll, anzugeben sind.

e) Sonstige Arbeiten.

Zu den ausführlichen Arbeiten werden ferner in der Regel folgende Arbeiten gerechnet:

1. die Aufstellung eines allgemeinen Bau- oder Arbeitsplanes (vgl. S. 421),

2. die Vorarbeiten für den Grunderwerb, mit denen sofort nach Übertragung der endgültigen Linie in das Gelände begonnen wird (vgl. S. 399),

3. eine Reihe von anderen Arbeiten, die z. T. bereits während der Aufstellung des Entwurfes in Angriff genommen werden können, und zwar: die eingehende Ermittelung aller Wasserverhältnisse und Lichtweiten für sämtliche in der Nähe der Bahn liegenden Brücken und Durchlässe, über die Hochwasserstände innerhalb des Tales sowie darüber, ob die vorhandenen Durchlaßöffnungen sich bei Hochwasser als ausreichend erwiesen haben oder nicht, über erlaubte Stauhöhen bei Mühlen, und über Be- und Entwässerungs-

¹⁾ vgl. Bestimmungen für die Aufstellung der technischen Vorarbeiten zu Eisenbahnanlagen vom Okt. 1871, Berlin, im Kgl. Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten.

anlagen. Ferner Ermittlungen über Beschaffung der Baustoffe für die Bettung und für Kunstbauten; die Feststellung der Eigenschaften der zu verwendenden Baustoffe; Ermittlung der Festigkeit des Mörtels und Betons, sowie Versuche über die Festigkeit verschiedener Mauerwerksarten; endlich Erhebungen über die Preisverhältnisse und die Kosten der einzelnen Baustoffe.

XI. Geschäftsgang bei der Herstellung von Eisenbahnanlagen.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

1. Geschäftsgang bei der Herstellung von Haupt- und Nebeneisenbahnen.

a) Genehmigung von Eisenbahnunternehmungen.

Die Genehmigung zum Bau einer Eisenbahn wird je nach den maßgebenden Gesetzen durch die zuständigen Behörden, auf Grund eines besonderen Gesetzes oder durch eine Verordnung erteilt. In Preußen oblag die Genehmigung einer Haupt- oder Nebeneisenbahn nach § 4 des Gesetzes über die Eisenbahnunternehmungen vom 3. November 1838 dem Handelsminister, an dessen Stelle alsdann der Minister der öffentlichen Arbeiten getreten war. Diese Rechte sind jetzt auf den Reichsverkehrsminister übergegangen.

Da die Rechte des Reichsverkehrsministers z. Zt. noch nicht genau feststehen und da ferner durch die Umwandlung der Reichsbahn in eine Aktiengesellschaft neue Änderungen bevorstehen, so sind nachstehend im allgemeinen alle Verhältnisse so erläutert, wie sie vor dem Übergang der Staatsbahnen auf das Deutsche Reich geregelt waren; es ist daher z. B. oft gesagt; „Der (preußische) Minister der öffentlichen Arbeiten“ oder auch kurz „Minister“. Es ist aber zu beachten, daß die Befugnisse usw. vielfach auf die Rechtsnachfolger der früheren Behörden übergegangen sind; namentlich sind die Befugnisse der früheren Länderministerien in Eisenbahnangelegenheiten auf den Reichsverkehrsminister übergegangen, dagegen die der allgemeinen Landeshoheit an entsprechende Minister der einzelnen Länder. Für Preußen ist z. B. der Rechtsnachfolger des „Ministers der öffentlichen Arbeiten“:

1. Der Reichsverkehrsminister, insoweit der preußische Minister der öffentlichen Arbeiten „Generaldirektor“ der preußischen Staatsbahnen war¹⁾.
2. Der preußische Minister für Handel und Gewerbe, insoweit der preußische Minister der öffentlichen Arbeiten preußischer Staatsminister war.

Schon zur Anfertigung der allgemeinen Vorarbeiten ist, wenn dabei fremdes Grundeigentum betreten werden muß, die staatliche Genehmigung erforderlich. Diese war in der Regel beim Minister der öffentlichen Arbeiten unter Angabe der allgemeinen Führung der Linie und der überschläglichen Anlagekosten nachzusehen. Die Genehmigung wird nur für eine kurz bemessene Frist erteilt, um nicht einem Einzelnen ein Vorrecht zu bewilligen, durch dessen Nichtausnutzung der Bau durch einen anderen Unternehmer behindert werden könnte. Für das Betreten von fremdem Gelände bei der Ausführung der Vorarbeiten ist in Preußen gemäß § 5 des Gesetzes über die Enteignung von Grundeigentum vom 10. Juni 1874 bei dem zuständigen Bezirksausschuß der Erlaß einer allgemeinen Anordnung zu beantragen, nach der jeder Besitzer die das Unternehmen vor-

¹⁾ Durch die Begründung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ist hierin abermals eine Änderung eingetreten.

bereitenden Handlungen auf seinem Grund und Boden geschehen lassen muß. Es ist ihm jedoch der hierdurch erwachsende Schaden zu vergüten. Die Genehmigung zur Vornahme der Vorarbeiten wird von dem Regierungspräsidenten im Amtsblatt bekanntgegeben. Von der Inangriffnahme jeder Arbeit hat die Eisenbahnverwaltung mindestens zwei Tage zuvor dem Guts- oder Gemeindevorstand Kenntnis zu geben, der die beteiligten Besitzer benachrichtigt. Zum Betreten von Gebäuden und eingefriedigten Hof- und Gartenräumen bedarf die Eisenbahnverwaltung in jedem einzelnen Falle einer besonderen Erlaubnis der Ortspolizeibehörde, während die Zerstörung von Baulichkeiten irgendwelcher Art oder das Fällen von Bäumen nur mit Genehmigung des Bezirksausschusses zulässig ist. Derartige erhebliche Eingriffe in das Privateigentum sollen nicht ohne unmittelbare Verständigung mit den Besitzern und tunlichst im Einvernehmen mit ihnen erfolgen.

Bei Privatbahnen dienen die allgemeinen Vorarbeiten als Grundlage zur Einholung der Genehmigung für die Ausführung der Bahn. Auf Grund dieser wurde der Antrag auf Genehmigung, der auch durch den Nachweis der Nützlichkeit des Unternehmens an der Hand von Plänen usw. begründet werden muß, an den Minister der öffentlichen Arbeiten gerichtet. Wird durch diesen die allgemeine Zulässigkeit anerkannt, so übermittelt er den Entwurf dem Oberpräsidenten, um ihn durch die beteiligten Regierungen begutachten zu lassen. Alsdann werden die Unterlagen den beteiligten Verwaltungschefs mitgeteilt. Erscheint der Entwurf zur Ausführung geeignet, sind die Verhandlungen vollständig und ist auch der Nachweis erbracht, daß die erforderlichen Geldmittel bereit stehen, so werden die besonderen Bedingungen für die Genehmigung festgesetzt. Der hierüber erstattete Bericht ging von dem Minister der öffentlichen Arbeiten an das Staatsministerium, das über die Zulässigkeit und Gemeinnützigkeit des Unternehmens berät und, wenn sie anerkannt werden, für die Erteilung der durch die höchste Zentralinstanz auszusprechende Genehmigung berichtete. Dieser Bericht erstreckt sich auf Ermächtigung zur Bildung einer Gesellschaft behufs Ausführung des Unternehmens, auf Genehmigung zur Ausführung des Baues und auf Verleihung des Enteignungsrechtes. Die dem Unternehmer ausgehändigte Genehmigungsurkunde legt genau die Bedingungen fest, unter denen der Bau gestattet wird. Dazu gehört auch eine Frist, innerhalb der die Bahnanlage vollendet sein muß.

Bei Reichsbahnen dagegen erfolgt auf Grund der allgemeinen Vorarbeiten sogleich die Bereitstellung der zum Bau erforderlichen Geldmittel. Nach verfassungsmäßiger Annahme eines Gesetzentwurfes ergeht ein das Enteignungsrecht für den einzelnen Bahnbau verleihender (früher allerhöchster) Erlaß. In Ausführung dieses wird durch einen Ministerialerlaß diejenige Reichsbahndirektion bestimmt, der die Leitung des Baues übertragen wird.

b) Vorläufige Planfeststellung.

Nach § 4 des Eisenbahngesetzes vom 3. November 1838 stand in Preußen die Feststellung der Entwürfe (Planfeststellung) zu Eisenbahnanlagen für Haupt- und Nebenbahnen dem Minister der öffentlichen Arbeiten zu, der diese Aufgabe nach den Erfordernissen des gesamten Staatswohls zu erfüllen hat.

Das Verfahren bei der Prüfung der aufgestellten Bauentwürfe ist folgendes¹⁾: Der von dem Eisenbahnunternehmer auf Grund der ihm erteilten Genehmigung aufgestellte Bauentwurf wird zunächst — bei Privatbahnen durch Vermittlung, der zuständigen Eisenbahnaufsichtsbehörde (Eisenbahnkommissar) — dem Minister der öffentlichen Arbeiten vorgelegt. Nachdem dieser sich mit dem Entwurf allgemein einverstanden erklärt hat, erfolgt in

¹⁾ vgl. Erlaß des preuß. Ministers d. öffentl. Arb. v. 7. Febr. 1914. V. 54, D. 2, Eisenbahn-Verordnungsb. 1914, S. 36 und Gesetz über die Enteignung von Grundeigentum v. 11. Juni 1877, §§ 15 u. 18—22.

allen Fällen, in denen durch den Plan landespolizeilich zu schützende Interessen oder Interessen der benachbarten Grundstücke berührt werden, ein landespolizeiliches Prüfungsverfahren. Die landespolizeiliche Prüfung ist bei der Reichsbahn von der Reichsbahndirektion unter Mitteilung eines Lageplanes, dem geeignetenfalls die erforderlichen Schnitte beizufügen sind, und eines Verzeichnisses der nach § 14 des Eisenbahngesetzes vom 3. November 1838 vorzusehenden Anlagen — Wege- und Vorflutverzeichnis benannt — bei dem Regierungspräsidenten (im Landespolizeibezirk Berlin beim Polizeipräsidenten in Berlin) zu beantragen.

1	2	3	4	5	6	
Lfd. Nr. der Anlage	Lage der Anlage zur Bahnachse Station	Beschaffenheit der vorhandenen Anlage	Geplante Anlage nach dem vor- liegenden Entwurf	Wünsche der Interessenten	Prüfungsvermerk	
					Vorschläge des Herrn Regierungs- präsidenten	Entscheidung des Herrn Ministers

Das Wege- und Vorflutverzeichnis wird in vorstehender Form für jeden Kreis- und jeden Gemeindebezirk besonders aufgestellt. In ihm werden einzeln für jeden Weg, Wasserlauf, Graben usw. angegeben: die Stelle, an der die Anlage gelegen ist (Spalte 2), die örtliche Beschaffenheit der Anlage vor dem Bahnbau (Spalte 3), die Beschreibung der geplanten Anlage nach dem vorliegenden Entwurf (Spalte 4); ferner werden die von den Interessenten geltend gemachten Wünsche (Spalte 5) und der spätere Prüfungsvermerk (Vorschläge des Regierungspräsidenten und Entscheidung des Ministers, Spalte 6) aufgenommen. Es empfiehlt sich, dieses Verzeichnis so ausführlich wie möglich aufzustellen, um von vornherein die Ausführungsart der Anlagen festzulegen und späteren Beschwerden und Einsprüchen vorzubeugen. Insbesondere ist anzugeben: bei Wegen ihre rechtliche Natur (ob Privatweg, Interessenten- oder öffentlicher Weg), die vorhandene und spätere nutzbare Breite, die Veränderungen in Höhe und Lage (Höhe über N.N.), die Neigungen der beiderseitigen Rampen; bei Wegunterführungen die lichte Weite des Bauwerks und die Durchfahrhöhe, die Art der Ausführung des Bauwerks (massiv, gewölbt oder eiserner Überbau, mit oder ohne Säulen), die Befestigung und Beleuchtung des Weges; ähnlich bei Wegüberführungen; bei Wegübergängen in Schienenhöhe die Anordnung etwaiger Schranken; bei Wasserläufen und Durchlässen die Breite des Wasserlaufs, das Hoch- und Niedrigwasser, der höchste schiffbare Wasserstand, die Ausführungsart des Brückenbauwerks oder Durchlasses (massiv, gewölbt oder eiserner Überbau), die Anordnung der etwaigen Brückenpfeiler, die lichte Weite, die Höhe der Konstruktionsunterkante, die lichte Durchfahrhöhe über dem höchsten schiffbaren Wasserstand, das etwaige Vorhandensein eines Leinpfades; auch die Seitengräben sind aufzuführen. Endlich ist in dem Wege- und Vorflutverzeichnis die Verpflichtung zur Unterhaltung der Wege- und Vorflutanlagen klarzustellen, insbesondere der Umfang der Lasten anzugeben, die der Eisenbahnunternehmer zu übernehmen hat, damit die Feststellung hierüber durch die Landespolizeibehörde erfolgen kann.

Sind auf Grund einer Durchsicht der Pläne durch den Regierungspräsidenten etwaige Rückfragen bei der Eisenbahndirektion zu stellen, so sind diese zunächst zu erledigen. Andernfalls ordnet der Regierungspräsident die Offenlegung der Pläne und den Erlaß einer Bekanntmachung an. Die Offenlegung hat in jedem einzelnen Gemeinde- oder Gutsbezirk, die von dem Unternehmen berührt werden, zu jedermanns Einsicht während 2 Wochen stattzufinden. Sind Einwendungen gegen den Plan nicht erhoben, so gibt der Regierungspräsident die Entwürfe nach Prüfung an die Reichsbahndirektion

mit einem, seine etwaigen Bemerkungen enthaltenden Schreiben zurück, nachdem er die Pläne mit dem Vermerk „landespolizeilich geprüft“ versehen hat.

Sind Einwendungen gegen den Plan erhoben, so sind sie vom Regierungspräsidenten alsbald der Reichsbahndirektion bekanntzugeben und, soweit sie nicht von dieser ohne weiteres als berechtigt anerkannt werden, durch Beauftragte des Regierungspräsidenten und der Reichsbahndirektion in einer nötigenfalls an Ort und Stelle abzuhaltenden Verhandlung (landespolizeilicher Prüfungstermin) unter Leitung eines Beauftragten des Regierungspräsidenten zu erörtern. Der Regierungspräsident hat diejenigen, die Einwendungen erhoben haben und die durch die Einwendungen betroffenen Grundbesitzer sowie den Vorstand des Gemeinde- oder Gutsbezirks von dem mit der Reichsbahndirektion zu vereinbarenden Termine zu benachrichtigen. In dem Verhandlungstermin, in dem die Erschienenen mit ihren Erklärungen zu hören sind und die ganze Angelegenheit eingehend zu erörtern ist, sind die Beauftragten des Regierungspräsidenten und der Reichsbahndirektion nicht zur selbständigen Entscheidung befugt, es obliegt ihnen vielmehr lediglich als Kommissare des Ministers, die ministerielle Entscheidung vorzubereiten. Über die Verhandlung ist eine in alle Punkte eingehende Niederschrift aufzunehmen, die von den Beauftragten des Regierungspräsidenten und der Reichsbahndirektion gemeinsam zu vollziehen ist. Die Reichsbahndirektion erhält eine Abschrift der Niederschrift. Den Beteiligten ist auf Antrag eine Abschrift des sie betreffenden Teiles zu übersenden. Nach Erledigung der Verhandlungen hat der Regierungspräsident in einem an die Reichsbahndirektion zu richtenden Schreiben zu den Erklärungen seiner Beauftragten Stellung zu nehmen und die vorgelegten Entwurfstücke, nachdem die Pläne mit dem Prüfungsvermerk versehen sind, unter Beifügung der schriftlich oder zu Protokoll erhobenen Einwendungen an die Reichsbahndirektion zurückzugeben.

Nunmehr hat die Reichsbahndirektion die landespolizeilich geprüften Pläne dem Reichsverkehrsminister zur vorläufigen Feststellung einzureichen. Dem Berichte sind beizufügen eine Abschrift der Niederschrift über die stattgehabten Verhandlungen, die Schriftstücke über die erhobenen Einwendungen, eine Abschrift des Schreibens des Regierungspräsidenten und die ergänzten Wege- und Vorflutverzeichnisse¹⁾. In dem Berichte hat sich die Reichsbahndirektion zur Sache zu äußern. Sind Meinungsverschiedenheiten zwischen der Reichsbahndirektion und dem Regierungspräsidenten verblieben, so hat die Reichsbahndirektion ihre Stellung zu begründen.

Ist die Angelegenheit bezüglich des dem Minister vorgelegten Materials zur Entscheidung reif, so entscheidet dieser, indem er zu den einzelnen Punkten Stellung nimmt und den Plan — erforderlichenfalls nach Vornahme der nötigen Änderungen — feststellt. Die Pläne gehen an die Reichsbahndirektion zurück. Diese und der Regierungspräsident erhalten von den zu den einzelnen Punkten getroffenen Entscheidungen Kenntnis. Der Regierungspräsident hat den Beteiligten, die Einwendungen erhoben hatten, von den sie berührenden Entscheidungen Mitteilung zu machen. Diese, durch den Minister erfolgte Feststellung der Pläne ist insofern eine vorläufige, als sie im Enteignungsverfahren noch eine Abänderung erfahren kann. Bedarf es keines Enteignungs-Planfeststellungsverfahrens, so wird die zunächst als vorläufig bezeichnete Feststellung ohne weiteres zu einer endgültigen. In diesem Falle sind die Pläne von der Reichsbahndirektion mit der Bescheinigung zu versehen: „von einem Planfeststellungsverfahren konnte abgesehen werden“.

¹⁾ vgl. Eisenbahn-Nachrichtenblatt 1913, S. 97.

Die Kosten für die landespolizeiliche Prüfung eines Eisenbahnentwurfs werden, auch bei Privatbahnen, bei denen das Verfahren gleichartig ist, als Akte der allgemeinen behördlichen Oberg Aufsicht auf die Staatskasse übernommen.

c) Grunderwerb und Enteignungsverfahren.

Grunderwerb. Dem Erwerbe des für den Bahnbau erforderlichen Grund und Bodens müssen nach Bearbeitung der Entwurfspläne, die den Umfang des Geländeerwerbs erkennen lassen, eine Reihe von Arbeiten vorausgehen. Es sind dies:

1. Die Stückvermessung oder Parzellaraufnahme. Bei dieser werden alle im Bereiche der geplanten Anlage liegenden Grundflächen im Umfange von etwa 50—75 m zu jeder Seite der Bahnlinie aufgenommen, und zwar werden außer den Eigentumsgrenzen örtliche Anlagen jeglicher Art eingemessen. Der Stückvermessung werden im allgemeinen die Mittellinie, bei Bögen die Tangenten der geplanten Bahn zugrunde gelegt. Hat die aufzunehmende Fläche eine mäßige Ausdehnung, so werden zu beiden Seiten der Bahnachse Hauptabmessungslinien abgesteckt, die durch rechtwinklige Koordinaten von der Bahnachse aus bestimmt werden. Bei größerer Ausdehnung der aufzunehmenden Fläche werden Vieleckzüge erforderlich. Die Ergebnisse der Stückvermessung werden in Feldhandrisse eingetragen.
2. Die Anfertigung der Grunderwerbskarten. Hierzu ist zunächst die Berechnung der Koordinaten für die Bahnlinie und die Vieleckzüge durchzuführen. Alsdann kann die Planzeichnung in Angriff genommen werden. Für diese empfiehlt sich im allgemeinen ein Maßstab 1:1000, nur selten wird eine Darstellung im größeren Maßstab (etwa 1:500) notwendig; zuweilen genügt bei großen Flächen auch ein kleinerer Maßstab (etwa 1:2500). Für jeden Gemeinde- und Gutsbezirk werden gesonderte Kartenblätter bearbeitet. Nach Auftragung der Örtlichkeit wird auf Grund der bearbeiteten Sonderpläne der Bahntwurf in die Grunderwerbskarten eingetragen. Hierbei ist auf Schutzstreifen sowie Sicherheitsstreifen gegen Feuer und Wind Rücksicht zu nehmen. Die so eingetragenen Grenzen können im allgemeinen nur als vorläufige betrachtet werden, weil während der Bauausführung Änderungen erforderlich werden. Endgültig können die Grenzen erst nach Beendigung des Baues in die Grunderwerbskarten eingetragen werden.
3. Berechnung und Feststellung der zu erwerbenden Flächen. Vor der Flächenberechnung sind die einzelnen Eigentums- und Katastergrundstücke, von denen Flächen für den Bahnbau benötigt werden, nach Gemeindebezirken getrennt in der Richtung der Streckeneinteilung fortlaufend mit Nummern zu bezeichnen. Alsdann sind von jedem Grundstück gesondert zu berechnen: das zum Bahnkörper und zu den Nebenanlagen benötigte Gelände und die übrigbleibenden Trennstücke, ferner das zu Schutzstreifen erforderliche Gelände und die Summe der einzelnen Teile. Für die Berechnung der Flächen sind in erster Linie die im Felde gemessenen Zahlen unmittelbar zu verwenden. Soweit dies nicht möglich ist, werden die Flächen auf der Grunderwerbskarte durch ihre Zerlegung und Verwandlung in Vielecke und Dreiecke berechnet.
4. Aufstellung der Grunderwerbs- oder Vermessungsregister. Zur Erläuterung der Grunderwerbskarten sind getrennt für jede Gemeinde Verzeichnisse der zu enteignenden Grundstücke aufzustellen,

in denen sämtliche zum Bahnbau erforderlichen Grundstücke, Wege, Wasserläufe usw. aufzuführen sind. Die Eintragung erfolgt in derselben Reihenfolge, in der die Grundstücke in den Grunderwerbskarten angegeben sind. Für Grundstücke, bei denen ein freihändiger Erwerb möglich ist, werden zur Beschleunigung der Bauausführung zuweilen vorläufige Grunderwerbskarten und vorläufige Vermessungsregister aufgestellt, die alsdann bei der Schlußvermessung, die nach Fertigstellung jeder Bahn vorzunehmen ist, berichtigt werden.

Der Erwerb des für den Bahnbau erforderlichen Grundeigentums im Wege des Zwangsverfahrens auf Grund des Enteignungsgesetzes soll möglichst auf solche Fälle beschränkt werden, in denen er auf andere Art nicht zu ermöglichen ist. Deshalb soll man, um eine baldige Inangriffnahme des Baues zu ermöglichen, in erster Linie die Überlassung des Besitzes der erforderlichen Grundstücke im Wege gütlicher Vereinbarungen anstreben. Hierzu empfiehlt es sich, einen Termin anzuberaumen, zu dem durch Vermittlung der Ortsbehörden alle in Frage kommenden Grundbesitzer geladen werden.

Der Erwerb im Wege gütlicher Vereinbarung kann geschehen auf Grund eines endgültigen Veräußerungsvertrages, ferner auf Grund eines Vertrages aber unter dem Vorbehalt nachträglicher Feststellung der Entschädigung und endlich unter dem Vorbehalt der Durchführung des förmlichen Enteignungsverfahrens (s. weiter unten). Ist keines von diesen zu erwirken, so wird man, um den Bau nicht aufzuhalten, wenigstens versuchen, eine Bauerlaubnis von dem Eigentümer zu erhalten.

Hierzu empfiehlt es sich, möglichst schon in dem gedachten Termin eine Verhandlung aufzunehmen und von dem betreffenden Grundeigentümer anerkennen zu lassen, wonach er darin willigt, daß der Bahnunternehmer sich zum Zwecke der Bauausführung sowie der dazu nötigen Vorbereitungen jederzeit in den Besitz der dazu erforderlichen Teile seines Grundeigentums setzen kann. Die Bauerlaubnis wird man nur dann erzielen können, wenn von dem Besitzer die Preisgabe irgendwelcher Rechte nicht verlangt wird. Sie kann daher nur gefordert werden unter dem Vorbehalte aller Rechte des Grundeigentümers auf Entschädigung im Wege der Vereinbarung oder des Enteignungsverfahrens. Die Entschädigungssumme wird hierbei vom Tage der Inangriffnahme des Baues auf dem Grundstück mit einem bestimmten Prozentsatz verzinst. Zweckmäßig wird bei der Besitzergreifung der Kulturzustand, der Aufwuchs und die Bestellung der Fläche unter Zuziehung beider Teile festgestellt. Die Erteilung der Bauerlaubnis gibt demnach keine Veranlassung, von dem Verfahren zur endgültigen Feststellung des Planes (s. weiter unten) Abstand zu nehmen. Ist jedoch die Bauerlaubnis erteilt, so kann wenigstens der Bau, ohne daß man Schwierigkeiten befürchten muß, weitergeführt werden, weil ein Widerruf der erteilten Bauerlaubnis seitens des Eigentümers unzulässig ist.

Enteignungsverfahren¹⁾. Bei Grundstücken, deren Erwerb auf gutlichem Wege nicht zu erzielen ist, muß der Weg der zwangsweisen Enteignung gewählt werden. Das Enteignungsverfahren zerfällt in Preußen in folgende 3 Abschnitte: Die endgültige Feststellung des Planes, die Feststellung der Entschädigung und die Vollziehung der Enteignung.

Die endgültige Feststellung des Planes wird durch einen an den Regierungspräsidenten zu richtenden Antrag des Bahnunternehmers eingeleitet. Dem Antrage sind beizufügen: ein beglaubigter Auszug aus dem vorläufig festgestellten (landespolizeilich geprüften) Plan, die Grunderwerbskarten und Vermessungsregister. Die Pläne nebst Anlagen werden nach Bekanntmachung 14 Tage im Gemeinde- oder Gutsbezirk zur Einsicht offengelegt. Während dieser Zeit kann jeder Beteiligte im Umfang seines Interesses Einwendungen erheben. Nach Ablauf der Frist werden die gegen den Plan eingegangenen Einwendungen in einem Ortstermin, zu dem der Unternehmer, die Einspruch-

¹⁾ vgl. u. a. F. Seydel, Gesetz über die Enteignung von Grundeigentum vom 11. Juni 1874. Berlin 1903, Heimanns Verlag.

erhebenden, die betreffenden Grundbesitzer, sowie der Vorstand des Gemeinde- und Gutsbezirks geladen werden, vor einem von dem Regierungspräsidenten (für den Stadtkreis Berlin vom Polizeipräsidenten) zu ernennenden Kommissar erörtert. Dem Kommissar bleibt es überlassen, Sachverständige zur mündlichen oder schriftlichen Abgabe eines Gutachtens heranzuziehen. Diese Verhandlung erstreckt sich noch nicht auf die Entschädigungsfrage. Nach Beendigung der Verhandlung hat der Kommissar sie der Enteignungsbehörde — dem Bezirksausschuß, im Stadtkreis Berlin dem Polizeipräsidium von Berlin, — vorzulegen, die in einem begründeten Planfeststellungsbeschluß über die erhobenen Einwendungen entscheidet und danach den Gegenstand der Enteignung, die Größe und die Grenzen des abzutretenden Grundbesitzes, etwaige Beschränkungen und den Zeitpunkt der Übernahme, sowie die Anlagen, die der Unternehmer herzustellen hat, feststellt. Wenn die Enteignungsbehörde hierbei eine Änderung des vom Minister bereits vorläufig festgestellten Bautwurfes anordnet, so bleibt die Genehmigung des Ministers für diese Vereinbarungen vorbehalten. Die Einholung dieser nachträglichen Genehmigung ist Sache der Eisenbahnverwaltung. Änderungen in den Urplänen, die nach der vorläufigen Planfeststellung vorgenommen werden, sind in grüner Farbe in dem vorläufig festgestellten Plan einzutragen. Gegen die Planfeststellung des Bezirksausschusses steht den Beteiligten Beschwerde beim Minister offen. Der Planfeststellungsbeschluß ist rechtskräftig und das Verfahren zur Feststellung des Planes beendet, wenn die vierzehntägige Frist zur Einreichung der Beschwerde abgelaufen ist.

Das Enteignungsrecht bei der Anlage von Eisenbahnen erstreckt sich nicht allein auf den Grund und Boden, der zum Bahnkörper und zu den Bahnhöfen sowie zu den sonstigen Gebäuden für die Eisenbahn — zunächst und für spätere Erweiterungen — erforderlich ist, sondern auch auf das Gelände zur Ablagerung von Boden, sowie auf alle Anlagen, die zum Betriebe der Bahn im öffentlichen Interesse notwendig sind (z. B. Brandschutzstreifen) und endlich auch auf das zur Herstellung von Dämmen erforderliche Schüttungsmaterial.

Zur Einleitung der Feststellung der Entschädigung beantragt auf Grund des Planfeststellungsbeschlusses die Eisenbahnverwaltung beim zuständigen Grundbuchrichter zunächst die erforderlichen Grundbuchauszüge. Bei der Ausstellung dieser wird im Grundbuch ein Vermerk über das eingeleitete Enteignungsverfahren aufgenommen, der nach vollzogener Enteignung wieder gelöscht wird. Alsdann stellt die Eisenbahnverwaltung unter Beifügung der Grundbuchauszüge beim Regierungspräsidenten den Antrag auf Feststellung der Entschädigung. In dem Antrage muß das zu enteignende Grundstück, der Eigentümer, sowie die Art und der Umfang der Belastung des Grundstückes genau ersichtlich sein. Der Regierungspräsident ernennt einen Kommissar, der zur Verhandlung über die Entschädigung einen Termin festsetzt. Zu diesem werden die Eisenbahnverwaltung, der Eigentümer und etwaige Nebenberechtigte persönlich, die übrigen Beteiligten durch öffentliche Bekanntmachung geladen; auch werden Sachverständige hinzugezogen. Etwaige Anträge des Grundeigentümers auf vollständige Übernahme eines teilweise in Anspruch genommenen Grundstückes sind in diesem Termin anzubringen. Hier soll zunächst eine Einigung der Beteiligten angestrebt werden. Erfolgt diese nicht, so geben die Sachverständigen ihr mit Gründen zu belegendes Gutachten entweder mündlich zu Protokoll oder schriftlich ab. Den Beteiligten ist vor der Entscheidung des Bezirksausschusses Gelegenheit zu geben, sich über das Gutachten auszusprechen. Der Kommissar übersendet das Protokoll mit Gutachten dem Bezirksausschuß. Dieser entscheidet durch einen begründeten Beschluß, in dem die Entschädigungssumme für jeden

Eigentümer besonders, sowie die der Eisenbahnverwaltung aufzuerlegenden Verpflichtungen festzustellen sind. In dem Beschluß ist gleichzeitig zu bestimmen, daß die Enteignung des Grundstückes nur nach erfolgter Zahlung und Hinterlegung der Entschädigung oder Kautionssumme auszusprechen sei. Gegen die Entscheidung des Bezirksausschusses steht der Eisenbahnverwaltung und den Grundstückseigentümern innerhalb von 6 Monaten die Beschreitung des ordentlichen Rechtsweges offen. Wegen nachteiliger Folgen der Enteignung, die erst nach der Schätzung erkennbar werden, hat der Entschädigungsberechtigte bis zum Ablauf von 3 Jahren nach der Ausführung des ihn benachteiligenden Teiles der Anlage einen persönlichen Anspruch gegen die Eisenbahnverwaltung.

Vollziehung der Enteignung. Nachdem der den Parteien vorbehaltenen Rechtsweg durch Ablauf der sechsmonatigen Frist, durch Verzicht oder durch rechtskräftiges Urteil erledigt und die Entschädigung gezahlt oder hinterlegt ist, stellt die Eisenbahnverwaltung unter Beifügung der Katasterauszüge beim Regierungspräsidenten den Antrag auf Enteignung des Grundstückes, dem nunmehr ohne weiteres entsprochen wird. Die Enteignungserklärung schließt die Einweisung in den Besitz in sich.

In dringlichen Fällen, die bei der Enteignung von Eisenbahnen die Regel bilden, kann der Regierungspräsident auf Antrag der Eisenbahnverwaltung anordnen, daß die Enteignung des Grundstückes noch vor Erledigung des Rechtsweges geschieht, sobald die im Entschädigungsverfahren festgestellte Entschädigungssumme gezahlt und hinterlegt ist. Hiergegen steht den Beteiligten innerhalb von 3 Tagen nach Zustellung Beschwerde an den Minister offen. Nach dem die Dringlichkeit aussprechenden Beschluß kann jeder Beteiligte binnen 7 Tagen beim Amtsgericht die Feststellung des Zustandes von Gebäuden oder sonstigen Anlagen beantragen. Das Gericht hat den Termin innerhalb 7 Tagen anzuberaumen und die Beteiligten, sowie die Regierung rechtzeitig zu benachrichtigen. Vor Beendigung dieses Verfahrens kann die Enteignung nicht ausgesprochen werden¹⁾.

Die Entschädigungssumme wird hinterlegt, wenn neben dem Eigentümer Entschädigungsberechtigte vorhanden sind, deren Ansprüche an die Entschädigungssumme z. Zt. nicht feststehen, wenn das Grundstück mit Hypotheken belastet ist oder wenn es Fideikommiss oder Stammgut ist; andernfalls ist sie sofort auszuzahlen.

Der Enteignungsbeschluß wird von dem Bezirksausschuß jedem Beteiligten sowie dem zuständigen Amtsgericht mit den betreffenden Katasterauszügen übersandt. Das Amtsgericht hat hierauf für die Eisenbahnverwaltung die kosten- und lastenfreie Eigentumseintragung der enteigneten Grundstücke in das Grundbuch herbeizuführen.

Die Kosten des Enteignungsverfahrens (Planfeststellung und Entschädigungsverfahren) trägt die Eisenbahnverwaltung.

Zur endgültigen Regelung des Grunderwerbs werden eine Schlußvermessung vorgenommen und Grundeigentumspläne angefertigt, die in der Regel schon während des Baues vorbereitet werden.

Die Enteignungsverfahren in den anderen deutschen Ländern stimmen mit dem vorstehend geschilderten Verfahren in Preußen mehr oder weniger überein.

d) Betriebseröffnung.

Ist der Bau einer Eisenbahn-Neubaustrecke genügend weit vorgeschritten, so wird zur Erleichterung und Anfuhr von Baustoffen vor der Einführung

¹⁾ Für Notstandsarbeiten konnte auf Grund der Verordnung, betreffend ein vereinfachtes Enteignungsverfahren von 1914, eine weitere Beschleunigung des Verfahrens herbeigeführt werden.

des öffentlichen Verkehrs im allgemeinen zunächst der Arbeitszugbetrieb eingeleitet. Hierbei unterscheidet man zwischen dem Arbeitszugbetrieb mittels Rollwagen und dem Arbeitszugbetrieb auf dem endgültigen Oberbau eines fertigen Teils der Neubaustrecke. Die Befugnis zum Befahren der Neubaustrecke liegt meist schon in der Baugenehmigung, erfordert aber in der Regel noch die besondere Genehmigung der staatlichen Behörden und verpflichtet zur Einrichtung besonderer Vorsichtsmaßregeln.

Vor der Einführung des öffentlichen Verkehrs einer Bahn sind eine Reihe von Maßnahmen zu treffen, von deren sachgemäßer Vorbereitung, Feststellung und Klärung die glatte Betriebsführung abhängig ist. Um diese verschiedenen Maßnahmen im einzelnen zum richtigen Zeitpunkt einleiten zu können, sind sie bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn unter Angabe der Termine in einer besonderen Dienstvorschrift zusammengestellt¹⁾.

Zu den vor der Einführung des öffentlichen Verkehrs erforderlichen Maßnahmen gehören u. a.: die Einrichtung des Bahnaufsichts- und Unterhaltungsdienstes, des Zuförderungs- und Werkstättendienstes, des Wagengestellungsdienstes, sowie des Betriebsdienstes auf den Stationen; Anordnung der Ladestellen und der Betriebsausweichen; die Verteilung des Inventars und der Betriebsstoffe, der Fahrkarten, der Gepäckscheine und der sonstigen Drucksachen; Festsetzung der Telephonkontrollstationen, der Sammelstelle für Fundgegenstände; Bestimmungen über Rechnungslegung und Regelung der Geldabfuhr, Vergebung der Dienst- und Mietwohnungen; Bestellung der Bahn- und Kassenärzte; Aushang von Bekanntmachungen auf den Stationen; Vergebung von Bahnhofswirtschaften und des Bahnhofsbuchhandels, Errichtung von Güternebenstellen, Regelung des Rollfuhrwesens und Zuweisung der Posträume.

Ist die Bahnanlage im allgemeinen fertiggestellt und sind die Vorbereitungen für die Betriebseröffnungen eingeleitet, so veranlaßt die Eisenbahnverwaltung zunächst eine eisenbahntechnische Prüfung, um die für die Inbetriebnahme erforderliche Vorsorge zu treffen. Dazu wird bei den preußisch-hessischen Staatseisenbahnen die Neubaustrecke durch die zuständigen Dezernenten der Eisenbahndirektion und Vorstände der Ämter gemeinsam mit dem Neubaudezernenten und Vorstand der Bauabteilung bereist. Hierbei wird der Stand der Bauarbeiten festgestellt und über die rechtzeitige Einführung des Personals in den neuen Dienst Bestimmung getroffen. Auf Grund des Ergebnisses dieser eisenbahntechnischen Prüfung wird der Tag der Inbetriebnahme vorbehaltlich der landespolizeilichen Abnahme und der ministeriellen Genehmigung festgelegt.

Das Recht, über die Einführung des öffentlichen Verkehrs auf einer Bahnstrecke zu entscheiden, haben sich die Behörden in besonderen Eisenbahngesetzen und Verordnungen vorbehalten. In Preußen darf nach § 22 des Gesetzes über die Eisenbahnunternehmungen vom 3. November 1838 eine Haupt- oder Nebeneisenbahn dem Verkehr nicht eher übergeben werden, als nach voraufgegangener Prüfung der Anlage von der Regierung die Genehmigung dazu erteilt ist. Diese Prüfung — landespolizeiliche Abnahme genannt — wird bei Privatbahnen durch den Regierungspräsidenten und den Eisenbahnkommissar, der in der Regel ein Reichsbahndirektionspräsident ist, bei der Reichsbahn durch den Regierungspräsidenten und die Reichsbahndirektion bewirkt. Zur Abnahme, bei der der Bahnunternehmer zugegen ist, werden die Landräte, die Wasserbauverwaltung, die Gemeinde-, Guts- und Amtsvorstände, die Vertreter der Kommunalverbände, der Post- sowie der Forstverwaltung usw. eingeladen. Der Regierungspräsident und die

¹⁾ vgl. Dienstvorschrift für die zur Eröffnung des Betriebes neuer Bahnstrecken und einzelner Stationen, neuhergestellter zweiter und weiterer Gleise, sowie für die bei dauernder Einschränkung der Abfertigungsbefugnisse von Stationen zu treffenden Maßnahmen (Betriebseröffnungsvorschriften). Ausgabe 1906.

Reichsbahndirektion haben in dem landespolizeilichen Abnahmetermin genau wie bei der landespolizeilichen Prüfung als Kommissare des Ministers gleichberechtigt mitzuwirken. Der Regierungspräsident hat sich als Vertreter der Landespolizeibehörde auf die Feststellung zu beschränken, ob die im allgemeinen polizeilichen Interesse oder zugunsten der Anlieger angeordneten Einrichtungen bestimmungsgemäß hergestellt sind. Die Prüfung der Bahnanlage in eisenbahntechnischer Hinsicht ist Sache der Reichsbahnbehörde. Den Beteiligten wird Gelegenheit gegeben, etwaige Beschwerden vorzubringen. Werden diese als berechtigt anerkannt, so wird ihre Beseitigung zugesagt. Ist diese im Benehmen mit den Beteiligten nicht zu erreichen, so ist dies dem Minister anzuzeigen. Das Ergebnis der gemeinschaftlichen Abnahmeprüfung mit dem Befund der Bahnanlage und der Bezeichnung etwaiger Ergänzungsarbeiten ist in einer Niederschrift zusammenzufassen. Am Schlusse dieser Niederschrift, die von den beiderseitigen Kommissaren des Ministers (dem Regierungspräsidenten und dem Vertreter der Reichsbahndirektion) zu vollziehen ist, ist eine gemeinsame Erklärung abzugeben, daß — gegebenenfalls unter der Voraussetzung der rechtzeitigen Beseitigung der vorgefundenen Mängel — weder vom landespolizeilichen noch vom bahnpolizeilichen (eisenbahntechnischen) Standpunkt aus der zu einem bestimmten Tage in Aussicht genommenen Betriebseröffnung Bedenken entgegenstehen.

Auf Grund des gemeinschaftlichen Gutachtens der beiden Behörden entscheidet auf Antrag des Bahnunternehmers der Minister, dem die Genehmigung zur Eröffnung des Betriebes auf neuen Bahnstrecken vorbehalten ist. Nach erfolgter Genehmigung wird der Tag der Betriebseröffnung öffentlich bekanntgemacht unter Angabe der zur Eröffnung gelangenden Stationen, der Fahrpläne, der verkehrenden Züge, der Tarife usw.

Besondere Mitteilung über die bevorstehende Eröffnung müssen seitens der Eisenbahnverwaltung u. a. erhalten: das Reichsverkehrsministerium, das Reichspostministerium, der Oberpräsident, die Regierung, die Oberpostdirektion, die Landräte, Bürgermeister und Handelskammern des Bahngebietes der neuen Strecke; ferner unter Angabe der wichtigsten Abmessungen, wie Spurweite, Steigungen, Halbmesser usw., die fremden Bahnverwaltungen und Verkehrsanstalten, sowie die geschäftsführende Verwaltung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Am Tage der Inbetriebnahme ist dem Reichsverkehrsminister telegraphisch Anzeige über die erfolgte Eröffnung des Betriebs zu erstatten.

2. Geschäftsgang bei der Herstellung von Kleinbahnen.

Für die Herstellung und den Betrieb einer Kleinbahn (Straßenbahn oder nebenbahnähnlichen Kleinbahn) sind die Bestimmungen des Gesetzes über Kleinbahnen und Privatanschlußbahnen vom 28. Juli 1892¹⁾ maßgebend. Hiernach sind für die Erteilung der Genehmigung zuständig (§ 3 des Gesetzes):

1. Wenn der Betrieb ganz oder teilweise mit Maschinenkraft beabsichtigt wird: der Regierungspräsident (für den Stadtkreis Berlin der Polizeipräsident) im Einvernehmen mit der vom Minister bezeichneten Eisenbahnbehörde (Reichsbahndirektion);
2. in allen übrigen Fällen, und zwar:
 - a) sofern Kunststraßen, die nicht als städtische Straßen in der Unterhaltung und Verwaltung der Stadtkreise stehen, benutzt oder von

¹⁾ vgl. Gleim, Das Gesetz über Kleinbahnen und Privatanschlußbahnen, 4. Aufl., Berlin 1907, und Dr. Eger, Das Gesetz über Kleinbahnen und Privatanschlußbahnen, 3. Aufl., Berlin und Leipzig 1913.

- der Bahn mehrere Kreise oder nichtpreußische Landesteile berührt werden sollen: der Regierungspräsident (im ersteren Falle für den Stadtkreis Berlin der Polizeipräsident)
- b) sofern mehrere Polizeibezirke desselben Landkreises berührt werden: der Landrat,
 - c) sofern das Unternehmen innerhalb eines Polizeibezirks verbleibt: die Ortspolizeibehörde.

Wenn die im Betrieb mit Maschinenkraft einzurichtende Bahn die Bezirke mehrerer Landespolizeibehörden berührt, oder in dem Falle der Nr. 2 a die betreffenden Kreise nicht in demselben Regierungsbezirk liegen, so bezeichnet der Oberpräsident, falls jedoch die Landespolizeibezirke oder Kreise verschiedenen Provinzen angehören oder Berlin beteiligt ist, der Minister der öffentlichen Arbeiten im Einvernehmen mit dem Minister des Innern die zuständige Behörde.

Der Genehmigung geht eine polizeiliche Prüfung des Entwurfs voraus. Dem Antrag auf Erteilung der Genehmigung sind die zur Beurteilung des Unternehmens in technischer und geldlicher Hinsicht erforderlichen Unterlagen beizufügen.

Wenn ein öffentlicher Weg benutzt werden soll, so hat der Unternehmer auch die Zustimmung des Wegeunterhaltungspflichtigen (der Gemeinden, Kreise oder Provinzen) beizubringen. Der Wegeunterhaltungspflichtige kann für die Benutzung des Weges ein angemessenes Entgelt beanspruchen und sich den Erwerb der Bahn im ganzen nach Ablauf einer bestimmten Frist vorbehalten. Die Zustimmung des Unterhaltungspflichtigen kann ergänzt werden. Vor der Genehmigung sind ferner die zuständige Wegepolizei und, sofern Anlagen der Festungsbehörde, der Telegraphenbehörde und der Reichsbahnbehörde in Betracht kommen, auch diese zu hören.

Zum Zeichen der Genehmigung wird eine Genehmigungsurkunde ausgefertigt. In dieser wird auch eine Frist für die Fertigstellung der Anlage festgelegt. Wird der Fertigstellungstermin nicht innegehalten, so kann die Genehmigung für erloschen erklärt werden. Die Genehmigung kann dauernd oder auf Zeit erteilt werden. Für die Verleihung des Enteignungsrechtes, die durch besondere Verordnung erfolgt, ist ein besonderer Antrag erforderlich, der erst gestellt werden kann, nachdem die Genehmigung zum Bau erteilt ist.

Dem Bau von Kleinbahnen, die für den Betrieb mit Maschinenkraft bestimmt sind, muß eine Feststellung des Planes voraufgehen. Über diese bestehen ähnliche Bestimmungen wie für die Haupt- und Nebeneisenbahnen, jedoch werden nach Beendigung der Verhandlungen die Pläne hier nicht durch den Minister, sondern durch die Aufsichtsbehörde (den Regierungspräsidenten, im Landespolizeibezirk Berlin den Polizeipräsidenten in Berlin, im Einvernehmen mit der zuständigen Reichsbahndirektion) festgestellt. Bei der Planfeststellung ist dem Unternehmer die Herstellung derjenigen Anlagen aufzuerlegen, welche die den Bauplan festsetzende Behörde zur Sicherung der benachbarten Grundstücke gegen die Gefahren und Nachteile oder im öffentlichen Interesse für erforderlich erachtet, ebenso die Unterhaltung dieser Anlagen, soweit sie über den Umfang der bestehenden Verpflichtungen zur Unterhaltung vorhandener, demselben Zwecke dienender Anlagen hinausgeht. Der Planfeststellung bedarf es nicht, wenn eine Planfestsetzung zum Zwecke der Enteignung stattfindet. Diese Planfestsetzung zerfällt nach dem Enteignungsgesetz vom 11. Juni 1874 wiederum in eine vorläufige Feststellung des Bauplanes durch den Regierungspräsidenten unter Mitwirkung der Reichsbahndirektion, die die Pläne mit ihrem Prüfungsvermerk versieht, und in das darauf folgende Verfahren der Planfestsetzung zum

Zwecke der Enteignung. Wenn aus der beabsichtigten Bahnanlage Nachteile oder erhebliche Belästigungen der benachbarten Grundbesitzer und des öffentlichen Verkehrs nicht zu erwarten sind, kann, sofern es sich nicht um die Benutzung öffentlicher Wege, mit Ausnahme städtischer Straßen, handelt, der Minister den Beginn des Baues ohne vorgängige Planfestsetzung gestatten.

Zur Eröffnung des Betriebes bedarf es der Erlaubnis der zur Erteilung der Genehmigung zuständigen Behörde.

Unternehmer von Kleinbahnen sind verpflichtet, sich den Anschluß anderer Bahnen gefallen zu lassen, können aber auch die Gestattung des Anschlusses ihrer Bahnen an Haupt- und Nebenbahnen unter gewissen Bedingungen verlangen.

Haben Kleinbahnen eine solche Bedeutung für den öffentlichen Verkehr gewonnen, daß sie als Teil des Reichsbahnnetzes zu behandeln sind, so kann das Reich den Erwerb solcher Bahn gegen Entschädigung des vollen Wertes nach einer mit einjähriger Frist vorangegangenen Ankündigung beanspruchen.

3. Geschäftsverfahren bei Errichtung von Hochbauten, Fabrikanlagen und ähnl.

Neben der für eine Bahnanlage auf Grund der landespolizeilichen Prüfung erforderlichen Bauerlaubnis wird noch eine ortspolizeiliche Bauerlaubnis erforderlich:

- a) bei allen einzelnen neuen baulichen Anlagen (einschließl. Einfriedigungen), also besonders bei sämtlichen Hochbauten;
- b) bei bestehenden baulichen Anlagen für die Herstellung und Veränderung von massiven oder Fachwerkwänden, Decken, Eisenkonstruktionen, Treppen, Feuerstätten und ähnl.

Mit dem Antrage auf Erteilung der ortspolizeilichen Bauerlaubnis sind ein Lageplan und alle zur Erläuterung des Gebäudes erforderlichen Grundrisse, Schnitte und Ansichten vorzulegen. Über die Bauerlaubnis wird ein Bauschein erteilt. Der Ausstellung dieses geht eine Prüfung des Entwurfs seitens der Ortspolizeibehörde voran, bei der der Bauentwurf in bautechnischer und baupolizeilicher Hinsicht geprüft wird. Nach Fertigstellung des Rohbaues bedürfen alle Gebäude und selbständigen Schornsteinanlagen der Rohbauabnahme, die bei der Polizeibehörde schriftlich zu beantragen ist, sobald der Bau in seinen Mauern, Balkenlagen, Treppen und der Dachendeckung vollendet ist. Über die Rohbauabnahme wird ein Rohbauabnahmeschein ausgestellt, in welchem bestimmt wird, wann mit den inneren und äußeren Putzarbeiten begonnen werden darf. Dies ist in der Regel nicht früher als 6 Wochen vor der Vollendung des Rohbaues zulässig.

Gebäude, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmte Räume enthalten, unterliegen ferner der Gebrauchsabnahme. Nach vorschriftsmäßigem Befund wird über die Gebrauchsabnahme dem Bauherrn eine Bescheinigung — der Gebrauchsabnahmeschein — ausgestellt. Vor Behändigung dieses darf ein Gebäude nicht in Benutzung genommen werden.

Die Ortspolizeibehörde ist im allgemeinen nicht zuständig für die Erteilung der Bauerlaubnis zur Errichtung von Anlagen, die durch die örtliche Lage und Beschaffenheit der Betriebsstoffe für die benachbarten Grundstücke oder für die Öffentlichkeit erhebliche Nachteile, Gefahren oder Belästigungen herbeiführen können. Dies gilt namentlich für Fabrikanlagen, Anlegung von Dampfkesseln, für Kalk- und Ziegelöfen, Eisenwerke u. ähnl. Für die Genehmigung dieser ist in Preußen zuständig in erster Instanz der Kreis-

ausschuß (Stadtausschuß), in den einem Landkreis angehörigen Städten mit weniger als 10000 Einwohnern der Magistrat, im übrigen der Bezirksausschuß. Wegen der Entscheidung dieser ist binnen 14 Tagen Beschwerde an den Handelsminister zulässig.

Bei Gründung neuer Ansiedlungen darf die Bauerlaubnis zur Errichtung eines Wohnhauses nicht vor Erteilung der Siedlungsgenehmigung gegeben werden, für die besondere Vorschriften gelten.

Für die sonstigen im Eisenbahnbau erforderlichen Anlagen, wie z. B. Gleisanlagen, Futtermauern, Schneezäune, Durchlässe, Brücken, Straßenüber- und Unterführungen entscheidet die Landespolizeibehörde auf Grund der landespolizeilichen Prüfung endgültig.

XII. Bauausführung einer Eisenbahn.

Von Professor Dr.-Ing. E. Giese, Berlin.

Da die Bauausführung einer Eisenbahn wesentlich von dem Verhältnis zwischen dem Bauherrn und dem die Arbeiten meist ausführenden Unternehmer abhängig ist, so empfiehlt es sich, zunächst die verschiedenen Bauverfahren und alle die für das Verhältnis zwischen dem Bauherrn und dem Unternehmer maßgebenden Gesichtspunkte, insbesondere die Ausschreibung und Vergebung der Bauarbeiten zu erörtern. Erst dann soll die Vorbereitung und Durchführung des Baues selbst besprochen werden.

1. Die verschiedenen Bauverfahren.

a) Bauausführung im Eigenbetrieb und durch Unternehmer.

Die Möglichkeiten zur Durchführung des Baues einer Eisenbahn sind zunächst der Bau im Eigenbetrieb und der Bau durch Unternehmer.

Beim Bau im Eigenbetrieb (Regiebau) läßt der Bauherr die Arbeiten durch seine eigenen Organe ausführen. Er tritt also dem einzelnen Arbeiter gegenüber als Arbeitgeber auf. Hierzu muß ihm ein reichliches und erfahrenes Personal zur Verfügung stehen; auch muß er über die erforderlichen Arbeitsmaschinen, Rollbahngleise usw. verfügen. Dadurch wird für den Bauherrn der Bau ziemlich erschwert. Dieses Bauverfahren wird deshalb nur selten angewendet, und zwar im allgemeinen nur bei kleineren und einfacheren Ausführungen, vorwiegend bei Erdarbeiten. Nicht immer braucht jedoch beim Bau im Eigenbetrieb ein unmittelbares Lohnverhältnis zwischen den einzelnen Arbeitern und dem Bauherrn vorzuliegen, vielmehr können auch Arbeitsgruppen (Schächte) unter Führung eines Schachtmeisters oder Poliers gewisse Arbeiten gegen vereinbarte Sätze übernehmen.

Im Gegensatz zum Bau im Eigenbetrieb werden beim Bau durch Unternehmer die einzelnen Bauarbeiten und Bauteile der Bahnanlage (z. B. der Unterbau, der Oberbau, einzelne Hochbauten usw.) oder auch einzelne Strecken der zu erbauenden Bahn, die man Lose zu nennen pflegt, seitens des Bauherrn an einen Unternehmer vergeben. Da dieser alsdann den Arbeitern gegenüber die Stellung des Arbeitgebers übernimmt, so ergibt sich eine zweckmäßige Arbeitsverteilung zwischen dem Bauherrn und dem Unternehmer. Ersterer stellt im wesentlichen die Entwürfe auf, überwacht die Arbeiten und regelt den gesamten Verkehr mit den Behörden, während dem

Unternehmer die unmittelbare Ausführung der Bauten und der Verkehr mit den Arbeitern obliegt. Der Unternehmer ist daher Mittelsperson zwischen dem Bauherrn und den Arbeitern. Diese Bauform ermöglicht dem Unternehmer ein gut geschultes Personal heranzubilden und sich allmählich reiche Erfahrungen anzueignen; sie hat sich wohl am besten bewährt und wird am meisten angewendet. Bei den nachfolgenden Erörterungen über die Bauausschreibung und Vergabung ist diese Form der Bauausführung im allgemeinen vorausgesetzt.

b) Bauausführung nach Einheitspreisen und gegen Pauschsummen.

Die Verdingung der Arbeiten an den Unternehmer erfolgt entweder auf Grund von Einheitspreisen oder gegen Pauschsummen. Daneben kommt noch ein gemischtes Verfahren vor. Kleine Nebenarbeiten können auch wohl im Tagelohn vergeben werden.

Bei der Vergabung nach Einheitspreisen werden die Arbeiten an den Unternehmer gesondert für jede Arbeitsleistung und Lieferung nach den tatsächlichen Mengen auf Grund von Nachmessungen und vereinbarten Einheitspreisen vergütet. Hierdurch behält sich der Bauherr die Möglichkeit vor, die Pläne während der Arbeit nach Belieben zu ändern. Das Verfahren, ganz allgemein durchgeführt, hat jedoch den Mangel, daß der Bauherr nicht ausreichend in der Lage ist, jederzeit die Höhe der aufgewendeten Kosten zu übersehen.

Bei der Verdingung gegen Pauschsummen werden im Gegensatz dazu die gesamte Bahnanlage, einzelne Strecken oder bestimmte Bauarbeiten gegen Zahlung einer Pauschalsumme an einen Unternehmer übertragen. Da der Bauherr hierbei keine Gewähr für die berechneten Massen übernimmt, so trägt die ganze Gefahr des Baues der Unternehmer. Die Vorarbeiten für die Vergabungen müssen demnach so gründlich durchgeführt sein, daß auf ihrer Grundlage eine genaue Veranschlagung der Kosten möglich ist. Der Pauschalbau setzt voraus, daß der Bauherr von der Vertrauenswürdigkeit und der Leistungsfähigkeit des Unternehmers voll überzeugt ist, so daß meist nur einige anerkannt vertrauenswürdige Unternehmer hierfür in Frage kommen.

Da beide Verdingungsarten gewisse Mängel haben, so wird ein Verfahren vorgezogen, das man wohl als ein gemischtes Verfahren bezeichnen kann. Hierbei werden vor der Ausschreibung die Mengen (Vordersätze) ermittelt, die Einheitspreise mit dem Unternehmer vereinbart und danach auf Grund eines besonderen Preisverzeichnisses die vorläufige Höhe der Vertragssumme annähernd im voraus festgesetzt. Die Bauverwaltung behält sich vor, die Arbeiten in geringerem Umfang (vielleicht bis zu 10 v. H.) zu vermehren oder zu vermindern. Dadurch hat der Unternehmer genügende Sicherheit über den Umfang der Arbeiten; er trägt daher keine erhebliche Gefahr. Der Bauherr dagegen ist im allgemeinen ausreichend in der Lage, die Höhe der Kosten vorher zu übersehen. Die Schlußrechnung wird alsdann nach den wirklich ausgeführten Arbeiten und den dafür vereinbarten Einheitspreisen aufgestellt. Bei Erdarbeiten kommt vielfach insofern eine Abweichung vor, als der Unternehmer zu einer ganz erheblichen Überschreitung der anschlagsmäßigen Arbeiten und Lieferungen verpflichtet zu werden pflegt. Einen Nachteil kann dies für den Unternehmer kaum zur Folge haben, weil mit der Vergrößerung der Massen der Aufwand für die Einheitsmenge immer geringer wird.

Die Unsicherheit der wirtschaftlichen Verhältnisse in der Nachkriegszeit hat eine ganze Reihe neuer Verdingungsgrundsätze und Vergabungsformen ge-

zeitigt¹⁾. Insbesondere war während der Inflationszeit (1919—1923) eine Bauvergebung ziemlich allgemein üblich, bei der der Unternehmer die Arbeiten zu Selbstkosten zuzüglich eines Zuschlages (für Verwaltung und Verdienst) ausführte. Es ist anzunehmen, daß diese Art der Bauausführung für den Bau von Bahnlagern bald verschwinden wird.

Die neuen Verdingungsgrundsätze und Vergabungsformen scheinen sich jetzt nach folgender Richtung zu entwickeln:

1. Vom Unternehmer wird die Übernahme des Kalkulations-Risikos verlangt, d. h. der Verantwortung für die richtige Veranschlagung seiner Leistungen und Lieferungen. Zu diesem Zwecke müssen ihm einwandfreie Veranschlagungsgrundlagen von der Baubehörde zur Verfügung gestellt werden.
2. Das Konjunktur-Risiko, d. h. das von der jeweiligen Wirtschaftslage abhängige Wagnis, das sich in der Steigerung der Löhne und Preise ausdrückt, übernimmt die Baubehörde.

Diese Teilung der Wagnisse macht eine klare Trennung der Einzelleistungen im Verdingungsanschlage erforderlich nach Arbeitsstunden, Baustoff- u. Betriebsstoffmengen und Geräteaufwand.

c) Bauausführung durch General- und Einzelunternehmer.

Bei der Vergabung der Leistungen und Lieferungen unterscheidet man endlich auch danach, ob sie sämtliche zu einem Baue gehörigen Bauarbeiten, also die ganze Bahnanlage, umfassen oder nur bestimmte Arbeitsgattungen. Werden ganze Eisenbahnstrecken gegen eine festgesetzte Summe an einen Unternehmer vergeben, so spricht man von einem Generalunternehmer. In Deutschland ist die Vergabung an Generalunternehmer in den siebziger Jahren häufig vorgekommen, hat sich jedoch im allgemeinen nicht bewährt und empfiehlt sich nur bei einfachen und übersichtlichen Verhältnissen, während sie in anderen Ländern (z. B. auch bei Kolonialbahnen) sehr wohl in Betracht kommen kann. Nicht selten wird dagegen für Hochbauten die schlüsselfertige Vergabung an einen Unternehmer gewählt. Immerhin besteht bei der Verschiedenheit der Verhältnisse in Deutschland für die Ausführung der Bauarbeiten kein ganz allgemein übliches Verfahren. Am meisten gebräuchlich ist, namentlich in Norddeutschland, die Vergabung der Arbeiten nach einzelnen Arbeitsgattungen an dafür geeignete Unternehmer (z. B. gesondert die Erdarbeiten an Erdunternehmer, Zimmerarbeiten an Zimmermeister, Tischlerarbeiten an Tischlermeister usw.). Die Vergabung von Eisenbauten (eisernen Brücken und Hallen) erfolgt vorwiegend auf Grund genau durchgearbeiteter Entwürfe nach festen Preisen für die Tonne Eisen einschl. Aufstellung; jedoch kommt daneben, insbesondere wenn der Bauherr nicht über das geeignete Personal verfügt, auch eine Vergabung in der Form vor, daß dem Unternehmer nur die Grundlagen zu dem Entwurf (Stützweite, Breite, Belastung usw.) angegeben, die Bearbeitung der Einzelheiten jedoch dem Unternehmer überlassen wird.

¹⁾ vgl. hierzu u. a. Baltzer: Der Kolonialbauvertrag und seine Anwendung im Kriege, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1917. — Dr.-Ing. Gaber: Zeitgemäße Bauverträge, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1917. — Dr.-Ing. Freund, Notstandsverträge mit veränderlichen Einheitspreisen im Eisenbau, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1919. — Baun: Vergabung von größeren und mittleren Bauarbeiten unter Berücksichtigung veränderlicher Löhne und Preise, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1920.

2. Bauausschreibung und Vergebung.

Vor dem Beginn jedes einzelnen Baues ergeht seitens des Bauherrn an Bauunternehmer eine Aufforderung zur Einreichung von Angeboten auf die zu vergebenden Leistungen und Lieferungen; diese bezeichnet man mit Bauausschreibung. Den nachher zu erteilenden Zuschlag an einen bestimmten Bauunternehmer nennt man die Bauvergebung.

a) Arten der Ausschreibung.

Man unterscheidet öffentliche und beschränkte Ausschreibungen. Bei der öffentlichen Ausschreibung erfolgt die Aufforderung zur Abgabe des Angebots in öffentlicher Form durch Zeitungen und Zeitschriften. Diese Art der Ausschreibung war vor dem Kriege bei größeren Bauarbeiten die gebräuchlichste. Sie hat den Vorteil, daß die günstigsten Angebote erzielt, weite Kreise herangezogen und auch Anfängern Gelegenheit gegeben wird, ihre Befähigung als Bauunternehmer nachzuweisen. Bei der beschränkten Ausschreibung fordert dagegen der Bauherr einige ihm als vertrauenswürdige bekannte Unternehmer schriftlich zur Abgabe von Angeboten auf. Solche Bauausschreibung wird gewählt, wenn es sich um schwierige Arbeiten handelt, von denen angenommen werden muß, daß nur ein bestimmter, als leistungsfähig bekannter kleiner Kreis von Unternehmern in der Lage sein wird, die Arbeiten sachgemäß auszuführen. Werden die Arbeiten unter Ausschluß jeder Ausschreibung vergeben, so spricht man endlich von einer freihändigen Vergebung. Sie ist bei öffentlichen Bauten selten, bei Privatbauten kommt sie häufiger vor.

Die bei den ehemaligen preußisch-hessischen Staatsbahnen¹⁾, deren Vorschriften auch nach dem Übergang der Bahnen auf das Reich bei der hervorragenden Stellung dieser Bahnen in Deutschland ihre Bedeutung behalten haben und daher auch bei den nachstehenden Erörterungen vorwiegend berücksichtigt worden sind, sind die maßgebenden Bestimmungen über die Arten der Vergabungen von Leistungen und Lieferungen folgende²⁾:

1. Leistungen und Lieferungen sind in der Regel öffentlich auszuschreiben.
2. Mit Ausschluß der Öffentlichkeit können zu engerer Bewerbung ausgeschrieben werden:

Leistungen und Lieferungen, die nach ihrer Eigenart nur ein beschränkter Kreis von Unternehmern in geeigneter Weise ausführt;

Leistungen und Lieferungen bezügl. deren in einer öffentlichen Ausschreibung ein annehmbares Ergebnis nicht erzielt worden ist;

sonstige Leistungen und Lieferungen, deren überschläglicher Gesamtwert den Betrag von 3000,— M. nicht übersteigt, sofern besondere Gründe für die Ausschreibung zu engerer Bewerbung vorhanden sind. In diesem Falle sind in der Regel mindestens 3 und höchstens 6 Bewerber, bei deren Auswahl nach Möglichkeit zu wechseln ist, zur Abgabe von Angeboten aufzufordern.

3. Unter Ausschluß jeder Ausschreibung (freihändig)³⁾ kann die Vergebung erfolgen:

bei Gegenständen, deren überschläglicher Wert den Betrag von 1000,— M. nicht übersteigt;

bei Dringlichkeit des Bedarfs;

bei Leistungen und Lieferungen, deren Ausführung besondere Kunstfertigkeit erfordert oder unter Patent- oder Musterschutz steht;

¹⁾ Jetzt Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn.

²⁾ vgl. preußisch-hessische Staatseisenbahnen. Vorschriften für das Verdingungswesen. Ausgabe 1906.

³⁾ Soweit Leistungen und Lieferungen im Werte von mehr als 3000,— M. freihändig oder auf Grund eines engeren Ausschreibungsverfahrens vergeben sind, ist zur Schlußrechnung anzugeben, aus welchen Gründen von jeder Ausschreibung oder von einer öffentlichen Ausschreibung abgesehen worden ist. Außerdem bedarf es in diesen Fällen einer Begründung bei der Zuschlagserteilung an Nichtmindestfordernde.

bei Nachbestellung zur Ergänzung des für einen bestimmten Zweck ausgedruckten Gesamtbedarfs, sofern kein höherer Preis vereinbart wird als für die Hauptlieferung oder -leistung.

Bei der Auswahl der Unternehmer ist nach Möglichkeit zu wechseln, auch sind dabei die ortsgemessenen Gewerbetreibenden vorzugsweise zu berücksichtigen.

b) Ausschreibungsunterlagen.

Die Bauausschreibung enthält in der Regel außer der Aufforderung zur Einreichung von Angeboten eine möglichst bestimmt zu bezeichnende Beschreibung der zu leistenden Arbeiten, Angaben über ihren Umfang, über die Höhe der zu stellenden Sicherheit und der zu hinterlegenden Haftsumme, über die Vollendungsfristen, Bedingungen und Ort der Zahlungsanweisung, Dauer der Gültigkeit des Angebotes u. ähnl. Ferner muß ersichtlich sein, bis zu welchem Zeitpunkt die Angebote angenommen werden, wo sie einzureichen sind und ob und wo die allgemeinen und besonderen Bedingungen, Entwürfe, Kostenanschläge, Preisverzeichnisse, Baubeschreibungen usw. einzusehen sind. Bei der Ausschreibung von Erdarbeiten muß den Bewerbern auch die Möglichkeit geboten werden, sich von dem Ergebnis der angestellten Bodenuntersuchungen Kenntnis zu verschaffen. Die Ausschreibungen werden tunlichst so zerlegt, daß auch kleineren Gewerbetreibenden und Handwerkern die Beteiligung an der Bewerbung möglich wird.

Der wesentliche Inhalt der allgemein gültigen, in fast allen Ausschreibungen wiederkehrenden Grundsätze wird bei den einzelnen Bahnverwaltungen in der Form von allgemeinen Vertragsbedingungen gesammelt, in denen nicht nur die Pflichten des Unternehmers, sondern auch die ihnen zustehenden Rechte verzeichnet sein sollen. Sie enthalten vorwiegend Bestimmungen rechtlicher Art, die für alle Arten von Ausschreibungen passen. Die übrigen Bestimmungen werden in sogenannten besonderen Bedingungen zusammengestellt; diese sollen die allgemeinen Bedingungen und Entwurfszeichnungen ergänzen, so daß eine erschöpfende Darstellung der zu vergebenden Arbeiten und Lieferungen erzielt wird, damit unter Zugrundelegung dieser Unterlagen der besondere Vertrag nur eine kurze Urkunde darstellt. Der Hauptteil der Ausschreibung besteht endlich in den Verdingungsanschlägen.

Bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Deutschen Reichsbahn werden den Verdingungen für die Herstellung von Bauwerken (einschl. Erdarbeiten) und sonstigen Verdingungen die „allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Staatsbauten“ beigegeben.

Der wesentliche Inhalt dieser Bedingungen ist folgender¹⁾:

§ 1: Den Gegenstand des Unternehmens bildet die Ausführung der im Verträge bezeichneten Bauwerke, Arbeiten und Lieferungen. Art und Umfang dieser bestimmen sich nach den Verdingungsanschlägen, Zeichnungen und sonstigen als zum Verträge gehörig bezeichneten Unterlagen. Abänderungen der Bauentwürfe anzuordnen, bleibt der Verwaltung vorbehalten. Arbeiten und Lieferungen, die in den Bauentwürfen nicht vorgesehen sind, können dem Unternehmer nur mit seiner Zustimmung übertragen werden²⁾. — § 2: Die Berechnung der Vergütung wird nach den wirklichen Arbeiten und Lieferungen unter Zugrundelegung der vertragsmäßigen Einheitspreise berechnet. Die Vergütung für Tagelohnarbeiten erfolgt nach den vertragsmäßig vereinbarten Lohnsätzen. — § 3: Die vereinbarten Preise und Tagelohnsätze umfassen zugleich die Vergütung für die zur planmäßigen Ausführung der Arbeiten und Lieferungen gehörenden Nebenleistungen aller Art, wie Vorhalten von Werkzeug, Geräten und Rüstungen für die Herstellung oder Unterhaltung von Zufuhrwegen und für die Heran-

¹⁾ vgl. preußisch-hessische Staatseisenbahnen, Vorschriften für das Verdingungswesen. Ausgabe 1906.

²⁾ Von dem Vorbehalt einer einseitigen Vermehrung oder Verminderung der verdingenen Lieferungen und Leistungen unter Beibehaltung der bedungenen Preiseinheitssätze soll im allgemeinen abgesehen werden.

schaffung der Baustoffe. Auch die Gestellung der zu Absteckungen und Messungen erforderlichen Arbeitskräfte und Geräte liegt dem Unternehmer ob. — § 4: Mehrarbeiten und Mehrlieferungen. Ohne schriftliche Anordnung oder Genehmigung der Verwaltung darf der Unternehmer keinerlei vom Verträge abweichende Arbeiten oder Lieferungen ausführen. Diesem Verbot zuwider einseitig von dem Unternehmer bewirkte Arbeiten und Lieferungen ist die Verwaltung befugt, auf dessen Gefahr und Kosten beseitigen zu lassen. — § 5: Minderarbeiten oder Minderlieferungen. Bleiben die ausgeführten Arbeiten oder Lieferungen unter der festbedungenen Menge zurück, so hat der Unternehmer nur Anspruch auf Ersatz des ihm nachweislich entstandenen wirklichen Schadens. § 6: Der Beginn, die Fortführung und die Vollendung der Arbeiten oder Lieferungen haben innerhalb der in den besonderen Bedingungen festgesetzten Fristen zu erfolgen. Der Unternehmer hat spätestens 14 Tage nach schriftlicher Aufforderung seitens der Verwaltung mit den Arbeiten zu beginnen. — § 7: Die Berechtigung der Verwaltung bei Überschreitung der Baufrist eine Vertragsstrafe von dem Guthaben des Unternehmers einzubehalten, richtet sich nach §§ 339 bis 341 des BGB.¹⁾ Für die Berechnung einer Vertragsstrafe ist der Zeitpunkt maßgebend, zu dem die Arbeit nach dem Verträge fertiggestellt oder die Anlieferung stattfinden sollte. — § 8: Behinderungen der Bauausführung. Glaubt der Unternehmer sich in der ordnungsmäßigen Fortführung der übernommenen Arbeiten oder Lieferungen behindert, so hat er der Verwaltung hiervon sofort Anzeige zu erstatten, andernfalls steht ihm ein Anspruch auf Berücksichtigung der hindernden Umstände nicht zu. — § 9: Für die bei Eintritt einer Unterbrechung oder gänzlicher Einstellung der Bauausführung bereits geleisteten Arbeiten oder Lieferungen erhält der Unternehmer die den vertragsmäßig bedungenen Preisen entsprechende Vergütung. Außerdem kann der Unternehmer den Ersatz des ihm nachweislich entstandenen Schadens beanspruchen, wenn die die Fortsetzung der Arbeiten und Lieferungen hindernden Umstände von der Verwaltung verschuldet sind. Eine Entschädigung für entgangenen Gewinn kann in keinem Falle beansprucht werden. Dauert die Unterbrechung länger als 6 Monate, so steht beiden Teilen der Rücktritt vom Verträge frei. — § 10: Güte der Arbeiten oder Lieferungen. Die Arbeiten oder Lieferungen müssen den besten Regeln der Technik und den besonderen Bestimmungen des Vertrages entsprechen; andernfalls sind die Arbeiten zu beseitigen und durch untadelhafte zu ersetzen. Baustoffe, die dem Verträge nicht entsprechen, sind von der Baustelle zu entfernen. — § 11: Sollte der Unternehmer die ihm aus den Verträgen mit seinen Handwerkern und Arbeitern obliegenden Verpflichtungen nicht oder nicht pünktlich erfüllen, so bleibt der Verwaltung das Recht vorbehalten, die von dem Unternehmer geschuldeten Beträge für dessen Rechnung unmittelbar an die Berechtigten zu zahlen. — § 12: Fristen für die Beseitigung von Mängeln. Wenn die Arbeiten oder Lieferungen des Unternehmers fehlerhaft oder nach Maßgabe der abgelaufenen Zeit nicht genügend gefördert sind, so ist er zur Beseitigung der Mängel oder zur Befolgung der getroffenen Anordnung unter Bewilligung einer angemessenen Frist aufzufordern. — § 13: Entziehung der Arbeiten oder Lieferungen. Kommt der Unternehmer innerhalb der Frist den Anordnungen der Verwaltung nicht nach, handelt er den Verpflichtungen zuwider oder wird die Sicherheitsleistung (§ 26) nicht spätestens binnen 14 Tagen nach Aufforderung bewirkt, so ist die Verwaltung berechtigt, nach ihrer Wahl entweder gänzlich vom Verträge zurückzutreten oder Schadenersatz wegen Nichterfüllung zu verlangen oder dem Unternehmer die weitere Ausführung der Arbeiten oder Lieferungen ganz oder teilweise zu entziehen und Schadenersatz wegen nicht genügender Erfüllung zu verlangen oder endlich auf der Erfüllung der dem Unternehmer obliegenden Verpflichtungen vorbehaltlich aller Schadenersatzansprüche zu bestehen. Werden dem Unternehmer die Arbeiten oder Lieferungen entzogen, so kann die Verwaltung den noch nicht vollendeten Teil auf seine Kosten ausführen lassen oder selbst auf seine Rechnung ausführen. — § 14: Ordnungsvorschriften. Der Unternehmer oder dessen Vertreter muß sich zufolge Aufforderung auf der Baustelle einfinden, so oft nach dem Ermessen der Verwaltung die baulichen Anordnungen ein mündliches Benehmen auf der Baustelle erforderlich machen. Der Unternehmer hat, soweit es seinen Arbeitern nicht selbst möglich ist, angemessene Unterkunft oder Verpflegung zu entsprechenden Preisen zu finden, die dazu erforderlichen Einrichtungen auf eigene Kosten zu treffen. Für die Bewachung seiner Gerüste, Werkzeuge, Geräte, Baustoffe usw. Sorge zu tragen, ist Sache des Unternehmers. — § 15: Mitbenutzung von Rüstungen. Die von dem Unternehmer hergestellten Rüstungen sind während ihres Bestehens auch anderen Bauhandwerkern unentgeltlich zur Benutzung zu überlassen. — § 16: Für die Befolgung der polizeilichen Vorschriften ist der Unternehmer verantwortlich. Er trägt insbesondere die Verantwortung für die gehörige Stärke und sonstige Tüchtigkeit der Rüstungen, Beförderungsbrücken usw.

¹⁾ Vertragsstrafen sind nur auszubedingen, wenn ein erhebliches Interesse an der rechtzeitigen Vertragserfüllung besteht. Die Höhe der Vertragsstrafe ist in angemessenen Grenzen zu halten.

unbeschadet der Verpflichtung, eine von der Verwaltung angeordnete Ergänzung und Verstärkung auf eigene Kosten zu bewirken. — § 17: Dem Unternehmer obliegt die Krankenversicherung der von ihm beschäftigten versicherungspflichtigen Personen¹⁾. Auf Verlangen der Verwaltung hat der Unternehmer eine Baukrankenkasse zu errichten. Errichtet die Verwaltung selbst eine solche, so gehören die von dem Unternehmer bei der Bauausführung beschäftigten versicherungspflichtigen Personen der Baukrankenkasse als Mitglieder an. — § 18: Haftpflicht des Unternehmers bei Eingriffen in die Rechte Dritter. Für unbefugtes Betreten, sowie für Beschädigungen angrenzender Ländereien, ebenso für die Folgen eigenmächtiger Versperrungen von Wegen und Wasserläufen haftet der Unternehmer. — § 19: Aufmessungen während des Baues und Abnahme. Die Verwaltung ist berechtigt, zu verlangen, daß über alle später nicht mehr nachzumessenden Arbeiten von den beiderseits zu bezeichnenden Beauftragten während der Ausführung gegenseitig anzuerkennende Aufzeichnungen geführt werden, die demnächst der Berechnung zugrunde zu legen sind. Von der Vollendung der Arbeiten oder Lieferungen hat der Unternehmer der Verwaltung durch eingeschriebenen Brief Anzeige zu machen, worauf der Termin der Abnahme anberaumt wird. Über die Abnahme wird in der Regel eine Verhandlung aufgenommen. — § 20: Die Aufstellung der Rechnung ist in Form, Ausdrucksweise, Bezeichnung der Bauteile und Reihenfolge der Posten genau nach dem Verdingungsanschlage einzurichten. Etwaige Mehrarbeiten und Mehrlieferungen sind in besonderer Rechnung nachzuweisen. — § 21: Werden Arbeiten im Tagelohn ausgeführt, so ist die Liste der hierbei beschäftigten Arbeiter dem bauleitenden Beamten zur Prüfung der Richtigkeit täglich vorzulegen. Tagelohnrechnungen sind längstens von 2 zu 2 Wochen einzureichen. — § 22: Abschlagszahlungen werden dem Unternehmer in angemessenen Fristen auf Antrag, nach Maßgabe des jeweilig Geleisteten oder Gelieferten, bis zu der von der Verwaltung vertretbaren Höhe gewährt. — § 23: Die Schlußzahlung erfolgt alsbald nach vollendeter Prüfung und Feststellung der vom Unternehmer einzureichenden Rechnung. Vor der Empfangnahme des Restguthabens muß der Unternehmer etwaige Ansprüche bezeichnen, widrigenfalls ihre Geltendmachung später ausgeschlossen ist. — § 24: Alle Zahlungen erfolgen auf der Kasse der Verwaltung, für die die Arbeiten oder Lieferungen ausgeführt werden²⁾. — § 25: Die Frist für die dem Unternehmer obliegende Gewährleistung für die Güte der Arbeit oder der Baustoffe beginnt mit dem Zeitpunkte der Abnahme der Arbeit oder Lieferung. — § 26: Sicherheitsleistung. Die Sicherheit für die vollständige Vertragserfüllung kann durch Bürgen oder Pfänder bestellt werden. Die Höhe der Pfänder beträgt 5 v. H. der Vertragssumme³⁾. Die Verwaltung kann die Hinterlegung eines Generalpfandes zulassen, das für alle von dem Unternehmer im Bereiche der Verwaltung vertragsmäßig übernommenen Verpflichtungen haftet. Zum Pfande können bestellt werden entweder Forderungen, die in das Reichs- oder das Staatsschuldbuch eingetragen sind, oder bares Geld, Wertpapiere, Depotscheine der Reichsbank, Sparkassenbücher oder Wechsel. Hinterlegtes bares Geld wird nicht verzinst. Die Rückgabe der Pfänder erfolgt, nachdem der Unternehmer die ihm obliegenden Verpflichtungen vollständig erfüllt hat und insoweit die Pfänder zur Sicherung der Verpflichtung zur Gewährleistung dienen, nachdem die Gewährleistungszeit abgelaufen ist. — § 27: Übertragbarkeit des Vertrages. Ohne Genehmigung der Verwaltung darf der Unternehmer seine vertragsmäßigen Verpflichtungen nicht auf andere übertragen. Verfällt der Unternehmer in Konkurs, so ist die Verwaltung berechtigt, den Vertrag mit dem Tage der Konkurseröffnung aufzuheben. Für den Fall, daß der Unternehmer sterben sollte, hat die Verwaltung die Wahl, ob sie das Vertragsverhältnis mit seinen Erben fortsetzen oder es als aufgelöst betrachten will. — § 28: Gerichtsstand. Für die aus dem Vertrage entspringenden Rechtsstreitigkeiten hat der Unternehmer — unbeschadet der im § 29 vorgesehenen Zuständigkeit eines Schiedsgerichts — bei dem zuständigen Gericht Recht zu nehmen, in dessen Bezirk die den Vertrag abschließende Behörde ihren Sitz hat. — § 29: Schiedsgericht⁴⁾. Über alle streitigen Rechtsansprüche, die aus Anlaß und in Ausführung des Vertrages von

¹⁾ In Deutschland besteht eine allgemeine Zwangsversicherung der Arbeiter auf öffentlich-rechtlicher Grundlage, wodurch den Arbeitern in den durch Krankheit, Unfälle, Invalidität oder Altersschwäche herbeigeführten Notlagen ein Anrecht auf Fürsorge gesetzlich gesichert wird.

²⁾ Die Zahlungen sind aufs äußerste zu beschleunigen.

³⁾ Bei Bemessung der Höhe der Sicherheit ist über das Maß nicht hinauszugehen, das geboten ist, um die Verwaltung vor Schaden zu bewahren. Wenn die Vertragssumme 1000 M. nicht überschreitet, oder wenn die zu hinterlegende Sicherheit den Betrag von 500 M. nicht erreichen würde, ist auf Sicherheitsleistung in den Fällen zu verzichten, in denen die Unternehmer als leistungsfähig und zuverlässig bekannt sind. Sicherheiten bis zu 1000 M. können durch Einbehaltung von Abschlagszahlungen eingezogen werden.

⁴⁾ vgl. Erlaß des Ministers d. öffentl. Arb. vom 22. März 1912 betreffend Verdingungswesen. Eisenbahn-Verordnungs-Blatt 1912, S. 75.

einer Partei gegen die andere erhoben werden, wird unter Ausschluß des Rechtsweges durch ein Schiedsgericht entschieden. Über die von dem Unternehmer erhobenen Rechtsansprüche hat die Behörde, die vor den ordentlichen Gerichten zur Vertretung der Verwaltung berufen wäre, dem Unternehmer einen schriftlichen Bescheid zu erteilen. Diese Entscheidung gilt als anerkannt, falls der Unternehmer nicht binnen 4 Wochen der Behörde anzeigt, daß er auf schiedsrichterliche Entscheidung über seine Rechtsansprüche antrage. Das Schiedsgericht besteht aus einem Obmann und zwei Beisitzern. Die Behörde und der Unternehmer ernennen je einen Schiedsrichter. Der Obmann wird auf Ersuchen der Behörde von dem Präsidenten des Landgerichts bezeichnet, bei dem die Behörde ihren Gerichtsstand hat. Dieser Obmann muß die Befähigung zum Richteramt besitzen. Der Obmann hat das ganze Verfahren zu leiten. Die Entscheidung des Schiedsgerichts erfolgt nach Stimmenmehrheit. Jedem Beisitzer steht ein Anspruch auf Vergütung nur gegenüber der Partei zu, die ihn zum Schiedsrichter ernannt hat. Für die dem Obmann zu gewährende Vergütung haften beide Parteien als Gesamtschuldner. Über die Kosten des schiedsrichterlichen Verfahrens entscheidet das Schiedsgericht. — § 30: Kosten und Stempel. Die Stempelsteuer trägt der Unternehmer nach Maßgabe der gesetzlichen Bestimmungen. Die übrigen Kosten des Vertragsabschlusses fallen jedem Teile zur Hälfte zur Last.

Neben den vorstehend erörterten allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Staatsbauten gibt es bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn noch die „allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Leistungen und Lieferungen“, die bei Beschaffungen von Bau- und Betriebsstoffen und von sonstigen beweglichen Sachen, die im Verkehr nach Zahl, Maß und Gewicht bestimmt zu werden pflegen, den Verträgen zugrunde gelegt werden. Diese Bedingungen stimmen mit den vorher erörterten in den wesentlichsten Punkten überein, enthalten nur unter Wegfall einiger sich lediglich auf Bauten erstreckender Bestimmungen noch besondere Bestimmungen über Ort der Anlieferung und Versand, über Güteprüfung, Abnahme und Gewährleistung.

Für einzelne Gruppen von häufig vorkommenden Leistungen und Lieferungen werden ferner einheitliche allgemeine Vertragsbedingungen aufgestellt, so z. B. bestehen bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn für die Ausschreibung von Erdarbeiten „allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Erd-, Fels-, Rodungs- und Böschungsarbeiten“, die mit den vorher erörterten „allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Staatsbauten“ auch in der Paragraphenfolge bis auf einige für Erdarbeiten wichtige Zusätze wörtlich übereinstimmen. Durch ihre Beilage bei der Ausschreibung erübrigt sich daher die Beifügung der „allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Staatsbauten“. Die Zusätze erstrecken sich im wesentlichen auf folgendes:

§ 1. Die in den Bauentwürfen vorgesehenen Arbeiten oder Lieferungen muß der Unternehmer zu den bedungenen Preisen selbst dann vollenden, wenn dabei die anschlagsmäßigen Arbeiten und Lieferungen überschritten werden. — § 2. Die Abrechnung der geförderten Erdmassen erfolgt überall im Abtrage, und zwar in derselben Weise, in welcher bei der Aufstellung des Anschlages verfahren ist. — § 3. Zu den Nebenleistungen gehören hier auch das Vorhalten von Beförderungsmitteln, Hilfsbrücken, Bauhütten und Einfriedigungen. — § 14. Der Unternehmer muß die ihm übertragenen Arbeiten selbst leiten oder einen geeigneten, der Verwaltung genehmen Bevollmächtigten ernennen, der ihn vertritt. Die Verwaltung ist berechtigt, Ungehörigkeiten der Angestellten und Arbeiter des Unternehmers mit Ordnungsstrafen bis zu 10 M. zu ahnden. Die Strafbeträge werden der Arbeiterkrankenkasse zugeführt. Der Unternehmer ist verpflichtet, während der Ausführung der übernommenen Arbeit dafür Sorge zu tragen, daß der Verkehr auf den von der Bahn durchschnittenen Wegen, sowie der Abfluß in den Gräben und Wasserläufen keine Unterbrechung erleiden. Wo es nötig wird, hat der Unternehmer für die Einfriedigung, Beleuchtung und Überwachung der Baustellen auf seine Kosten Sorge zu tragen. Wenn sich Gegenstände von naturhistorischem oder künstlerischem Werte finden, so sind sie sofort an die Verwaltung abzuliefern. — § 16. Der Unternehmer trägt die Verantwortung für die ordnungsmäßige Herstellung von Arbeitsgleisen und für die Sicherheit des Betriebes auf diesen Gleisen. Bei der Annahme von Arbeitern sind auf Verlangen der Eisenbahnverwaltung die einheimischen, besonders aber die in der Gegend der Arbeitsstellen wohnenden geeigneten Arbeitssuchenden vorweg von dem Unternehmer zu berücksichtigen.

Die „besonderen Vertragsbedingungen“ bestehen aus: 1. allgemeinen Bestimmungen, die bei allen Ausschreibungsgegenständen nach Form und Inhalt im wesentlichen die gleichen bleiben; 2. den technischen Bestimmungen, die für die verschiedenen Gegenstände der Ausschreibung verschieden sind.

Die allgemeinen Bestimmungen enthalten Vorschriften über Gegenstand und Umfang der Arbeiten, über Ausführungsfristen, Abnahme, Berechnung der Vergütung, Höhe der Abschlagszahlungen, Vertragsstrafe, Gewährleistung, Sicherheitsleistung, Tagelohnarbeiten und Schiedsgericht. Da die Eisenbahnverwaltung vielfach — insbesondere bei der Verdingung von Eisenbauten — die Frachtkosten übernimmt, so sind häufig auch besondere Vorschriften über die frachtfreie Beförderung aufgestellt. Bei der Vergleichen der Angebote werden alsdann die Frachtkosten mit den für Baudienstgut geltenden geringeren Frachtsätzen in Rechnung gestellt.

Die technischen Bestimmungen umfassen Ordnungsvorschriften, Angaben über Nebenleistungen, für die eine besondere Vergütung nicht stattfinden soll, und die näheren Bestimmungen für die Ausführung der einzelnen Gattungen von Arbeiten.

Im einzelnen enthalten z. B. die „technischen Bestimmungen für die Ausführung von Erd-, Fels-, Rodungs- und Böschungsarbeiten“ Angaben über Absteckungen, über Bau- und Lagerplätze, Abräumen des Geländes, Einschnittsarbeiten, Seitenentnahme und Seitenablagerung, Anschütten der Dämme, Abtreppungen, Anschütten bei Bauwerken, ferner über Moorboden, Quellen, Setzen der Dämme, Grabenverlegungen, über Böschungs- und Rodungsarbeiten und Aussetzen von Baustoffen.

Bei der Ausschreibung von Erd-, Maurer- und Steinmetzarbeiten umfassen die technischen Bestimmungen hauptsächlich Vorschriften über die Lagerplätze und Zufuhrwege, über Abbrucharbeiten, Erdaushub, Wasserhaltungs-, Gründungs- und Rammarbeiten, über Röhrendurchlässe, Reinigen der Baustoffe, Nässen der Steine, über Fundamentmauerwerk, Bruchstein-, Beton- und Ziegelmauerwerk, Gewölbe und Lehrbögen, über Fugearbeiten, Bearbeiten und Versetzen von Werksteinen, über Nachfröste, Afräumen der Baustelle, über Baustoffe im allgemeinen, insbesondere über Ziegelsteine, Bruch-, Werk- und Pflastersteine, über Kalk, Zement, Mauersand, Mörtel, Granit, Sandstein, Goudron, über Güte der Baustoffe, das Entladen und Lagern, über die Berechnung der Massen und über Wasserlieferung.

Bei Ausschreibungen über die Anfertigung, Anlieferung und Aufstellung von Eisenbauwerken enthalten die technischen Bestimmungen in der Hauptsache Vorschriften über Prüfung der Unterlagen, Änderungsvorschläge, Werkzeichnungen und Gewichtsberechnungen, über Gewichtsprüfungen und Abrechnung, Beschaffenheit der Bauwerkseisen, über Prüfung der Baustoffe (Prüfungsregeln, Umfang der Stoffprüfungen, Gütevorschriften, Zerreißproben, Biege- und Bearbeitungsproben für Flußeisen, Flußstahl und Gußeisen), ferner über Bearbeitung der Bauteile, Herstellung der Niet- und Schraubelöcher, Reinigung und Anstrich der Bauteile vor der Zusammensetzung, Verbinden und Vernieten der Bauteile, Aufbau, Gerüste, Anstrich, Probelastung und ergänzende Bestimmungen örtlicher Art.

Ebenso wie die allgemeinen Vertragsbedingungen sind auch die besonderen Vertragsbedingungen — und zwar sowohl die allgemeinen wie die technischen Bestimmungen — bei den verschiedenen Eisenbahnverwaltungen für die einzelnen Arbeitsgattungen meist besonders ausgearbeitet und durch Druck vervielfältigt. Sie brauchen von den örtlichen Baubeamten für den besonderen Zweck nur ergänzt zu werden. So gibt es z. B. bei den Reichsbahnen außer den bereits erwähnten besonderen Vertragsbedingungen u. a. noch solche für die Lieferung von Pflastersteinen, von Schienenschwellen, für die Herstellung des Oberbaues, für die Ausführung von Zimmerarbeiten, von Dachdecker-, Tischler-, Schlosser-, Glaser- und Anstreicherarbeiten.

Einer der wesentlichsten Bestandteile der Ausschreibung ist endlich der Verdingungsanschlag (Preisverzeichnis). In diesem werden sämtliche Haupt- und Nebenleistungen, die für die Preisbemessung besondere Bedeutung besitzen, ersichtlich gemacht. Für die Verdingungsanschläge werden von den

einzelnen Verwaltungen vielfach ebenfalls Vordrucke bearbeitet, die für den einzelnen Fall nur auszufüllen und zu ergänzen sind. Dem eigentlichen Preisverzeichnis werden häufig noch Massenverzeichnisse beigegeben, in denen die Massen der einzelnen Ansätze des Verdingungsanschlages für jedes einzelne Bauwerk aufgeführt werden. Dem Massen- und Preisverzeichnis werden ferner zweckmäßig Vorbemerkungen vorangestellt, in denen die für den Verdingungsanschlag wichtigsten Erläuterungen mitgeteilt werden, so z. B. über Nebenleistungen, über Abrundung der Abrechnungsmaße, über Beförderung der leeren Zementtonnen und Zementsäcke; ferner werden Vorbehalte gemacht über die Richtigkeit der Vordersätze, über die Änderung des Entwurfs, sowie über die Erteilung des Zuschlages auf nur einen Teil der ausgeschriebenen Arbeiten. In einem Anhang zum Preisverzeichnis wird endlich angegeben, zu welchem Preise sich der Unternehmer bereit erklärt, der Verwaltung für nicht vertragliche Leistungen Arbeitskräfte (Arbeiter, Handwerker und Vorarbeiter) einschl. der Vergütung für das Vorhalten der Geräte und für Versicherungen zur Verfügung zu stellen.

Nachstehend ist ein Beispiel für einen Teil eines Verdingungsanschlages gegeben. Die Verdingungsanschlüsse dürfen keine Preisangaben enthalten, nur die Maßangaben (Vordersätze) werden ausgefüllt. Soweit angängig, sind den Verdingungsanschlüssen zur Klarstellung der Art und des Umfanges der zu vergebenden Leistungen oder Lieferungen noch zeichnerische Darstellungen oder Skizzen beizugeben.

Preisverzeichnis

über die Ausführung der Erdarbeiten
für die Strecke von m nach n (km 0,0 bis 3,7).

Vorbemerkung: Die Vordersätze sind nur überschläglich ermittelt. Für ihre Richtigkeit wird keine Gewähr übernommen. Der Berechnung der Massen wird der fertige, also der nach Aufbringung des Mutterbodens vorhandene Querschnitt, zugrunde gelegt. Die nachstehenden Preise verstehen sich einschließlich aller Nebenarbeiten.

Ansatz	Stückzahl	Gegenstand der Veranschlagung	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			M.	Pf.	M.	Pf.
1	20000	cbm Abtragsboden zwischen km 0,0 und 1,5 zu lösen, profilmäßig abzutragen, zu laden, mit eigenen Beförderungsmitteln zu befördern und nach Zeichnung und Angabe in den neuen Bahndamm profilmäßig einzubauen für 1 cbm	.....	..	.....	..
2	10000	qm Flächen zu beiden Seiten der Bahnachse den vorhandenen Mutterboden durchschnittlich 30 cm tief abzudecken, mit eigenen Beförderungsmitteln seitlich abzusetzen und zu lagern für 1 qm	.....	..	.....	..
3	9000	qm Böschungflächen der Dämme und Einschnitte zwischen km 0,0 und 3,2 zu regulieren, mit dem seitlich abgesetzten Mutterboden 20 cm stark (senkrecht zur Neigung der Böschung gemessen) zu bekleiden, einzuebnen, mit Grassamen einzusäen und bis zur Herstellung einer dichten Grassnarbe zu unterhalten einschl. der Seiten- und Längsbeförderung sowie Lieferung des erforderlichen Grassamens . . . für 1 qm	.....	..	.....	..

c) Verfahren bei Ausschreibungen und Bauvergebungen.

Die Bekanntmachung der Ausschreibung muß in gedrängter Form das angeben, was für die Entschließung zur Beteiligung an der Bewerbung von Wichtigkeit ist, insbesondere: Gegenstand und Umfang der Leistung oder der Lieferung, Frist für die Vertragserfüllung — wobei die für die Ausführung der Leistungen oder Lieferungen zu bewilligenden Fristen ausreichend bemessen sein sollen —, Ort und Zeit der Eröffnung der Angebote, Zuschlagsfrist und Preis der Verdingungsanschlüge. Um den Bewerbern die notwendige Zeit zur Vorbereitung der Angebote zu gewähren, ist der Zeitpunkt der Eröffnung bei kleineren Arbeiten mindestens 14 Tage, bei größeren mindestens 4 Wochen nach der Bekanntmachung festzusetzen.

Bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn werden den Ausschreibungen die „Bedingungen für die Bewerbung um Arbeiten und Lieferungen“¹⁾ zugrunde gelegt, die allgemeine Bestimmungen enthalten über die Einsicht und den Bezug der Verdingungsunterlagen, sowie über Form und Inhalt der Angebote, über Wirkung des Angebots, Erteilung des Zuschlages, Beurkundung des Vertrages und Sicherheitsleistung.

Die Unternehmer reichen nunmehr ihre schriftlichen Angebote bei der in der Ausschreibung bezeichneten Stelle ein. Das vollständige Angebot besteht im wesentlichen aus:

1. dem Angebotsschreiben mit der Erklärung des Bieters, die ausgeschriebenen Arbeiten oder Lieferungen auf Grund der anerkannten Bedingungen und aller sonstigen in der Ausschreibung als Vertragsgrundlage bezeichneten schriftlichen und zeichnerischen Unterlagen ausführen zu wollen;
2. dem Verdingungsanschlag mit ausgefüllten Preisen und den zugehörigen Vorbemerkungen und dem Anhang;
3. den allgemeinen Vertragsbedingungen;
4. den besonderen Vertragsbedingungen, bestehend aus den allgemeinen und technischen Bestimmungen;
5. den unterschriebenen Plänen und etwaigen Baubeschreibungen und
6. den Baustoffproben.

Zur Eröffnung der Angebote findet an dem festgesetzten Tage eine Verhandlung (Submissionstermin) statt, zu der die Bewerber zugelassen sind. Hierbei werden die eingegangenen Angebote im Beisein der Erschienenen eröffnet und verlesen, nachdem sie bis dahin unter Verschluss gehalten sind. Über den Gang der Verhandlung wird eine Niederschrift angefertigt, in der die Angebote mit der Schlußforderung in der Reihenfolge des Eingangs aufgeführt werden. Die Niederschrift wird verlesen und von den erschienenen Bewerbern und Vertretern sowie dem Verhandlungsleiter vollzogen. Nachträglich eingegangene Angebote bleiben unberücksichtigt.

Für die Entscheidung über den Zuschlag, der in der Regel 14 Tage, spätestens 4 Wochen nach Eingang der Angebote erteilt werden soll, soll die niedrigste Geldforderung nicht den Ausschlag geben. Den Zuschlag wird man vielmehr nur auf ein in jeder Beziehung annehmbares, die tüchtige und rechtzeitige Ausführung gewährleistendes Angebot erteilen. Auch sollen nur solche Bewerber berücksichtigt werden, die für die bedingungsmaßige Ausführung die erforderliche Sicherheit bieten. Von den eingegangenen Angeboten werden daher zunächst alle diejenigen ausgeschieden, die den Bedingungen nicht entsprechen, die nach den eingereichten Proben nicht geeignet sind und die eine in offenbarem Mißverhältnis zu der Leistung oder Lieferung stehende Preisforderung enthalten. Im übrigen wird bei der Zweigstelle Preußen-Hessen

¹⁾ vgl. preußisch-hessische Staatseisenbahnen. Vorschriften über das Verdingungswesen. Ausgabe 1906.

der Reichsbahn in öffentlichen Ausschreibungen der Zuschlag demjenigen der drei als Mindestfordernden in Betracht kommenden Bewerbern erteilt, dessen Angebot unter Berücksichtigung aller Umstände als das annehmbarste zu erachten ist. Bei engeren Ausschreibungen hat unter sonst gleichwertigen Angeboten die Vergabung an den Mindestfordernden zu erfolgen. Ist keines der bei öffentlichen und engeren Ausschreibungen in Betracht kommenden Mindestangebote für annehmbar zu erachten, so sind sämtliche Angebote abzulehnen und es ist ein neues Verfahren einzuleiten. Sobald über die Bauvergebung entschieden ist, wird der Unternehmer, dem die Arbeiten übertragen werden sollen, aufgefordert, sich über die Annahme des Zuschlages zu äußern, die Haftsumme zu hinterlegen, sich zum Abschluß des Bauvertrages einzufinden und die Arbeiten an dem festgesetzten Zeitpunkte zu beginnen.

d) Form der Verträge.

Über den durch die Erteilung des Zuschlages zustande gekommenen Bauvertrag wird in der Regel eine schriftliche Urkunde errichtet, die in erschöpfender Weise die gegenseitig übernommenen Verpflichtungen festlegt. Dem eigentlichen Verträge wird das seitens des Unternehmers angenommene vollständige Angebot mit dem ausgefüllten Verdingungsanschlag (Preisverzeichnis), den allgemeinen und besonderen Vertragsbedingungen, sowie den vom Unternehmer zum Zeichnen der Anerkenntnis unterfertigten Plänen usw. beigefügt. Da diese Unterlagen durch Anheften mit Schnur und Siegel zu Bestandteilen des Vertrages gemacht werden und der Vertrag auf sie Bezug nimmt, so kann die Fassung des eigentlichen Vertrages knapp sein. Er braucht nur zu enthalten: die Angabe der Vertragsnummer, den Gegenstand des Vertrages, die Höhe der Vergütung und der Angaben, die für die Verstempelung des Vertrages notwendig sind, die zu leistende Gewähr und etwaige Abweichungen von den allgemeinen und besonderen Vertragsbedingungen, vielleicht noch die Vollendungsfrist, die Höhe der etwaigen Vertragsstrafe und der etwa zu bestellenden Sicherheit, sowie Angaben über die Abnahme der Leistungen oder Lieferungen.

Der Unternehmer kann Teile der Bauausführung an andere Unternehmer übertragen, bleibt aber allein für die Ausführung des Vertrages dem Bauherrn gegenüber verantwortlich. Zuweilen — z. B. bei Herstellung großer Tunnelbauten — kann es sich empfehlen, daß der Bauherr gewisse Baubetriebsanlagen, Steinbrüche und Wegebauten selbst herstellt.

Bei der Reichsbahn ist der Hauptverwaltung die Genehmigung zum Abschluß von Lieferungs- und Arbeitsverträgen vorbehalten, deren Gegenstand den Wert von 100 000 M. übersteigt, sowie die Zuschlagserteilung in öffentlichen und engeren Verdingungen bei Gegenständen — jedes Los für sich gerechnet — von mehr als 300 000 M. Die Vorstände der Bauabteilungen, der Betriebs-, Maschinen- und Werkstättenämter sind berechtigt, Arbeiten und Lieferungen zu vergeben:

- a) freihändig bis zum Betrage von 1000 M.,
- b) im Wege der beschränkten Ausschreibungen bis zum Betrage von 3000 M. und
- c) im Wege der öffentlichen Ausschreibung bis zum Betrage von 15000 M., sofern dem Mindestfordernden der Zuschlag erteilt wird.

Bei höheren Beträgen entscheidet die Reichsbahndirektion innerhalb ihres Bereichs.

Von dem Abschluß eines förmlichen Bauvertrages wird abgesehen zunächst beim Bau im Selbstbetrieb, wobei lediglich dem Schachtmeister die Ausführung der Erdarbeiten durch einen sogenannten Verding- oder Akkordzettel übertragen wird, ferner bei der Vergabung von Gegenständen von geringerem Werte und bei einfachen Verhältnissen. Alsdann werden in erster Linie die sogenannten Bestellzettel verwendet, in denen das Wesentliche des Auftrages zum Ausdruck gebracht wird. Für die Bestellzettel, von

denen mittels des Durchschreibeverfahrens Pausen hergestellt werden, sind bestimmte Vordrucke im Gebrauch. Statt der Bestellzettel kann auch durch schriftliche gegenseitig anerkannte Aufzeichnungen der wesentliche Inhalt des Übereinkommens in der Weise festgelegt werden, daß durch Bestell- oder Angebotschreiben die eine Partei schriftliche Anträge stellt, die von der anderen angenommen werden.

Bei der Reichsbahn kann unter der Voraussetzung, daß die Rechtsgültigkeit des Übereinkommens dadurch nicht in Frage gestellt wird, von dem Abschluß einer schriftlichen Vertragsurkunde abgesehen werden:

- a) bei Gegenständen bis zum Werte von 1000 M. einschließlich,
- b) bei Zug um Zug bewirkten Leistungen und Lieferungen,
- c) bei einfachen Vertragsverhältnissen, über die ein alle wesentlichen Bedingungen enthaltener Brief- oder Telegrammwechsel vorliegt.

3. Vorbereitung und Durchführung des Baues.

Die Leitung des Baues einer Eisenbahn erfordert neben der Lösung der verschiedenartigen technischen Aufgaben eine umfangreiche Verwaltungstätigkeit. Die erste, dem Eisenbahnbau voraufgehende vorbereitende Tätigkeit ist die Einrichtung einer besonderen Verwaltungsstelle, der Bauleitung, der die Einleitung, Durchführung und Überwachung des ganzen Eisenbahnbaues obliegt. Die Hauptaufgaben des dieser Verwaltungsstelle vorstehenden Bauleiters sind: den vorhandenen Entwurf einzuhalten, ihn in möglichst kurzer Zeit in technisch und wirtschaftlich einwandfreier Weise auszuführen und dabei insbesondere mit den vorhandenen Geldmitteln auszukommen.

Im einzelnen gehören zu den Aufgaben der Bauleitung etwa in der zeitlichen Folge geordnet: die Durchführung sämtlicher zur Herstellung der Bahnanlage erforderlichen Verwaltungs-, Buchführungs-, Rechnungs-, Zahlungs-, Entwurfs- und Vermessungsarbeiten, insbesondere die Ausführung der allgemeinen und ausführlichen Vorarbeiten, soweit diese nicht schon vor Errichtung einer besonderen bauleitenden Verwaltung bewirkt sind; die Ausarbeitung der einzelnen Entwürfe; die Mitwirkung beim Erwerb des erforderlichen Grund und Bodens, besonders die Einholung der Bauerlaubnis; die Aufstellung eines Arbeitsplanes; die Bearbeitung der Vertragsbedingungen für die Vergebung der Arbeiten und Lieferungen, die Ausschreibung und Vergebung selbst, und zwar zunächst der etwa von der Verwaltung zu liefernden Baustoffe (wie z. B. Zement), alsdann der Erdarbeiten, Wege- und Brückenbauten; die Einholung der ortspolizeilichen Bauerlaubnis für die Hochbauten, der etwaigen Ansiedlungsgenehmigung bei Wohngebäuden; die Ausschreibung für Hochbauten und für das Verlegen des Oberbaues; die Vorsorge für die rechtzeitige Anlieferung der Oberbauteile, die rechtzeitige Übergabe des Grund und Bodens, der Bauplätze, des Bauentwurfs und der abgesteckten Bahnlinie an den Unternehmer; die Baueinleitung; die Überwachung der Ausführung der einzelnen Arbeiten (Unterbau, Oberbauarbeiten, Sicherungsanlagen und Hochbauten) sowie ihre Abnahme; die Aufstellung und Anweisung von Abschlagszahlungen; die Herbeiführung des Arbeitszugbetriebes, der eisenbahntechnischen und landespolizeilichen Abnahme, sowie der Betriebseröffnung und endlich die Abrechnung und Schlußvermessung.

Die Ausrüstung der Bahnstrecke mit Maschinen, Wasserkränen, Hebekränen, Aufzügen, Gleiswagen usw., die Beschaffung der Oberbauteile und der Fahrzeuge bleibt häufig der dem Bauleiter vorgesetzten Behörde vorbehalten.

Beim Bau im Eigenbetriebe kommen für den Bauleiter außer den erwähnten Arbeiten weitere umfangreiche Arbeiten in Betracht, während beim

Pauschalbau in größeren Unternehmungen sich die Bauleitung sehr einfach gestalten kann. Zur Durchführung der Bauarbeiten steht dem Bauleiter das erforderliche Personal an Feldmessern, Bauführern, Technikern, Bauaufsehern, Bureau- und Rechnungsbeamten, Bauschreibern usw. zur Seite.

Wird der Bau nicht im Eigenbetrieb ausgeführt, so entfallen auch auf den Unternehmer eine ganze Reihe von Arbeiten, die vor dem eigenen Baubeginn durchzuführen sind. Es sind dies im wesentlichen: die Sicherung von Lagerplätzen, zuweilen auch der Bodenentnahmestellen, die Zufuhr und Verteilung der Werkzeuge, der Arbeitsmaschinen (Kräne, Bagger), der Beförderungsmittel (Schubkarren und Rollbahnen) mit den Rollbahnschienen u. ähnl.; ferner die Annahme von Arbeitern und Polieren, die Errichtung von Baubuden, das Herrichten der Baustelle, die Anlage von Zufuhrwegen, die Aufstellung von Arbeitsmaschinen, das Fällen von Bäumen, das Ausroden der Baumwurzeln, das Abdecken der Humusdecke u. ähnl. Von den zweckmäßigen Maßnahmen für den Baubeginn, die bei größeren Bauten umfangreiche Anlagen erfordern, hängt zum wesentlichen der Erfolg des ganzen Baues ab.

Bei Privatgesellschaften pflegt der Bau durch einen technischen Leiter (Baudirektor), der dem Vorstand der Gesellschaft und dem Aufsichtsrat unterstellt und verantwortlich ist, geleitet zu werden. Beim Bau von Reichsbahnen wird, wie bereits erwähnt, durch einen Ministerialerlaß eine Reichsbahnbehörde bestimmt, die die Leitung des Baues zu übernehmen hat. Für die Bauleitung werden Bauabteilungen mit einem höheren technischen Beamten als Vorstand entweder schon während der ausführlichen Vorarbeiten oder nach deren Beendigung, spätestens nach der landespolizeilichen Prüfung eingerichtet. Sofern die Bauabteilung erst nach Durchführung der ausführlichen Vorarbeiten begründet wird, wird meist zweckmäßig der zukünftige Vorstand der Bauabteilung mit der Durchführung dieser Vorarbeiten betraut. Die Bauabteilungen pflegen je nach der Schwierigkeit der vorkommenden Bauten einen Umfang von 25 bis 50 km Bahnstrecke zu erhalten. Größere Bauabteilungen zerfallen in „Strecken“ mit bis zu etwa 20 km Ausdehnung. Diese werden wiederum in „Lose“ von verschiedener Länge je nach der Schwierigkeit der Strecke zerlegt. Die Lose haben in allgemeinen Längen von höchstens 10 km. Schwierige Bauwerke bilden ein Los, bedeutende Bauwerke zuweilen sogar eine Strecke für sich. Bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn wird jede Strecke mit einem Streckenbaumeister oder Streckeningenieur und jedes Los mit einem Bauaufseher besetzt. Das Bureau einer Bauabteilung besteht in der Regel aus einem nichttechnischen und einem technischen Bureaubeamten, einem Landmesser und einem oder mehreren Technikern.

Zur Erläuterung der Arbeiten der Bauabteilung sollen in folgendem die wichtigsten der bei der Zweigstelle Preußen-Hessen der Reichsbahn bestehenden Bestimmungen¹⁾ über Einrichtung und Aufgaben der Bauleitung mitgeteilt werden.

Die Bauabteilungen, denen die unmittelbare Leitung eines Neubaus obliegt, sind den Reichsbahndirektionen unterstellt. Besonders wichtige Bauabteilungen werden unmittelbar durch die Reichsbahndirektion geleitet. Zur unmittelbaren Beaufsichtigung der Bauarbeiten sind geeignete technische Kräfte als Bauaufseher²⁾ tätig. Der Vorstand der Bauabteilung hat die Bauausführung auf Grund der festgestellten Entwürfe und Kostenanschläge verantwortlich zu leiten. Von den festgestellten Entwürfen darf ohne Genehmigung der vorgesetzten Reichsbahndirektion nicht abgewichen werden. Vor Beginn der Bauausführung hat der Vorstand zu prüfen, ob die festgestellten Entwürfe für die Ausführung bereits völlig klargestellt (baureif) sind. Trifft dies nicht zu, so hat er recht-

¹⁾ vgl. Geschäftsanweisung für die Vorstände der Bauabteilung vom 1. Juli 1910.

²⁾ vgl. preußisch-hessische Staatsbahnen. Dienstanweisung und Dienstbuch für den Bauaufseher.

zeitig für eine völlige Klarstellung durch Anfertigung der noch erforderlichen Unterlagen (Einzelpläne, Werkzeichnungen, Berechnungen usw.) zu sorgen und erforderlichenfalls an die Reichsbahndirektion zu berichten. Über den Zusammenhang und die Reihenfolge sämtlicher Arbeiten und Beschaffungen ist ein ausführlicher Arbeitsplan — bei neuen Bahnlagen auf Grund des genehmigten Bauausführungsplanes — aufzustellen und der Reichsbahndirektion zur Genehmigung vorzulegen.

Steht mit Fortgang der Arbeiten die Eröffnung des Arbeitszugbetriebes in Aussicht, so ist rechtzeitig die Herbeiführung der landespolizeilichen Zustimmung hierzu bei der Reichsbahndirektion zu beantragen. Nähert sich der Bahnbau der Fertigstellung, so daß der Zeitpunkt der Betriebseröffnung übersehen werden kann, so ist noch einmal zu prüfen, ob etwa Vervollständigungen (z. B. Schneeschutzanlagen und Dienstwohngebäude) erforderlich sind. Über das Ergebnis ist der Reichsbahndirektion so rechtzeitig zu berichten, daß gegebenenfalls die Ergänzung des Bauplanes noch vor der Betriebseröffnung erfolgen kann.

Der Vorstand hat für die genaue Erfüllung der den Verträgen über Lieferungen und Leistungen zugrunde liegenden Bedingungen zu sorgen und demzufolge über die vorschriftsmäßige Ausführung der Lieferungen, andererseits aber auch darüber zu wachen, daß die Bauten überall nach dem Anschlage sach- und fachgemäß und unter Verwendung geeigneter Baustoffe ausgeführt werden.

Der Vorstand muß auf die größtmögliche Beschleunigung der Bauten fortgesetzt bedacht sein, weil eine baldige Fertigstellung sowohl zur Förderung des Verkehrs und der wirtschaftlichen Hebung der berührten Landesteile als auch zur baldigen Nutzbarmachung der aufgewendeten Kosten geboten ist. Zu diesem Zweck hat er zur baldigen Erlangung der für die Bauausführung erforderlichen Grundstücke sich auch die Förderung der zur Vorbereitung und Durchführung des Grunderwerbs gebotenen Geschäfte angelegen sein zu lassen. Insbesondere wird er zur Erwirkung der Bauerlaubnis seitens der Grundbesitzer beitragen.

Die Unterlagen für die einzelnen Ausschreibungen (ausführliche Entwürfe, Berechnungen, Vertragsbedingungen) sind von ihm so frühzeitig als zugänglich zu beschaffen und die Ausführungen angemessene Zeit vor ihrer Inangriffnahme auszuschreiben. Hierzu ist die baupolizeiliche Genehmigung für die Gebäude, sowie die Ansiedlungsgenehmigung für die Wohngebäude, die außerhalb einer im Zusammenhang gebauten Ortschaft errichtet werden müssen, möglichst frühzeitig einzuholen. Bei der Aufstellung und späteren Durchführung des Arbeitsplanes sind die Maßnahmen stets so zu treffen, daß diejenigen Arbeiten (Tunnel, Brücken, Erd- und Felsarbeiten und Hochbauten), deren Vollendung den längsten Zeitraum beansprucht, frühzeitig genug begonnen und schnell betrieben werden. Am eifrigsten müssen diejenigen Arbeiten gefördert werden, deren rechtzeitige Vollendung auf die Betriebseröffnung von Einfluß ist.

Der Vorstand hat die Baustelle tunlichst oft zu begehen; wichtige Anordnungen hat er in einem Merkbuch zu verzeichnen. Außer dem durch die Wirtschaftsordnung vorgeschriebenen Wirtschaftsbericht hat der Vorstand, sofern dies von der Reichsbahndirektion besonders angeordnet ist, eine einfache bildliche Darstellung über den Fortgang und den Stand der Arbeiten (Fortschrittslängenprofil¹⁾) vierteljährlich der Reichsbahndirektion einzureichen.

Vor jeder Vergebung von Leistungen und Lieferungen hat der Bauabteilungsvorstand an der Hand des Kostenanschlages eine Vergleichung der veranschlagten und der wirklich geforderten Preise vorzunehmen, um zu prüfen, ob die veranschlagten und die zur Verfügung stehenden Mittel ausreichen. Reichen die Mittel oder findet der Mehrbedarf durch sichere Ersparnisse bei anderen bereits ausgeführten oder vergebenen Arbeiten Deckung, so kann der Zuschlag erteilt werden, andernfalls ist an die Reichsbahndirektion zu berichten. Alle Jahre hat der Bauabteilungsvorstand eine Nachweisung der noch unerledigten Verträge einzureichen.

Gewinnt der Bauabteilungsvorstand die Überzeugung, daß die Einhaltung der vertraglich vorgesehenen Vollendungsfrist nicht möglich ist und der Anlaß zu der Verzögerung nicht in einem Verschulden des Unternehmers liegt, so hat er alsbald über die Festsetzung neuer Fristen zu verhandeln. Diejenigen Bauanlagen, die bei Fortsetzung des Baues nicht mehr sichtbar bleiben, sind während der Ausführung in Gegenwart des Unternehmers aufzumessen. Hierüber sind Prüfungszeichnungen anzufertigen; auch ist

¹⁾ Hierzu eignet sich ein Längenprofil in kleinem Maßstab, in welchem die bereits ausgeführten Arbeiten für jeden Berichtszeitraum verschiedenfarbig dargestellt werden. Außerdem sind die Kunstbauten, Hochbauten usw. schematisch einzuzeichnen und der hergestellte Erdaushub, das Mauerwerk, die Eisen- und Holzbauten mit der den Berichtszeitraum entsprechenden Farbe zu verzeichnen. Für gewisse Arbeiten, wie Oberbau, auch Grunderwerb eignen sich schmale unter dem Längenprofil verlaufende Felder, in denen der Stand der Arbeiten durch Farbe gekennzeichnet wird. Über den Bau von Tunneln werden besondere Fortschrittsprofile geführt.

zu veranlassen, daß diese vom Unternehmer als mit der Ausführung übereinstimmend anerkannt werden. Nach Vollendung jeder vertraglichen Leistung und Lieferung ist zu prüfen, ob die Ausführung in allen Punkten dem Verträge entspricht. Erst nach Erledigung etwaiger Anstände erfolgt die endgültige Abnahme. Nach dieser ist der Vertrag alsbald abzurechnen und der Schlußrechnung, der die auf Grund der Aufmessungen ermittelten Mengen und vertragsmäßigen Preise zugrunde gelegt werden, eine vom Abteilungs Vorstand ausgestellte Abnahmebescheinigung beizufügen¹⁾. Sind die Arbeiten verspätet fertiggestellt, so ist zu erwägen, ob und in welchem Umfange die Verzugsstrafe verwirkt ist.

Bei Unfällen, Betriebsstörungen und außergewöhnlichen Ereignissen sind die besonderen Bestimmungen über das Meldeverfahren und den Nachrichtendienst zu beachten.

In der Bauabteilung sind in der Hauptsache folgende Bücher zu führen: ein Ausgabebuch, Wirtschaftsbücher, ein Vertragsbuch, ein Bestellzettelbuch, eine Lohnkontrolle, eine Übersicht über die verfügbaren Baustoffbestände und eine Kontrolle der für die Baukasse beantragten und angewiesenen Vorschüsse.

Dem Vorstand der Bauabteilung werden im Falle des Bedürfnisses zur örtlichen Leitung und Beaufsichtigung größerer Neubauten Streckenbaumeister²⁾ (höherer technischer Beamter) oder Streckeningenieure (andere geeignete Bautechniker) beigegeben. Diese leiten und beaufsichtigen im einzelnen die Ausführung aller innerhalb des ihnen zugewiesenen Wirkungskreises vorkommenden Bauarbeiten nach den festgesetzten Entwürfen und Kostenanschlägen. Sie tragen in erster Linie die Verantwortung für die Innehaltung der den Verträgen zugrundeliegenden Bedingungen, für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der angelieferten Baustoffe und Geräte und für die sach- und fachgemäße Ausführung der Bauarbeiten.

Die Hauptverwaltung der Reichsbahn wirkt im Bereiche der Reichsbahn bei der Neubauverwaltung im allgemeinen nur in beschränktem Umfange mit; und zwar bleibt ihr, worauf zum Teil schon hingewiesen wurde und was hier im Zusammenhang nochmals angegeben werden soll, nur vorbehalten:

1. die Anordnung der allgemeinen und ausführlichen Vorarbeiten, die Feststellung des zur Ausführung bestimmten Entwurfs und des zugehörigen Kostenanschlages, sowie die Genehmigung des Bauausführungsplanes für die neue Bahnlinie;
2. die Feststellung derjenigen Entwürfe und Kostenanschläge, deren Kosten den Betrag von 50 000 M. im allgemeinen übersteigen, soweit nicht die Feststellung für Bauten von höherem Werte den Reichsbahndirektionen besonders übertragen wird, sowie die Feststellung der Entwürfe und Kostenanschläge für Bauten von geringerem Wert, für die die Prüfung und endgültige Feststellung bei der Überweisung der Geldmittel vorbehalten ist;
3. die Feststellung und Änderung der Regelentwürfe und Regelanordnungen für bauliche und maschinelle Anlagen, sowie für Betriebsmittel und mechanische Betriebseinrichtungen;
4. die Eröffnung des Betriebes auf fertiggestellten Bahnstrecken, die zur Beförderung von Personen oder Gütern im öffentlichen Verkehr bestimmt sind;
5. die Ermächtigung zum Abschluß freihändiger Lieferungs- und Arbeitsverträge, deren Gegenstand den Wert von 100 000 M. übersteigt, sowie zur Zuschlagserteilung in öffentlichen und engeren Verdingungen, bei Gegenständen — jedes Los für sich gerechnet — von mehr als 300 000 M.

Mit der Betriebseröffnung geht die Strecke, über die sich die Betriebsbeamten vorher schon ausreichend zu unterrichten haben, von der Neubauverwaltung an den Betrieb über — bei der Reichsbahn in die Verwaltung eines Eisenbahnbetriebsamtes. Die Neubauverwaltung bleibt jedoch zunächst noch zur beschleunigten Durchführung der Abrechnung bestehen. Erst nach Vollendung der Abrechnung wird die Bauabteilung aufgelöst. Den Schluß des ganzen Bahnbaues bildet die Schlußvermessung der Bahnanlage (vgl. S. 400).

¹⁾ Die endgültige Genehmigung der Baurechnungen erfolgt bei Reichsbahnen durch die zuständigen Ministerien nach vorheriger Prüfung durch die obersten Rechnungsstellen (dem Rechnungshof des Deutschen Reichs). Bei Privatbahnen im Besitz von Gesellschaften dagegen in der Regel durch den Verwaltungsrat oder die Generalversammlung.

²⁾ vgl. Geschäftsanweisung für die Streckenbaumeister.

Literaturverzeichnis.

- Besser: Kalkulation und Geschäftskosten im Baugewerbe. Köln 1918.
Beutinger: Das Submissionswesen in Deutschland. Leipzig 1915.
Birk, A.: Der Wegebau. 4. Teil. Linienführung der Straßen und Eisenbahnen. Leipzig und Wien 1915.
Boedecker: Die Wirkungen zwischen Rad und Schiene. Hannover 1887.
Bossard, E.: Die Berninabahn. Sonderabdruck a. d. Schweiz. Bauztg. 192. Bd. LIX.
Buchungsordnung der Reichsbahn 1921.
Cox, H.: Die neuen Alpenbahnen und Zufahrtlinien in der Schweiz. Sonderabdruck a. d. Zeitschrift des Vereins deutsch. Ing., Berlin 1908.
Das Deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart. Band I. u. II. Berlin 1911.
Eberle: Der angemessene Preis. Leipzig 1911/12.
Eisenbahntechnik der Gegenwart, herausgeg. von Blum, v. Borries u. Barkhausen.
2. Band. Der Eisenbahnbau der Gegenwart. 2. Aufl. 1. Abschnitt Linienführung und Bahngestaltung. Bearbeitet von † Paul, Schubert, A. Blum. Wiesbaden. 1906.
— 3. Bd. Unterhaltung und Betrieb.
— 4. Bd. Abschn. A. Die Zahnbahnen, bearb. von Dolezalek. Wiesbaden 1905.
Frank, A.: Die Widerstände der Lokomotiven u. Bahnzüge. Wiesbaden 1886.
Geschichte der Eisenbahnen der österr.-ungar. Monarchie. Wien 1898 u. 1908.
Geschäftliche Nachrichten für den Bereich der vereinigten preußischen und hessischen Staatseisenbahnen. Ausgabe 1913.
Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn 1921.
Haarmann, A.: Die Kleinbahnen, ihre geschichtliche Entwicklung, technische Ausgestaltung und wirtschaftliche Bedeutung. Berlin 1896.
Handbuch der Ingenieurwissenschaften.
— 1. Teil. 1. Bd. Vorarbeiten für Eisenbahnen und Straßen, Bauleitung. Bearb. von † Oberschulte u. Wegele. 4. Aufl. Leipzig 1904.
— 5. Teil. Der Eisenbahnbau. Herausgegeben v. F. Loewe u. Dr. Dr.-Ing. H. Zimmermann.
1. Bd. Einleitung und Allgemeines. Bahn und Fahrzeug im allgemeinen. Bearb. v. A. Birk. 2. Aufl. Leipzig 1908.
4. Bd. Anordnung der Bahnhöfe. 2. Abt. Große Personenbahnhöfe usw. von M. Oder. Leipzig u. Berlin 1914.
7. Bd. Schmalspurbahnen, bearb. v. A. Birk. 2. Aufl. Leipzig 1910.
Himbeck und Bandekow: Wie baut und betreibt man Kleinbahnen? München u. Berlin 1906.
Heller: Das Submissionswesen in Deutschland. Jena 1907.
Heyne, W.: Das Trassieren von Eisenbahnen. Wien 1872.
Hütte des Bauingenieurs. Herausgegeben vom Akad. Verein Hütte. 24. Auflage. Berlin 1924.
Jacobi: Kritische Untersuchungen der reinen Zugförderungskosten bei Anwendung von Heißdampflokomotiven. Dissertation. Braunschweig 1920.
Jahrbuch des Deutschen Verkehrswesens 1922.
Janssen: Der Bauingenieur in der Praxis. Berlin 1913.
Kaven, A. von: Vorarbeiten zu Eisenbahnen. Aachen 1876.
— Vorträge über Eisenbahnbau. Trassieren von Eisenbahnen. Aachen 1875.
— Vorarbeiten zu Eisenbahnen. Aachen 1876.
— Kurze Anleitung zum Projektieren von Eisenbahnen. Aachen 1878.
Kienitz, Dr. M.: Maßregeln zur Verhütung von Waldbränden. Berlin 1904.
Kreuter, F.: Die Linienführung der Eisenbahnen. Wiesbaden 1900.
Lademann: Über Zugförderungskosten und virtuelle Längen. Dissertation. Braunschweig 1921.
Launhardt, W.: Die Bauwürdigkeit von Nebeneisenbahnen. Berlin 1898.
— Die Betriebskosten der Eisenbahnen. Leipzig 1877.
— Theorie des Trassierens. Heft I. Die kommerzielle Trassierung, und Heft II. Die technische Trassierung der Eisenbahnen. Hannover 1887 u. 1888.
— Mathematische Begründung der Volkswirtschaftslehre. Leipzig 1885.

- Lehrbuch des Tiefbaues. 6. bis 8. Aufl. 1. Bd. Vermessungskunde, Erdbau, Stütz-, Futter-, Kai- und Stauauern, Grund-, Straßen-, Eisenbahn- und Tunnelbau; bearbeitet von Eggert, Wegele, v. Willmann. Leipzig 1922.
- Lindner, A.: Die virtuelle Länge. Zürich 1879.
- Manega, R.: Anleitung zum Trassieren von Eisenbahnlirien. Weimar 1883.
- Meyer, A. W.: Kalender für Eisenbahntechniker (Heusinger von Waldegg). 39. Jahrg. Wiesbaden 1912.
- Mutzner: Die virtuellen Längen der Eisenbahnen. Zürich u. Leipzig 1914.
- Nitzsche, Dr.: Bauführung und Veranschlagung bei Ingenieurbauten. Leipzig 1913.
- Osthoff-Scheck. Kostenberechnung für Ingenieurbauten.
- Petersen: Die zweckmäßigste Neigung der Eisenbahnen. Wiesbaden 1921.
- Pollack, V.: Über Erfahrungen im Lawinerverbau in Österreich. Leipzig u. Wien 1906.
- Ritter: Kostenberechnung im Ingenieurbau. Berlin 1922.
- Rothacker: Das Verdingungswesen und seine Heilung. Karlsruhe 1919.
- Röckl, A. v.: Die Versuche der Kgl. Bayerischen Staatseisenbahnen über die Widerstände der Eisenbahnfahrzeuge bei ihrer Bewegung in den Gleisen. Sonderdruck aus der Zeitschrift für Baukunde. München 1880.
- Röll, Dr. A. v.: Enzyklopädie des Eisenbahnwesens. 2. Aufl. Berlin, Wien 1912—1923.
- Sauer, C.: Über das günstigste Steigungsverhältnis bei Gebirgsbahnen. Wien 1880.
- Scheck: Verdingungsunterlagen für Lieferungen und Leistungen für Ingenieurbauten. Leipzig 1911.
- Schubert, E.: Schneewehen und Schneeschutzanlagen. Wiesbaden 1880.
- Schutz der Eisenbahnen gegen Schneeverwehungen und Lawinen. Leipzig 1903. (Sonderabdruck des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.)
- Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands.
- Steinbrecher, Dr.: Neuere Vergebungsarten für Bauarbeiten im Rahmen des Verdingungswesens. Berlin 1920. Verlag Engelmann.
- v. Stockert: Handbuch des Maschinenwesens. II. Bd. Zugförderung. Berlin 1908.
- Stummer Ritter v. Traunfels: Praktische Anleitung zum Trassieren der Eisenbahnen. Weimar 1867.
- Tecklenburg, K.: Der Betriebskoeffizient der Eisenbahnen und seine Abhängigkeit von der Wirtschaftskonjunktur. Berlin 1911.
- Waechter, Dr. M.: Die Kleinbahnen in Preußen. Berlin 1902.
- Weissenbach, Placid: Das Eisenbahnwesen der Schweiz. 1. Teil. Die Geschichte des Eisenbahnwesens. Zürich 1913.
- Zollinger, Dr. A.: Berner Alpenbahn. Sonderabdruck a. d. Schweiz. Bauztg. 1910. Bd. LV, Nr. 25 u. 26.

Vorschriften.

- Bestimmungen für die Aufstellung der technischen Vorarbeiten zu Eisenbahnanlagen. Berlin 1871.
- Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 4. Nov. 1904. Hannover 1905.
- Eisenbahndirektion Köln:
Anleitung für die Anfertigung von ausführlichen Eisenbahn-Vorarbeiten. Köln 1892.
- Preußisch-hessische Staatseisenbahnen:
- a) Anweisung für das Entwerfen von Eisenbahnstationen (A. E. S.). Ausgabe 1919.
 - b) Fahrdienstvorschriften (F. V.). Ausgabe 1907.
 - c) Vorschriften über Allgemeine Vorarbeiten für Eisenbahnen (V. f. V.) Köln 1911. (Hierzu Erlaß des preuß. Ministers d. öff. Arbeiten betr. Behandlung der Entwürfe für neue Eisenbahnen sowie für die Ergänzung und Umgestaltung von Staatseisenbahnanlagen v. 7. Febr. 1914. Eisenbahn-Verordnungsblatt 1914., S. 33.)
 - d) Vorschriften über die Anlage und Behandlung der Feuerschutzstreifen an den Haupt- und Nebeneisenbahnen innerhalb der Waldbestände vom 9. März 1905.
 - e) Vorschriften für die Herstellung, Unterhaltung und Erneuerung des Oberbaues. (O. V.) Ausgabe vom 1. Juli 1915.
- Technische Einheit im Eisenbahnwesen. Fassung 1913, v. 25. Mai 1908 u. 28. Mai 1914.
- Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen:
- a) Technische Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- u. Nebenbahnen (T. V.). Berlin 1909.
 - b) Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokalbahnen (Grz.). Berlin 1909.

- Bahnmeisterwohnungen 331, 337.
 Bahnsteigtunnel 337.
 Bahnunterhaltung 352.
 Bahnwärterwohnungen 331, 337.
 Bahnwasserwerke 102.
 Barometrische Höhenaufnahmen 373.
 Basel—Olten, Verbesserung der Strecke 273, 274.
 Basistunnel 258, 259.
 — Bahnen mit 258.
 Bau durch Unternehmer 407, 408.
 Bau- und Betriebskosten 235.
 Bauabteilung 420.
 Bauausführungsplan 394.
 Bauausschreibung 410—417.
 „Bänder“ 24—48.
 Bauentwurfes, Aufstellung des 389—394.
 Bauerlaubnis 400.
 — für Fabrikanlagen 406.
 — ortspolizeiliche 406.
 Bauhöhe der Wegunterführungen 312.
 Baukosten 113, 114, 327.
 Bauleitung, Einrichtung und Aufgaben der 419—422.
 Baupläne 394, 421.
 Baupolizeiliche Genehmigung 406.
 Baustoffe 347, 395.
 Bauverfahren 407—409.
 Bauvergebung 410—419.
 — nach Einheitspreisen 408.
 — nach Pauschsummen 408.
 Bauvertrag 418.
 Bauwürdigkeit 112.
 Beanspruchung der Baustoffe 101.
 Bedeutung der Flußmündungen für den Verkehr 30.
 Begriff der Eisenbahn 97.
 Bekohlungsanlagen 331, 337.
 — Abstand der 181.
 Belastung des Oberbaues 227, 228.
 Belastungstafeln für Lokomotiven 133, 163 bis 165.
 Beleuchtung 331.
 — der Wagen 120, 121.
 — der Wegunterführungen 316.
 Benutzung fremder Bahnanlagen 348, 351.
 Benzolelektrische Triebwagen 140.
 Berechnung der Lokomotiven 162, 163.
 Bergaufzüge 255.
 Bergbahnen 98, 246, 247, 279.
 Bergbaulichen Interessen, Berücksichtigung der 260.
 Berge 245.
 Bergfahrt 172—175.
 Berg-Schwebeschienenbahn 254.
 Berg-Schwebeseilbahn 253, 254.
 Berninabahn, Bogenkehre 239, 240.
 — Schlinge 243, 244.
 — Schneeschutzdächer an der 294.
 Beseitigung der Wegübergänge in Schienenhöhe 278.
 Besoldungen 347.
 Bestellschreiben 419.
 Bestellzettel 418.
 Betreten fremden Eigentums 395.
 Betriebseröffnung 402—404, 406, 421.
 Betriebseröffnungsvorschriften 101.
 Betriebskoeffizient 368.
 Betriebskosten 112, 113, 114, 327, 347.
 Betriebslänge 348.
 Betriebsleistungen 348.
 Betriebsmittel 114—142.
 Betriebsplan 112, 384.
 Betriebspunkt 49, 69.
 Betriebsstoffe 347, 350, 351.
 Betriebsziffer 368.
 Bettung 330, 335.
 Bettungshöhe 229.
 Bewegliche Brücken 326.
 Bewegungswiderstand der Eisenbahnfahrzeuge 142—154.
 Bezeichnung der Güterwagen 115.
 — der Lokomotiven 125, 130, 131.
 — der Personenwagen 115.
 Bezirksausschuß 401, 407.
 Binnenlage 17.
 Binnensee 33, 34.
 Binnenverkehr 9, 31, 32.
 Bleichertsche Seilbahn 253.
 Bodenausnutzung 59.
 Bodenmassen, Ermittlung der 381.
 Bodenmassenausgleich 380.
 Bodenschätze 36, 47, 49, 56, 57, 66.
 Bodenuntersuchungen 388, 389.
 Bodenverhältnisse, Lage der Bahn in bezug auf die 262, 263.
 Bogenkehren 239—241.
 Bogenpunkte, Absteckung der 390.
 Bogen tafeln 219, 390.
 Brandschutzstreifen 282—285.
 Breite des Bahnkörpers 229, 230.
 Breitsprecherische Umsetzvorrichtung 188.
 Breitspur 185, 187.
 Breitspurbahnen 99.
 Bremsen, Arten der 178.
 — der Züge 177—180.
 — durchgehende 178.
 Bremsgefälle 172—174.
 Bremsgrenzneigung 179.
 Bremsprozente (Bremsbesetzung) 178, 200.
 Bremstafeln 179.
 Bremsweg 177—180.
 Bremswirkung 178.
 Brücken 300—304, 311—319, 329, 335.
 — Lebensdauer der 325.
 — mit offener Fahrbahn 313, 314.
 Brückenbelastung 228, 229.
 Brückenstelle 30, 33, 48, 57, 63.
 Brückenunterhaltung 325.
 Brockenbahn, Schnecken der 245, 247.
 Brusio, Schlinge bei 243, 244.
 Burgundische Pforte 41.
 Clarksche Formel 144.
 Compound-Lokomotive 127, 157.
 „Dach“ 77, 78.
 Dämme, höchste 264, 265.
 Dammschüttungen in Mooren 101.
 Dampfmaschine 126—128, 157, 158.
 Damm und Talbrücke, Grenze zwischen 264, 265.
 Darstellung des Bahnentwurfes 374—383.

- Darjeeling-Himalaja-Bahn, Doppelschlinge 244, 245.
 — Spitzkehre 237, 238.
 Denkschrift zum Bahnentwurf 383, 384.
 Deltabildung 42.
 Der „Raum“ 15—17.
 Dichtgebiete der Erde 65, 66.
 Dienstleistungen Dritter 348, 351.
 Dienstwohnhäuser 101.
 Die Flüsse 30—34.
 Die Gebirge 34—38.
 Die Grenzen 44—47.
 Die Küsten 24—30.
 Die „Lage“ 17—19.
 Die Täler 38—44.
 Doppelküste 28.
 Doppelschleifen 239—241.
 Dorflage 55.
 Drahtseil-Schwebbahn 253, 254.
 Drehgestelle 117, 129.
 Drehscheiben 331, 337.
 Drehstrom-Bahnen 137.
 Dreiecknetz 372.
 Dreigleisige Strecken 192.
 Dritte Schiene 136.
 Durchbruchstal 39, 44, 73.
 Durchfahrhöhe bei Wegüberführungen 317.
 Durchflußweite für den Wasserlauf 269.
 Durchgangsgüterverkehr 109.
 Durchgangspersonenverkehr 105.
 Durchgangsverkehr 37, 41, 60.
 Durchgangswagen 119, 120.
 Durchlässe 329, 335.
 Durchschnittsgeschwindigkeit der schnellsten Züge 183, 184.
 Durchschnittsteigung 170—172, 379—380.

 Ecklage 18, 19.
 Eigenbetrieb, Bauausführung im 407.
 Eigengewicht der Wagen 122.
 Eigentumsverhältnisse der Wege 319—323.
 Einfriedigung der Bahnhöfe 234, 281.
 Einfriedigungen 101, 281, 329, 334.
 Eingleisige Bahnen 191.
 — Eisenbahnbrücken 134, 313.
 Ein- und zweigleisige Strecken 191, 192.
 Einheitsstellwerk 101.
 Einnahmen 365—367.
 Einnahmen aus dem Verkehr 110, 113.
 Einschnitt und Tunnel, Grenze zwischen 263, 264.
 Einteilung der Eisenbahnen 98.
 Einteilungsplan 387.
 Einzelentwürfe, Bearbeitung der 382, 393.
 Einzelunternehmer 409.
 Eisenbahnbau- u. Betriebsordnung (B.O.) 100, 114.
 „Eisenbahnerstadt“ 48.
 Eisenbahnfahrzeuge 114—142.
 Eisenbahngesetz 395.
 Eisenbahngesetzgebung 100, 101.
 Eisenbahnhoheitsrechte des Reiches 100.
 Eisenbahnknotenpunkt 89, 91.
 Eisenbahnkommissar 396.
 Eisenbetonkonstruktionen 101.
 Eisenbahnlinien, Arten von 9.
 Eisenbahnlinien 91—93.
 Eisenbahnlinien Nord—Süd 91, 92.
 — West—Ost 92.
 — SW—NO 92, 93.
 — NW—SO 93.
 Eisenbahnnetz von List 86.
 Eisenbahn-Signalordnung 100.
 Eisenbahntechnische Prüfung 403.
 Eisenbahntriebwagen 134, 139.
 Eisenbahnwagen 114—124.
 Eisenbahnzeitalter 32, 38, 58.
 Eisenbauwerke 101.
 Eiserne Überbauten 312, 313.
 Elektrische Eisenbahnen 134—142.
 — Haupteisenbahnen 138.
 — Kraft 351.
 — Lokomotiven 139.
 — Zugförderung 134—142, 278, 279, 330, 336.
 — — Vorteile der 140, 141.
 Elektrohängebahn 255.
 Elm, Beseitigung der Spitzkehre bei 272, 273.
 Empfangsgebäude 331, 337.
 Endgültige Planfeststellung 398, 400.
 Energiequellen 85.
 Enteignungsbehörde 401.
 Enteignungsverfahren 400—402.
 — dringliches 402.
 Enteignung, Vollziehung der 402.
 Entfernung der Bahn von Gebäuden 281, 282.
 — des Schneezaunes von der Böschungskante 291.
 Entlastungslinie (an Stelle des viergleisigen Ausbaus) 199.
 Entschädigungen 348, 351.
 — Feststellung der 401.
 Entwässerung 331, 338.
 — der Wege 316.
 Entwerfen von Eisenbahnstationen 101.
 Entziehung der Arbeiten und Lieferungen 412.
 Erfurter Formel 145.
 Ergänzungsverfahren 405.
 Erkrath-Hochdahl, Geneigte Ebene 252, 253.
 Erläuterungsbericht zum Bahnentwurf 383.
 — ausführlicher 394.
 Ermäßigung der Steigungen 272.
 Erneuerung von Wegeanlagen 323.
 Erosionstal 39, 43.
 Ertrag 112, 113, 114, 368.
 Ertragsberechnung 384.
 Erweiterungsmöglichkeit von Bahnhöfen 278.

 Fahrbahn mit durchgehender Bettung 314
 Fahrdrahtaufhängung 135.
 Fahrplan 60.
 Fahrzeugwiderstand 146.
 Faltenland 70, 71.
 Fehlerstationen 380, 391, 393.
 Feldmannscher Bergaufzug 255.
 Fernbahnen 98.
 Fernmeldeanlagen 330, 337.
 Festpunktverzeichnis 386.
 Feststellung der Entschädigung 401.
 Feuerschutzstreifen 101, 282—285.
 Flachbahnen 99.
 Flächenhafte geographische Gebilde 15—24.
 Flachland 246.

- Flachlandbahnen 35, 37, 40, 98, 173—175,
 200, 201, 205, 206, 261.
 Flachtal 39.
 Fliehkraft 210.
 Flügelmauern der Straßenunterführungen
 315.
 — der Wegüberführungen 318.
 Flugfeuer 283.
 Flugsandverwehungen 295.
 Flurkarten 374.
 Flußüberschreitung 268, 269.
 Forderungen der Verkehrsarten 7.
 Forstlichen Interessen, Berücksichtigung der
 260.
 Fortschrittslängenprofil 421.
 Forstschutzstreifen 282—285.
 Frachtkosten 332.
 Franksche Formeln für den Laufwiderstand
 146.
 Freihändiger Grunderwerb 259.
 Fremden Interessen, Berücksichtigung der
 259—261.
 „Fuhrmannort“ 51, 60.
 Fußgängerüberführung 307.

 Ganz-Strahlenpunkt 63.
 Gebirgsbahnen 35, 37, 40, 98, 173—175,
 200, 201, 206, 247, 256, 262.
 Gebirgsland 246.
 Gebirgsrand 34, 36, 60.
 Gebirgsrücken, Überschreitung der 257.
 Gebirgszug 34.
 Gebrauchsabnahme 406.
 Gedeckte Güterwagen 115, 122, 123.
 Gefälle 39, 40.
 Gegenneigungen 173, 175, 205.
 Gegenküste 26.
 Gegenkrümmungen 220, 221.
 Gehälter 347.
 Geländeaufnahme, Auftragen der 373.
 Geländebahnen 99.
 Gemeinwirtschaftliche Bahnen 99.
 Gemischte Reibungs- und Zahnbahnen 203,
 250, 251.
 Gemischtwirtschaftliche Bahnen 99.
 Genehmigung von Eisenbahnunternehmen
 395, 396.
 Genehmigungsurkunde 396, 405.
 Geneigte Ebenen 252.
 Generalstabskarte 370.
 Generalunternehmer 409.
 Georgetown-Schlinge 244.
 Gepäckwagen 121.
 Gerüstbrücken 312.
 Gesamtbewegungswiderstand 142, 153, 154.
 Gesamtentwurfes, Darstellung des 381, 382.
 Geschäftsgang bei Herstellung von Haupt-
 und Nebenbahnen 395—404.
 — von Kleinbahnen 404—406.
 Geschwindigkeit in Krümmungen 205—206.
 Geschwindigkeit der Züge 183, 184, 201.
 Getreidegrenze 22, 23.
 Gleichstrombahnen 136, 137.
 Gleisabstand auf Bahnhöfen 233, 234.
 — auf der freien Strecke 225, 226.
 Gleiskreuzung unter kleinem Kreuzungs-
 winkel 300—303.

 „Graben“ 43, 71.
 Grenzneigung 167.
 Grenzsäum 44.
 Grenzsteigung 167.
 Grundzüge für den Bau der Lokaleisen-
 bahnen (Grz.) 101, 117.
 Gruppenbremsen 178.
 Grenzschutzstreifen 281.
 Großen Salzsee, Verbesserung der Strecke
 am 271, 272.
 Größtsteigungen 167, 201—203.
 Grundeigentumspläne 402.
 Grunderwerb 383, 399.
 — an Wegüberführungen 319.
 — an Wegübergängen in Schienenhöhe 319.
 — an Wegunterführungen 319.
 Grunderwerbskarten 399.
 Grunderwerbsregister 399.
 Grunderwerbsverhandlungen 259.
 Grunderwerb, Vorarbeiten für 394.
 Grundlawinen 296.
 Grundsätze für die Linienführung 235.
 Günstigsten Linie, Ermittlung der 389.
 Günstigste Steigung 166.
 Gürtelbahnen 100.
 Güterschuppen 102, 331, 337.
 Güterverkehr 88, 90.
 — neuer 107.
 — vorhandener 106.
 Güterwagen 121—124.
 Güterzuglokomotiven 130—132.

 Haftpflicht des Unternehmers 413.
 Halbkugel der größten Landmasse 68.
 Halbmesser 205—208.
 Halb-Strahlenpunkt 61, 64.
 Haltepunkte 180.
 Handbahnen 100.
 Handbremsen 178.
 Handrisse 391.
 Hangbau 262.
 Hängebahn 255.
 Hauensteintunnel 273, 274.
 Hauptbahnen 98, 113.
 Hauptgleise, durchgehende 206.
 Haupthafen 9, 32, 33.
 Hauptverwaltung der Reichsbahn 422.
 Hauptvieleckzug 385.
 Hauptwasserscheide der Erde 31, 67.
 Hebung einer Bahn 275.
 Hecken gegen Schnee 289, 293.
 Heilquellen 55, 57.
 Heißdampflokomotive 126, 128.
 Heizung der Wagen 121.
 Hochbahnen 99.
 Hochbaubelastungen 101.
 Hochbauten 330, 331, 337.
 Höchster Kulturkreis der Welt 69, 70.
 Höhenaufnahme 373.
 Höhenlage 22—24.
 — des Weges zur Bahn 306.
 Höhenlinien 370, 373—375.
 Höhenmessungen 386.
 Höhenplan 371, 377, 381—383, 387, 391, 394.
 — endgültiger 391, 392.
 Höhenverlust in Bögen 170, 171.
 Hügel 245.

- Hügelland 246.
Hügellandbahnen 37, 40, 98, 200, 201, 206.
- Inbetriebnahme 402—404, 406, 421.
Inseln und Halbinseln 19—22.
Insgemeinkosten 332, 338.
- Kammlinie 34.
Kanalbrücken 327.
Kanalisierung 40, 41.
Kanaltunnel 35.
Kapitalkosten 111, 113, 114, 332.
Katasterpläne 374, 387.
Kehren 236—239.
Kehren, Bogen- 239—241.
— Seitental- 241, 242.
Kehrtunnel 244—246.
Kessellarmaturen 126.
Kesselleistung 155, 156.
Kessel- und Maschinenzugkraft 154, 155 bis 158.
Klamm 39.
Kleinbahnen 98, 113, 114, 279.
Kleinbahngesetz 404.
Klimagrenze 45.
Kohle 347, 350, 351.
„Kohlenband“ 47.
Kohlenstädte 56, 57.
Kohlenverbrauch der Lokomotiven 182
Kohlenvorrat der Lokomotiven 182.
Kölner Bucht 43, 84.
Kolonialbahnen 280.
Kontinental-Wasserscheiden*31.
Koordinatennetz 372.
Korbbögen 219, 220.
Kostenanschlag 327, 339.
Kosten der Böschungsarbeiten 328, 333.
— der Erdarbeiten 328, 333.
— der Futtermauern 328, 334.
— des Grunderwerbs 328, 333.
Kostenüberschlag 327, 333.
Kostenverteilung bei Veränderung der Weg-
anlage 320.
Kraftquellen 55.
Kreisausschuß 406.
Kreiskehren 243.
Kreuzungen 330, 336.
Kreuzungsstationen 180.
Kreuzung von Bahn und Wasserlauf 268, 269.
— von Bahnen mit Wasserstraßen 326.
— von Bahnen mit Wegen 304—308.
— zweier Eisenbahnen 299—303.
— zweier Lokalbahnen 308.
Kronenbreite 229, 230.
Krümmungen bei Flachlandbahnen 174.
— bei Gebirgsbahnen 174.
— Gleislage in 208—221.
— in Bahnhöfen 232, 233.
Krümmungshalbmesser 205—208.
— bei Flachland- und Gebirgsbahnen 206.
— bei Haupt-, Neben- und Lokalbahnen 206.
— bei Schmalspurbahnen 207.
— für Anschlußgleise 207.
— in Hauptgleisen 206.
— kleinste (Beispiele) 207, 208.
Krümmungswiderstand 142, 150—153, 169.
— für Lokomotiven 152.
- Krümmungswiderstand für Schmalspur-
bahnen 152.
Künstliche Längenentwicklungen 236—245.
Kunze-Knorr-Bremse 178.
Kuppelachsen 128, 129.
Kuppelung der Lokomotive 133.
Kurvenband 390.
Küste, Flach-, Steil-, Längs-, Quer- 27.
Küstenabstand 25.
Küstengewässer 27.
„Küsten-Kordillere“ 31, 32.
Küstenstreifen 26.
- Ladegewicht der Güterwagen 115, 122.
Lage der Bahn in bezug auf die Boden-
verhältnisse 261—263.
— — in bezug auf die Geländegestaltung
261, 263.
— — zu ändern Verkehrswegen 299—327.
— — zu den Ortschaften 269—271.
— — zum Flußlauf 267, 268.
Lage der Bahnhöfe 102.
— — zu den Ortschaften 269—271.
Lageplan 371, 378, 382, 383, 385.
Landesaufnahmen 372, 373, 385.
Landespolizeiliche Abnahme 403, 422.
— Prüfung 322, 397, 398.
Landespolizeilicher Prüfungstermin 398.
Landespolizeiliches Prüfungsverfahren 397,
398.
„Landschaften“ 78—80.
Landwirtschaftliche Siedlungen 49—52.
Längenentwicklungen, künstliche 236—245.
Langensche Schwebebahn 255.
Längenschnitt 377, 378, 381, 382.
Längenteilung 391.
Längstal 39.
Längsverkehr 30, 36.
Lastenzug für Brücken 228, 229.
Laufachsen 128, 129.
Lauf der Flüsse 31, 32.
Lauffeuer 283.
Laufwiderstand 142—150, 154.
— für Schmalspurbahnen 149.
— für Straßenbahnen 149.
— für Zahnradlokomotiven 150.
Lawinen 296.
Lawinenbildung 296.
Lawinalgalerien 298.
Lawinengänge 296.
Lawinenschutzdächer 298.
Lawinenverbauungen durch Schneefänge
297, 298.
— durch Verpfählungen 297.
Lehre für das Aufsuchen der Bahnlinie 376.
Leipziger Bucht 38, 43, 84, 86.
Leistung der Lokomotive 154—165.
— der gebräuchlichsten Lokomotiven 164,
165.
Leistungsfähigkeit einer eingleisigen Strecke
192.
— einer zweigleisigen Strecke 192.
Leitlinie 376.
Leitlinienzug 372.
Leitwerke gegen Lawinen 298.
Lenkachsen 117.

- Lichte Weite der Wasserlaufuntersuchung 269.
 Lichtraumprofil 221—225.
 Linienbereisung 371.
 Linienbetrieb 193, 194, 196, 197, 199.
 Linienführung 102.
 Linienhafte geogr. Gebilde: „Bänder“ 24—48.
 Liniennetz 385.
 Linienverbesserungen 379, 380, 389, 393.
 — nachträgliche 271—274.
 Linienzug 372, 375—376.
 Literaturverzeichnis 423.
 Löhne 347, 351.
 Lokalbahnen 98, 113, 114.
 Lokomotivbahnen 100.
 Lokomotivbehandlungsanlagen 101.
 Lokomotivdienst 38, 44.
 Lokomotiven 124—133.
 Lokomotivflugfeuer 283.
 Lokomotivgattungen, gebräuchliche 129 bis 131.
 Lokomotivkessel 125, 126.
 Lokomotivleistung 154—165.
 Lokomotivnutz-km 348.
 Lokomotivschuppen 102, 331, 337.
 — Anlage der 184.
 Löschgruben 331, 337.
 Lose 420.
 Lötschbergbahn, Doppelschleife der 241, 242.
 Lötschbergtunnel 42.
 Luftseilbahnen 253.
 Lüftung der Wagen 121.
 Luftwiderstand 143.
 — im Tunnel 169.
 Maschinenleistung 157.
 Maschinenreibung 147.
 Massengüterbahnen 280.
 Massenverzeichnis 416.
 Maßgebende Steigung 167—170, 380.
 Maßstab für den Höhenplan 377.
 Maßstäbe für Geländeaufnahmen 373.
 Merkbuch 421.
 — für Fahrzeuge 102.
 Meßtisch 373, 388.
 Meßtischblätter 370.
 Mietwohnhäuser für Arbeiter und Beamte 102.
 Militärischen Interessen, Berücksichtigung der 260.
 Minister der öffentlichen Arbeiten 395.
 Mitbenutzung von Wegen durch die Bahn 303, 304.
 Mittellage 68, 71.
 Mittellandkanal 37.
 Moore 261.
 Moräne 40, 42.
 Motorwagen 139.
 Mündungsmeer 30.
 Münstersche Bucht 84.
 Muren 266.
 Musterpläne 393.
 Naturhafen 29.
 Nauener Straße in Spandau, Unterführung der 314, 315.
 Nebenbahnen 98, 113, 114.
 Nebenbezüge 347.
 Nebengebäude 331, 337.
 Neigung der Chausseen 305.
 — der Wegerampen 305.
 — größte 167, 201—203.
 — im Tunnel 169, 170, 201.
 — in Bahnhöfen 231.
 — maßgebende 167—170, 174, 380.
 — mittlere (Durchschnitts-) 170—172, 379 bis 380.
 — schädliche 172—175.
 — unschädliche 172—175.
 — vor Bahnhöfen 232.
 — zweckmäßigste 165, 166.
 Neigungsverhältnisse 200—205.
 Neigungswechsel 205.
 Neuaufnahmen 374.
 Neuzeitliche Aufgaben der Linienführung 271—280.
 Nicken der Lokomotive 129.
 Niveauübergänge 305—307, 308—311, 319.
 Nivellierinstrument 373, 386.
 Norddeutsche Tiefebene 83.
 Nordkontinente 66.
 Normalbuchungsformular 383.
 Normal- oder Schmalspur? 189.
 Normalspur 185, 187.
 Normalspurbahnen 99, 113, 114.
 Nulllinie 376.
 Nutzleistung der Lokomotive 156.
 Oberbau 330, 335, 336.
 Oberbaubuch 101.
 Oberbauvorschriften 101, 212, 217.
 Oberbaues, zulässige Belastung des 227, 228.
 Oberirdische Stromzuführung 135.
 Oberrheinische Tiefebene 43.
 Offene Güterwagen 115, 121.
 Offenlegung der Pläne 397.
 Öffentlichen Verkehrs auf einer neuen Bahnlinie, Einführung des 403.
 Ortslage 49, 50.
 Ortspolizeibehörde 406.
 Ortsverkehr 60.
 Ozeane 66, 67.
 Parallelbahnen 100.
 Parallelwege 308.
 Parzellaraufnahme 399.
 Paß 35, 36, 57, 256.
 Paßhöhe 35.
 Paßweg 35, 36.
 Pendelspiegel 386.
 Personen-km 348, 349.
 Persönliche Ausgaben 347, 348.
 Personenverkehr 89.
 — allgemeiner 104.
 — besonderer 105.
 Personenwagen 119—121.
 Pferdebahnen 100.
 Photogrammetrie 372.
 Planfeststellung, endgültige 398, 400.
 — für Kleinbahnen 405.
 — vorläufige 396—399.
 Planfeststellungsbeschluß 401.
 Planum 229.
 Planumsbreite 230.
 Planübergänge 305—307, 308—311, 319.
 Polkappe 65.

- Postwagen 121.
 Preisverhältnisse 395.
 Preisverzeichnis 415, 416.
 Prismenkreuz 386.
 Privatanschlußbahnen 98.
 Privatbahnen 99.
 Prüfung, eisenbahntechnische 403.
 Prüfungsverfahren, landespolizeiliche 397, 398.
 Puffer 118, 119.
 Pumpensumpf 316.
 Punkthafte geogr. Gebilde (Siedlungen) 48 bis 65.

Querbahnen 100.
 Querprofile, Aufnahmen der 386.
 Querschnitte, Aufnahme der 385, 392.
 — endgültige 392.
 Quertal 39.
 Querverkehr 30, 37.

Raddruck, ruhender 227.
 Räder der Eisenbahnwagen 116.
 Radialbahnen 100.
 Radreifen 116.
 Radstand der Lokomotiven 128.
 Rahmen der Lokomotive 128.
 Rampe der Schienenüberhöhung 213, 214, 218.
 Rampen 331, 337.
 Randgebirge 31, 32.
 Randlage 17, 18.
 Rauchkammer 126.
 Rechtliche Natur eines Weges 321.
 Regelentwürfe 393.
 Regelspur 185, 187.
 Regiebau 407.
 Reichsgesetzliche Verordnungen 100.
 Reibung, rollende 143.
 Reibungsbahnen 99.
 Reibungsgewicht 159, 160.
 Reibungszugkraft im Tunnel 169.
 Reibungswert 159, 160.
 — bei Straßenbahnen 160.
 — im Tunnel 160, 169, 170.
 Reibungs- und Seilbahnen, vereinigte 253.
 Reibungs- und Zahnbahnen, gemischte 203, 250, 251.
 Reibungs-, Zahn- und Seilbahnen, Vereinigung von 253.
 Reibungszugkraft 154, 158—160.
 Reibungswert zwischen Bremsklotz und Radreifen 178.
 Reihenlage 19.
 Reisegeschwindigkeit der schnellsten Züge 183, 184.
 Reise- und Umzugskosten 347.
 Rente 112, 113, 114.
 Rennsteig, Bahnhof 238.
 Richtpfähle 386, 391.
 Richtungsbetrieb 193—195, 197—198.
 Richtungs- oder Linienbetrieb 198, 199.
 Ringbahnen 100.
 Ringstreifen 65.
 v. Röcklsche Formel für den Krümmungswiderstand 151.
 Rohbauabnahme 406.
 Rollböcke 188.

 Rollende Reibung 143.
 Rücksichten auf fremde Interessen beim Bahnbau 259—261.
 Rückwirkung auf vorhandene Bahnen 367.
 Ruhender Raddruck 227.
 Rutschflächen 261, 389.

Sachliche Ausgaben 347, 348.
 Sackbahnen 100.
 „Salzlinie“ 47, 60.
 Sandverwehungen 295.
 Sarrazin und Oberbeck, Zahlentafeln 219, 390.
 Sattel 256.
 Schädliche Neigung 172—175.
 — Steigung 172—175.
 Scheibenräder 116.
 Scheitelpunkt 35, 63.
 Scheiteltunnel 35, 257, 258.
 — Bahnen mit 258.
 Schichtenlinien 370, 373—375.
 Schichtenplan 374—375.
 Schiebebühnen 331, 337.
 Schiebetachymeter 387.
 Schienenfreie Kreuzung zweier Bahnen 300 bis 303.
 Schienenüberhöhung 210—219.
 Schiffbarkeit 32, 33.
 Schlepptender 133.
 Schlesische Bucht 84.
 Schleuse 40.
 Schlingen 243.
 Schlingern der Lokomotive 129.
 Schlucht 39.
 Schlußvermessung 400, 402, 422.
 Schmalspur 185—188, 190.
 — Nachteile der 188.
 Schmalspurbahn 38.
 Schmalspurbahnen 99, 113, 114.
 — (Vorkommen in Deutschland) 190.
 Schmiermittel 350, 351.
 Schnecken 245.
 Schneeeablagerungen 286, 287.
 Schneegrenze 22, 23.
 Schneefänge gegen Lawinen 297, 298.
 Schneepflüge 295.
 Schneeräumer 295.
 Schneeräumungsarbeiten 294, 295.
 Schneeschleudermaschinen 295.
 Schneeschutzanlagen 285—295.
 Schneeschutzdächer 293—295.
 Schneeschutzmittel, die üblichen 287, 288.
 Schneeverwehungen 285—287.
 Schneewehren 289, 293.
 — feste 192, 193.
 — versetzbare 292, 293.
 Schneezäune 289, 293.
 — am Übergang zwischen Auf- und Abtrag 292.
 — durchlässige 290, 292, 293.
 — undurchlässige 290—293.
 Schneezäune, Höhe des 291, 292.
 Schnellstraßenbahnen 280.
 Schnellzug- und Personenzuglokomotiven 130, 131.
 Schnellzuglinien 79.
 Schollenland 70.
 Schranken 309, 334.

- Schrankenwärter 311.
 Schrauben- und Sicherheitskuppelung 118.
 Schutz der unterirdischen Telegraphen- und Fernsprechkabel 101.
 Schutzanlagen 281—299.
 — gegen angrenzende Grundstücke 281.
 — gegen Flugsandverwehungen 295.
 — gegen Lawinen 296—298.
 — gegen Steinfälle 298, 299.
 Schuttkegel 266.
 Schutzlage 49, 50, 52—56.
 Schürflöcher 388, 389.
 Schutzvorrichtungen gegen Funkenflug 282.
 Schutzwälle gegen Schneeverwehungen 289.
 Schwarzwaldbahn, Doppelschleife der 241.
 Schwebebahn von Langen 255.
 Schwebebahnen 99.
 Schwebeschienebahn 254.
 Schwebeseilbahn 253, 254.
 Schwerkraftsbahnen 100.
 Sechsgleisige Strecken 200.
 Seehäfen, Arten von 8, 9.
 Seeschiffahrt 8.
 Segelschiffahrt 34.
 Sehlinie für den Lokomotivführer 283.
 Seilbahnen 99, 251—255.
 Seinebecken 43, 61 83.
 Seitentalkehren 241, 242.
 Seitenwege 308, 329, 335.
 Selbstkosten 110.
 Senkrechte Bergaufzüge 255.
 Setzlatte 386.
 Sicherung der Bahn gegen Wasser 265—269.
 — gegen Feuer und Windbruch 281—285.
 — von Gebäuden 281, 282.
 Sicherheitsleistung 413.
 Sicherheitsstreifen gegen Feuer und Wind 282—285.
 Siedlung 33, 37, 53, 56—60.
 Siedlungsform 50, 52.
 Siedlungsgenehmigung 407.
 Simplontunnel 35.
 Spandauer Vorortgleise, Überführung der 303.
 Speichenräder 116.
 Spurerweiterung 208—210.
 — bei Haupt- und Nebenbahnen 209.
 — bei Lokalbahnen 210.
 — bei Schmalspurbahnen 209.
 — größtzulässige 209.
 Spurkranz 116.
 Spurweite 113, 114, 184—190.
 — Anteile an der Gesamtlänge der 186.
 — (Vorkommen in den verschiedenen Ländern) 185, 187.
 Spitzenpunkt 34, 49, 62, 63, 83.
 Spitzkehren 236—239.
 Staatsvertrag über den Übergang der Staatsbahnen auf das Reich 100, 101.
 Stadtausschuß 406.
 Stadtbahnen 98.
 Städtebahnen 59, 280.
 Städtebaulichen Fragen, Berücksichtigung der 276.
 Städtepaare 38, 59, 64.
 Städtereihen 33, 43, 59.
 Stadtlage 55.
 Stadtschnellbahnen 280.
 Stampfbetonbauten 101.
 Standbahnen 99.
 Standseilbahnen 252.
 Stationen 180.
 — Krümmungen in 232, 233.
 — Länge der 230, 231.
 — Neigungen in 231.
 — Querneigung der 232.
 — Steigung hinter den 232.
 Stationsanlagen 29, 60—65.
 Stationsgebäude 102.
 Staublawinen 296.
 Steigung, Anlauf- 176, 177, 200, 232.
 — bei Hauptbahnen 201, 202.
 — bei Lokal- und Kleinbahnen 202.
 — gemischter Reibungs- und Zahnbahnen 203, 250.
 — größte 167, 201—203.
 — größte bei elektrischem Betrieb 203.
 — im Tunnel 169, 170, 201.
 — maßgebende 167—170, 174, 380.
 — mittlere (Durchschnitts-) 170—172, 379 bis 380.
 — schädliche 172—175
 — unschädliche 172—175.
 — verlorene 174—175.
 — zulässige 167, 201—203.
 — zweckmäßigste 165, 166.
 Steigungsermäßigung in Bögen 169.
 — im Tunnel 169, 170.
 Steigungswiderstand 142, 153.
 Steilstrecke 248.
 Steinfälle, Schutzanlagen gegen 298, 299.
 Stellwerke 330, 336.
 Stellwerkspläne 101.
 Steuern 348, 351.
 Stichbahnen 100.
 Stöberhai, Seitentalkehre bei 242.
 Stockhalde-Kehrtunnel 245, 248.
 Störende Bewegungen der Lokomotive 129.
 Strahlsche Formeln für den Laufwiderstand 147, 148.
 Strandleiste 28.
 Straßen 331, 334, 338.
 Straßenbahnen 280.
 Strecken mit mehr als vier Gleisen 200.
 Streckenabschnitte 420.
 Streckenbaumeister 422.
 Streckenbelastung, größte 192.
 Streckenbereisung 371.
 Streckeningenieur 422.
 „Streichen“ 75, 76.
 Stromsysteme 136—139.
 Stromverwilderung 43.
 Stückvermessung 399.
 Stromzuführung 134—136.
 Stufenförmiges Gelände 250.
 Submissionstermin 417.
 Südhazbahn, Seitentalkehre der 242.
 Südkontinente 66.
 Tachymeter 373, 386, 387.
 Tachymeteraufnahme 387, 388.
 Tafelland 70, 71.
 Tagelohnarbeiten 413.

- Talbrücke und Damm, Grenze zwischen 264, 265.
 Talfahrt 172, 173, 175.
 Tallage der Bahn 262, 270.
 Tarif 60.
 — günstigster 110.
 Tarifpolitik 111.
 Technische Einheit im Eisenbahnwesen 100, 114.
 Technische Vereinbarungen (T.V.) 101, 114.
 — Vorarbeiten 369—395.
 Teilgebiete der Geographie 4, 5.
 Teilungspfähle 391.
 Tektonisches Tal 39, 44.
 Telegraphenbauordnung 101.
 Tenderinhalt 183.
 Tenderlokomotiven 125, 130—132.
 Theodolit 386.
 Tiefbahnen 99.
 Tieflandbucht 38, 84.
 Tieflandküste 25.
 Tiefster Einschnitt 263, 264.
 Tieftal 39.
 Tonnen-km 348, 349.
 Topographische Lage 53, 54, 57.
 Torfschutzstreifen 281.
 Tragfähigkeit der Brücken 228, 229.
 — des Oberbaues 227, 228.
 Trasse 377.
 Treibachsen 128.
 Triberg, Doppelschleife bei 241.
 Triebwagen 134, 139.
 Triebwerk der Lokomotive 126, 127.
 Trigonometrische Höhenaufnahmen 373.
 Tunnelartige Gleisunterführung 300, 301.
 Tunnel 101, 329, 335.
 Tunnelkehren 244.
 Tunnel, Neigung im 169, 170, 201.
 — und Einschnitt, Grenze zwischen 263, 264.
 Umgestaltung vorhandener Bahnanlagen 275—278.
 Umgrenzung des lichten Raumes 221—225.
 — — an Bahnsteigen 223.
 — — an Wegübergängen 223.
 — — bei elektrischen Bahnen 223, 224.
 — — für Haupt- und Nebenbahnen 222, 223.
 — — für Ladegleise 223.
 — — für Lokalbahnen 224, 225.
 — — in Stationen 223.
 — — im Tunnel 223.
 Umladen zwischen Bahnen verschiedener Spurweite 188.
 Umladung der Güter 114.
 Umschlaghafen 33.
 Umsetzstationen 180, 236.
 Unmerkliche Krümmungen 152.
 Unschädliche Neigung 172—175.
 — Steigung 172—175.
 Unterbaukrone 229.
 Unterführungen 299—303, 305—307, 311 bis 317, 329, 335.
 Unterführung von Weg und Bach, gemeinsame 317.
 Untergestell der Eisenbahnwagen 115, 116.
 Unterhaltung der Ausstattungsgegenstände 347, 350.
 Unterhaltung der baulichen Anlagen 347, 351.
 — der Fahrzeuge 348, 351.
 — der maschinellen Anlagen 348, 351.
 — der Wege 319—323.
 — des Bahnkörpers 329, 334.
 — des Oberbaues 330, 336.
 Unterhaltungskosten 113.
 Unterirdische Stromzuführung 135.
 Unternehmer 420.
 Unternehmungsformen 113.
 Urstromtal 40, 42, 74.
 Überführungen 329, 335.
 Übergangsbögen 214—219.
 — Absteckung der 217.
 — (Ansteigungsverhältnis der äußeren Schiene) 214—217.
 — Länge der 215—218.
 Übergangsverkehr 61.
 Überhöhung der äußeren Schiene 210—219.
 — — bei der Deutschen Reichsbahn 212.
 — — bei Schmalspurbahnen 213.
 — — größtzulässige 212.
 — — vor Bahnhöfen 213.
 Überhöhungsrampe 213, 214, 218.
 — Länge der 214, 217.
 Überholungsstationen 180, 181.
 Überlandbahnen 98.
 Übernachtungsgebäude 102.
 Übernachtungsstation 60.
 Überschreitung von Wasserscheiden 256 bis 259.
 Überseeverkehr 9.
 Übersichtskarte 370, 383.
 Übertragung der Linie ins Gelände 389, 390.
 Überwindung größerer Höhen 248—256.
 „Variskisches Gebirge“ 73.
 Veränderung einer Weganlage 320, 322.
 Verbesserung der Linienführung vorhandener Bahnen 271—274.
 Verbesserung der Trasse 379, 380, 389, 393.
 Verbreiterung des Einschnittes gegen Schneesverwehungen 289.
 Verbundlokomotive 127, 157.
 Verdingung 408.
 Verdingungsanschlag 411, 415, 416, 418.
 Vereinbarungen 100.
 Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen 100.
 Vereinigte Reibungs- und Seilbahnen 253.
 — Reibungs- und Zahnbahnen 203, 250, 251.
 Vereinslenkachse 117.
 Verfahren bei Prüfung der Eisenbahnentwürfe 396.
 Vergebung der Leistungen und Lieferungen 408, 409.
 Vergleichslinien 371.
 Vergleichsrechnungen 352.
 Vergleich verschiedener Bahnlinien 381.
 Verkehr, bisheriger auf dem Land- oder Wasserwege 108, 109.
 — bisheriger auf Nachbarstationen des neuen Verkehrsgebietes 110.
 — zu erwartender 104.
 Verkehrsanstalt 60.
 Verkehrsanstau 33, 37, 38.
 Verkehrsarten 6—8.
 Verkehrsband 61.

- Verkehrsbecken 31, 33, 65.
 Verkehrserhebungen 104.
 Verkehrsfeinde 13—15.
 Verkehrsfläche 4.
 Verkehrsfreunde 13—15.
 Verkehrsgebiet 103.
 Verkehrsgeographie 3.
 Verkehrsgeologie 4.
 Verkehrslast für Brücken 228, 229.
 Verkehrsleistungen 348.
 Verkehrslinie 5, 48, 61.
 Verkehrsminister 395.
 Verkehrsmotive 6.
 Verkehrspflege 60.
 Verkehrspolitik 52, 58.
 Verkehrspunkt 57, 60—65.
 Verkehrsscheide 36, 73.
 Verkehrsträger (Medien) 7.
 Verkehrsverhältnisse 102.
 Verkehrsverschiebungen 105.
 Verlagerung der Verkehrswege 10—12.
 Verlorene Steigung 36, 39, 41, 174—175.
 Vermehrung der Streckengleise 274, 275.
 Vermeidung flacher Einschnitte und niedriger
 Aufträge gegen Schneeeverwehungen 288.
 Vermessungsregister 399.
 Vermessungswesen 101.
 Verpfählungen gegen Lawinen 297.
 Verschiebedienst 38, 44.
 Verschiebung des ursprünglichen Kreises
 beim Übergangsbogen 217, 218.
 Versuchslinien, Ermittlung der 370—372, 374.
 Verteilung der Bevölkerung 87.
 — der Güter auf der Erde 3.
 Vertragsabschluß 418.
 Vertragsbedingungen, allgemeine 411.
 — besondere 411, 415.
 — technische 415.
 Vertragsbestimmungen, technische 415.
 Verwaltungsgebäude 331, 337.
 Verwaltungskosten 332, 338.
 Vieleck 372, 385, 386.
 Vieleckzug 376, 385, 386.
 Viergleisige Strecken 193—199.
 — im Fernverkehr 197, 198.
 — im Nahverkehr 194, 195.
 — im Fern- und Nahverkehr 195, 196.
 Viergleisigen Strecken, Vorkommen der 199.
 Virgibahn 252.
 Virtuelle Länge 352, 359.
 Virtueller Beiwert 355.
 Visp-Zermatt, gemischte Reibungs- und Zahn-
 bahn 251.
 Volksdichte 23.
 Vollspur 185, 187.
 Vollspurbahnen 99, 113, 114.
 Vorarbeiten, allgemeine 369—385, 395.
 — ausführliche 369, 385—395.
 — technische 369—395.
 Vorbereitungen zum Bau 259—261.
 Vorlagen, vorgeschriebene 383, 394.
 Vorläufige Planfeststellung 396—399.
 Vorortbahnen 98.
 Vorschriften 100.
 — über allgemeine Vorarbeiten 383.
 Vorspannmaschinen 249.
 Wagenachse 116, 117.
 Wagenachs-km 348, 349.
 Wagen der Schmalspurbahnen 124.
 Wagengewicht 120.
 Wagenkasten 115, 119.
 Wagenräder 116.
 Wagenschuppen 331, 337.
 Waldschutzstreifen 282—285.
 Wanderdünen 295.
 Wanken der Lokomotive 129.
 Warnungstafeln 309.
 Wasserdichter Trog bei Straßenunterfüh-
 rungen 315.
 Wasserentnahme während der Fahrt 184.
 Wasserlaufverlegung 267.
 Wasserleitung 331, 337.
 Wasserscheide 31, 34, 36, 72—74, 256, 370.
 Wasserscheiden, Überschreitung der 256 bis
 259.
 Wasserstationen, Abstand der 182, 183.
 Wasserstraße 34.
 Wasserstraßen, Kreuzung von Bahnen mit
 326.
 Wasserverbrauch der Lokomotive 183.
 Wasserverhältnisse 394.
 Wasservorrat der Lokomotiven 183.
 Wasserwerke, Abstand der 182, 183.
 Wasser- und Heizstoffverbrauch 157.
 Wasseruntersuchung 102.
 Wechselstrom-Bahnen 138.
 Wegeanlagen 303—326.
 — Unterhaltung der 319—323.
 Wegebauverpflichtungen, Ablösung von 323
 bis 326.
 Wegebefestigungsarten, Lebensdauer der 324.
 Wege, Breite der 305.
 — Krümmungen der 305.
 — Neigungen der 305.
 Wege- und Vorflutverhältnisse 261.
 Wege- und Vorflutverzeichnis 397.
 Wegeunterhaltungspflichtigen, Zustimmung
 des 405.
 Wegüberführungen 305—307, 317—319, 329,
 335.
 — Breite der 317.
 — Durchfahrhöhe der 317.
 Wegübergänge in Schienenhöhe 305—307,
 308—311, 319, 329, 334.
 — — Befestigung der 310.
 — — Beseitigung der 278.
 — — Vorteile und Nachteile der 308.
 Wegunterführung in hohen Dämmen 316, 317.
 Wegunterführungen 305—307, 311—317, 329,
 335.
 — Durchfahrhöhe der 311.
 — in Stein 312.
 — Kosten der 314.
 — mit eisernem Überbau 312, 313.
 — Weite der 320.
 Wegeunterhaltung, Entschädigung für 322
 bis 324.
 Wegverlegungen 310.
 Weichen 101, 330, 336.
 Werkstätten, Anlage der 184.
 Werkstättenanlagen 331, 338.
 Werkstoffe 348.
 Wetterhorn-Bergaufzug 255.

- Wildbachüberführung an der Gotthardbahn 267.
 Wildbäche 266.
 Windbruchstreifen 285.
 Winkelkopf 373, 386, 387.
 Winkelmessung 390.
 Winkelpunkte 386.
 Winkelspiegel 386.
 Wirtschaftliche Erhebungen beim Bau einer neuen Bahn 103.
 — Vorarbeiten 369.
 Wirtschaftsgebiete der Erde 65.
 Wirtschaftsprovinz 47, 84, 85.
 Wirtschaftsstufen 59.
 Wocheiner Bahn (Schutzdach gegen Steinfälle) 299.
 Wohlfahrtseinrichtungen 347, 348.
 Wohngebäude 331, 337.
 Wundstreifen 284.

 Zahl der Streckengleise 191, 200.
 Zahnbahnen 38, 40, 99, 251.
 Zapfenreibung 143.
 Zerrissenes Tal 40.
 Zerstreute Lage 19.
 Zerstreusiedlung 51, 52.
 Zoll-Grenzpunkt 38.
 Zollhaus - Grimmelshofen - Weizen, Längsentwicklungen bei 248.
 Zucken der Lokomotive 129.
 Zufuhrwege zu Bahnhöfen 234, 321.
 Zugfahrten (längste ohne Aufenthalt) 183, 184.
 Zugfolgestellen 180.
 Zugförderungskosten 352, 353, 356, 365.
 Zuggeschwindigkeiten 183, 184, 201.
 Zug-km 348, 349.
 Zugkraft aus der Kessel- und Maschinenleistung 155—158.
 — bei der Bergfahrt 172, 173.
 — bei der Talfahrt 172, 173.
 — beim Anfahren 160—162.
 — mit Rücksicht auf die Reibung 154, 158—160.
 — vorteilhafteste 354.
 Zugkraftkosten 353, 356.
 Zugschranken 309.
 Zugstange 118.
 Zug- und Stoßvorrichtungen 118.
 Zusammengesetztes Tal 39, 40.
 Zuschlagserteilung zum Bau 417.
 Zwangspunkt 49, 57, 61—63.
 Zweckmäßigste Steigung 165, 166.
 Zweigbahnen 100, 270.
 Zweigleisige Bahnen 192.
 — Eisenbahnbrücken 313, 314.
 Zweigleisiger Ausbau von Bahnen 274, 275.
 Zweigleisigen Ausbau, Rücksichtnahme auf den 191.
 Zwillingslokomotive 127, 157.
 Zwischengrade 219—221.
 — bei Gegenkrümmungen 220, 221.
 — bei Gegenneigungen 205.
 Zwischenlage 18.
 Zwischenstützen bei Wegunterführungen 314.