BIBLIOTHEK
der
Kgl. Eisenb.-Dir. Breslau
Sign. I. Bc 27
Fa

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
100000298843

DIE

EISENBAHN-TECHNIK

DER GEGENWART.

UNTER MITWIRKUNG VON

ANGER, BERLIN; BATHMANN, STETTIN; BERNDT, DARMSTADT; † VON BEYER, POSEN; A. BLUM, BERLIN; O. BLUM, BERLIN; BORCHART, KÖLN; † VON BORRIES, BERLIN; BRÜCKMANN, BERLIN; CLAUSNITZER, FRANKFURT A. M.; COURTIN, KARLSRUHE; DOLEZALEK, HANNOVER; EBERT, MÜNCHEN; FRAENKEL, BERLIN; GARBE, BERLIN; GÖLSDORF, WIEN; GRIMKE, CASSEL; GROESCHEL, MÜNCHEN; GROSSMANN, WIEN; HALFMANN, MALSTATT-BURBACH; HIMBECK, BERLIN; JÄGER, AUGSBURG; KOHLHARDT, WITTENBERGE; KUMBIER, BERLIN; KUNTZE, MÜNSTER I. W.; LAISTNER, STUTTGART; LEHNERS, HALBERSTADT; † LEISSNER, CASSEL; LEITZMANN, HANNOVER; VON LEMMERS-DANFORTH, ESSEN/R.; VON LITTROW, WIEN; NITSCHMANN, BERLIN; PATTÉ, HANNOVER; † PAUL, LIPPSTADT; † REIMHERR, BERLIN; RIMROTT, BERLIN; SCHOLKMANN, BERLIN; † SCHRADER, BERLIN; SCHUBERT, BERLIN; SCHUGT, NEUWIED; SCHUMACHER, POTSDAM; SOMMERGUTH, BERLIN; TROSKE, HANNVOER; WAGNER, BRESLAU; WALZEL, VILLACH; WEHRENFENNIG, WIEN; WEISS, MÜNCHEN; ZEHME, BERLIN.

HERAUSGEGEBEN VON

BLUM
GEHEIMEM OBER-BAURATE,
BERLIN.

† VON BORRIES
GEHEIMEM REGIERUNGSRATE,
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN
HOCHSCHULE BERLIN.

BARKHAUSEN
GEHEIMEM REGIERUNGSRATE,
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE HANNOVER.

ZWEITER BAND

DER EISENBAHN-BAU DER GEGENWART.

ZWEITE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN IM TEXTE UND LITHOGRAPHIERTEN TAFELN.

WIESBADEN
C. W. KREIDEL's VERLAG.
1906.

DER

EISENBAHN-BAU

DER GEGENWART.

HERAUSGEGEBEN VON

BLUM
GEHEIMEM OBER-BAURATE,
BERLIN.

† VON **BORRIES**
GEHEIMEM REGIERUNGSRATE,
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN
HOCHSCHULE BERLIN.

BARKHAUSEN
GEHEIMEM REGIERUNGSRATE,
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE HANNOVER.

ERSTER ABSCHNITT

LINIENFÜHRUNG UND BAHNGESTALTUNG.

ZWEITE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

BEARBEITET VON

†PAUL, LIPPSTADT; SCHUBERT, BERLIN; A. BLUM, BERLIN.

MIT 121 ABBILDUNGEN IM TEXTE UND 3 LITHOGRAPHIERTEN TAFELN.

WIESBADEN
C. W. KREIDEL's VERLAG.
1906.

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

III-306331

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.
NACHDRUCK VERBOTEN.
ÜBERSETZUNGEN IN ALLE SPRACHEN VORBEHALTEN.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW
III 15985

Druck von Carl Ritter in Wiesbaden.

BPK B-269/2017

Akc. Nr. 752/50

Inhaltsverzeichnis*).

Seite

A. Linienführung und Bahngestaltung 1

I. Bahngattungen, Grundlagen für deren Gestaltung und Wahl. Paul† . 1

a) Einteilung der Eisenbahnen in verschiedenen Klassen 1

b) Gesetzliche und sonstige Vorschriften für die einzelnen Klassen . 2

c) Grundsätze für die Wahl der Art der Bahn 5

1. Einfluſs der Stärke und der Art des Verkehres 5

2. Einfluſs der Länge der Bahn 11

3. Einfluſs des zu durchziehenden Geländes 11

4. Einfluſs der zur Verfügung stehenden Mittel 12

d) Wahl der Spurweite 15

II. Aufsuchen und Entwerfen einer Bahnlinie. Paul† 16

a) Vorbedingung für die Ausführung von Vorarbeiten; Geschäftsgang bis zur Feststellung des Entwurfes, Enteignungsverfahren . . . 21

b) Allgemeiner Einfluſs der Gelände-Gestaltung auf die Linienführung. Allgemeine Wechselwirkungen zwischen Bau- und Betriebskosten 23

1. Allgemeines 23

2. Besondere Verhältnisse im Flachlande und im Hügellande 38

3. Besondere Verhältnisse im Berglande. 40

c) Ausführung von Vorarbeiten 46

1. Allgemeine Vorarbeiten und Vorschriften für deren Darstellung 46

2. Ausführliche Vorarbeiten und Vorschriften für deren Darstellung 62

III. Anforderung des Betriebes an die Gestaltung und Einteilung der Bahn. Paul† 66

a) Zahl der Gleise 66

b) Zahl, Länge und Ausstattung der Bahnhöfe 68

c) Abstände der Lokomotiv- und Wasserstationen, deren Gröfse und Leistungsfähigkeit 72

IV. Lage der Bahn zum Hochwasser, Schutzmafsregeln gegen Wasserschäden, Rutschungen, Frostwirkungen, Felsstürze, Feuersgefahr und Schnee. Schubert 75

a) Lage der Bahn zum Hochwasser, Schutzmafsregeln gegen Wasserschäden 75

1. Sicherung der Aufträge und Brücken 75

2. Sicherung der Einschnitte 76

*) Ein buchstäblich geordnetes Inhaltsverzeichnis wird mit jedem vollen Bande ausgegeben.

Seite

b) Schutzmafsregeln gegen Eis 77
c) Sicherungen gegen Rutschungen und Frostwirkungen 78
1. Sicherung der Einschnitte und Anschnitte 79
2. Sicherung der Aufträge 81
d) Feuerschutz und Sicherung gegen Windbruch 82
e) Schneeschutzanlagen 83
1. Schneestürme 83
2. Schneetreiben und Schneewehen 86
3. Schneeschutzanlagen 95
4. Lawinenbildungen 108
5. Lawinenschutzanlagen 109

V. Lage und Gestaltung der Bahn bei kreuzenden Verkehrswegen, Ausrüstung der Bahn auf freier Strecke mit Nebenanlagen. A. Blum . 113
a) Art der kreuzenden Verkehrswege und Mittel zur Aufrechterhaltung des beiderseitigen Verkehres 113
b) Forderungen für die Durchführbarkeit und Sicherheit des Verkehres 115
1. Forderungen des Eisenbahnverkehres 115
2. Forderungen des Strafsenverkehres 117
3. Forderungen des Wasserverkehres 119
c) Gestaltung und Sicherung der Kreuzungen in Schienenhöhe . . 119
1. Gestaltung 119
2. Sicherung der Kreuzungen 119
d) Ausrüstung der Bahn auf freier Strecke mit Nebenanlagen . . 141

Verzeichnis der Herausgeber und Mitarbeiter.

Anger, Regierungs-Baumeister in Berlin.
*) Barkhausen, Geheimer Regierungsrat, Professor in Hannover.
Bathmann, Oberbaurat in Stettin.
Berndt, Geheimer Baurat, Professor in Darmstadt.
†von Beyer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. in Posen.
*) Blum, Geheimer Ober-Baurat in Berlin.
Blum, Dr. Ing., Regierungsbaumeister in Berlin.
Borchart, Geheimer Regierungs- und Baurat in Köln.
*) †von Borries, Geheimer Regierungsrat, Professor in Berlin.
Brückmann, Direktor der Berliner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft von L. Schwartzkopff in Berlin.
Clausnitzer, Ober-Baurat in Frankfurt a. M.
Courtin, Baurat in Karlsruhe.
Dolezalek, Geheimer Regierungsrat, Professor in Hannover.
Ebert, Regierungsrat in München.
Fraenkel, Eisenbahn-Bauinspektor in Tempelhof-Berlin.
Garbe, Geheimer Baurat in Berlin.
Gölsdorf, Ober-Baurat in Wien.
Grimke, Eisenbahn-Bauinspektor a. D. in Cassel.
Groeschel, Dr., Regierungsrat in München.
Grofsmann, Ober-Inspektor in Wien.
Halfmann, Eisenbahn-Bauinspektor in Malstatt-Burbach.
Himbeck, Regierungsbaumeister a. D. in Berlin.
Jäger, Generaldirektions-Rat in Augsburg.
Kohlhardt, Eisenbahn-Bauinspektor in Wittenberge.
Kumbier, Eisenbahn- Bau- und Betriebs-Inspektor in Berlin.
Kuntze, Regierungs- und Baurat in Münster i. W.
Laistner, Baurat in Stuttgart.
Lehners, Eisenbahn-Bauinspektor in Halberstadt.
†Leifsner, Eisenbahn-Bauinspektor a. D., Direktor der Lokomotiv-Bauanstalt von Henschel und Sohn, in Cassel.
Leitzmann, Regierungs- und Baurat in Hannover.
von Lemmers-Danforth, Eisenbahn-Bauinspektor in Essen/R.
von Littrow, Ober-Ingenieur a. D. in Wien.
Nitschmann, Geheimer Ober-Baurat in Berlin.
Patté, Regierungs- und Baurat in Hannover.
†Paul, Regierungs- und Baurat z. D. in Lippstadt.
†Reimherr, Regierungsbaumeister a. D. in Berlin.
Rimrott, Ober- und Geheimer Baurat in Berlin.
Scholkmann, Geheimer Baurat in Berlin.
†Schrader, Regierungs- und Baurat in Berlin.
Schubert, Geheimer Baurat in Berlin.
Schugt, Regierungs- und Baurat in Neuwied.
Schuhmacher, Geheimer Baurat in Potsdam.
Sommerguth, Regierungs- und Baurat in Grunewald-Berlin.
Troske, Professor in Hannover.
Wagner, Ober- und Geheimer Baurat in Breslau.
Walzel, Ober-Ingenieur in Villach.
Wehrenfennig, Ober-Inspektor in Wien.
Weifs, Regierungs-Direktor in München.
Zehme, Ober-Ingenieur, Schriftleiter der Elektrotechnischen Zeitschrift in Berlin.

*) Herausgeber.

Abkürzungen.

V. D. E. V. = Verein Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.
U. G. W. = Uebereinkommen über gegenseitige Wagenbenutzung im V. D. E. V.
T. V. = Technische Vereinbarungen des V. D. E. V. über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt-Eisenbahnen.
T. E. = Technische Einheit im internationalen Eisenbahn-Verkehre.
Grz. f. L. = Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen.
B. O. = Eisenbahn- Bau- und Betriebs-Ordnung für die deutschen Eisenbahnen.
Nrm. = Normen für den Bau und die Ausrüstung der Haupteisenbahnen Deutschlands.
Bt. O. = Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands.
Sg. O. = Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands.
Bhn. O. = Bahnordnung für die Nebeneisenbahnen Deutschlands.
Bhn. P. O. = Bahn-Polizei-Ordnung.
Kl. G. = Kleinbahn-Gesetz.
Bt. V. f. K. = Betriebsvorschriften für Kleinbahnen.
A. A. 98. = Ausführungsanweisung zum Kleinbahngesetze.
D. V. f. M. = Deutscher Verband für Materialprüfung.
Gr. f. M. = Grundsätze des Deutschen Verbandes für Material-Prüfung.
S. O. = Schienen-Oberkante.
S. U. = Schienen-Unterkante.
Akm. = Achskilometer.
Lkm. = Lokomotivkilometer.
Organ = Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.
Zentr. d. B. = Zentralblatt der Bauverwaltung,
Z. f. B. = Zeitschrift für Bauwesen.
Z. V. D. I. = Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
D. Bztng. = Deutsche Bauzeitung.
Glaser = Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen.
Revue d. ch. d. f. = Revue générale des chemins de fer.
Röll s Encycl. = Encyclopädie des gesamten Eisenbahnwesens, von Dr. V. Röll.
Handb. d. Ing. = Handbuch der Ingenieurwissenschaften.
Handb. f. sp. E. = Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik von Heusinger von Waldegg.
Haarmann Eisenb. Gl. = Das Eisenbahngleis. Geschichtlicher und kritischer Teil, von Haarmann.
Lueger, Lex. = Lexikon der gesamten Technik von O. Lueger.

Bezeichnungen.

„Heizrohre“: Rohr mit Wasser aufsen.
„Siederohr“: Rohr mit Wasser innen.
„Achsstand“: Achsmittenabstand.
„Radstand“: Abstand der Räder einer Achse.
„Schraubenfeder“: Nach zylindrischer Schraubenlinie gewundene Rundfeder.
„Wickelfeder“: Kegelförmig gewundene Plattfeder.
„Zahnstangen-Bahn“ und „Zahnradlokomotive“ sind auseinander gehalten, für beide wird jetzt „Zahnbahn“ und „Zahnlokomotive“ gebraucht.
„Unterlageplatte“: zwischen Schiene und Schwelle gelegte Platte.
„Heizstoff“ ist der Zweckbezeichnung wegen statt Brennstoff gesetzt.
„Endbühne“ „Bühne“ steht statt Plattform.
„Bordloser Wagen“ ist statt Plattform-Wagen gesetzt.
„Schwinge“ steht statt Coulisse.
„Speicher“ (Elektrizitäts-) ist für Accumulator,
„Zelle“ für Element,
„Triebmaschine“ und „Antrieb“ für Motor,
„Trieb“-Wagen, -Gestell für Motorwagen, -Gestell,
„Reihen“-Schaltung für Serien-Schaltung,
„Neben“-, Nebeneinander-Schaltung für Parallelschaltung,
„Stromschliefser“ für Contact eingeführt.

Abschnitt A. Linienführung und Bahngestaltung.

A. I. Bahngattungen, Grundlagen für deren Gestaltung und Wahl.

Bearbeitet von **Paul.** †

I. a) Einteilung der Eisenbahnen in verschiedene Klassen.

Soll zwischen zwei Orten eine Eisenbahn gebaut werden, so ist zunächst festzustellen, ob

1. eine Hauptbahn, Vollbahn, oder
2. eine Nebenbahn, Sekundärbahn, Vizinalbahn, Bahn untergeordneter Bedeutung, oder
3. eine Kleinbahn, Tertiärbahn, Lokalbahn,

auszuführen ist.

Die Begriffe Hauptbahn und Nebenbahn sind in Deutschland gesetzlich begrenzt, in Preußen auch der Begriff Kleinbahn. In vielen anderen Ländern fehlt es an derartiger gesetzlicher Begriffsbestimmung; vielfach werden überhaupt nur „Haupt-“ und „Nebenbahnen“ oder „Lokalbahnen unterschieden.

Zu den Kleinbahnen werden in Preußen auch die eigentlichen Straßenbahnen gerechnet, gleichviel ob sie mit Elektrizität, Dampfkraft, Gas oder Pferden betrieben werden. Da die Richtung bei der Anlage solcher Bahnen fast immer durch vorhandene Straßen gegeben ist, so werden sie in diesem Abschnitte nicht behandelt.

Der Unterschied zwischen den verschiedenen vorgenannten Arten von Bahnen liegt nicht in der Spurweite, denn es gibt bei allen drei Arten Bahnen mit Vollspur von 1,435 m und Schmalspur, bei den ersten beiden Arten auch solche mit Breitspur. Die Unterscheidung wird vielmehr nach der auf Grund des zu erwartenden Verkehres zu wählenden Betriebsweise, sowie nach den für Bau und Betrieb anzuwendenden gesetzlichen oder zwischen den Eisenbahnen vereinbarten Bestimmungen getroffen. Diese beziehen sich auf die Art der Genehmigungs-Erteilung, auf die Fahrgeschwindigkeit, auf Art und Umfang der Bewachung und die sonstigen Maßregeln für die Sicherheit des Betriebes, sowie auf die zu Gunsten der Landesverteidigung, der Post und anderer Beteiligter zu stellenden Ansprüche.

I. b) Gesetzliche und sonstige Vorschriften für die einzelnen Klassen.

Für Haupt- und Nebenbahnen gilt in dieser Beziehung in Preufsen das Eisenbahn-Gesetz vom 3. November 1838, für Kleinbahnen das Kleinbahn-Gesetz vom 28. Juli 1892.

Ferner sind für Deutschland Vorschriften für den Bau und Betrieb der Haupt- und Nebeneisenbahnen erlassen, und zwar ist am 1. Mai 1905 an die Stelle der bisher für diese beiderlei Bahnarten gesondert erlassenen Vorschriften, nämlich der Betriebs-Ordnung für die Haupteisenbahnen (Bt. O.), der Normen für den Bau und die Ausrüstung der Haupteisenbahnen (Nrm.), sowie der Bahn-Ordnung für die Nebeneisenbahnen (Bhn. O.), eine einheitliche Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (B. O.) getreten, deren Bestimmungen in den nachstehenden Angaben berücksichtigt sind. Für Haupt- und Nebenbahnen sind ferner für das Gebiet des V. d. E. V. „die technischen Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebeneisenbahnen“ (T. V.), und für die Bahnen der dritten Art „die Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokalbahnen“ (Grz. f. L.) vom 1. Januar 1897 mafsgebend.

Nach dem preufsischen Eisenbahn-Gesetze vom Jahre 1838 ist zum Bauen einer Eisenbahn die landesherrliche Genehmigung erforderlich; die Prüfung und Feststellung des Entwurfes findet seitens des Ministers der öffentlichen Arbeiten statt; zur Erteilung der Genehmigung einer Kleinbahn sind dagegen nach § 3 des Gesetzes vom 28. Juli 1892 die örtlichen Behörden zuständig, und zwar:

1. wenn der Betrieb ganz oder teilweise mit Maschinenkraft beabsichtigt wird: der Regierungs-Präsident, im Einvernehmen mit der vom Minister der öffentlichen Arbeiten bezeichneten Eisenbahnbehörde;
2. in allen übrigen Fällen und zwar:
   a) wenn Kunststrafsen, welche nicht als städtische Strafsen in der Unterhaltung und Verwaltung von Stadtkreisen stehen, benutzt, oder von der Bahn mehrere Kreise, oder nicht preufsische Landesteile berührt werden sollen: der Regierungs-Präsident;
   b) wenn mehrere Polizeibezirke desselben Landkreises berührt worden: der Landrat;
   c) wenn ein Unternehmen innerhalb eines Polizeibezirkes verbleibt: die Ortspolizeibehörde.

Von den Vorschriften der B. O. sind bei Aufstellung des Entwurfes für eine Bahn namentlich folgende Punkte zu beachten, die wesentlichen Einfluſs auf die Kosten und damit auf die Wahl der Art der Bahn haben: Die B. O. 18 und 46 bestimmt in Übereinstimmung mit den T. V. 20 und 21, dafs die Übergänge in Schienenhöhe bei Hauptbahnen mit Schranken versehen sein müssen und schreiben eine Bewachung der Bahn vor, während bei Nebenbahnen Absperrungen von Wege-Übergängen im Allgemeinen nicht erforderlich sind. Man braucht daher beim Entwerfen einer Nebenbahn Wege-Übergänge nicht so ängstlich zu vermeiden, wie bei einer Hauptbahn, da Bewachungskosten durch die Anlage einer solchen in der Regel nicht erwachsen.

In der B. O. 55 wird die Zahl der in den Zügen zu bedienenden Bremsen nach der Fahrgeschwindigkeit und der Neigung festgesetzt und die B. O 54 und 66 enthalten Vorschriften für die zulässige Stärke der Züge und ihre Fahrgeschwindigkeit nach den Neigungsverhältnissen.

Die Spurweite von Hauptbahnen soll nach der B. O. 9 und den T. V. 2 im Lichten zwischen den Schienenköpfen gemessen, im geraden Gleise 1,435 m betragen, diese Spurweite wird „Vollspur" genannt. Auch für Nebenbahnen bildet die Vollspur die Regel, nach der B. O. 1 sind aber auch Spurweiten von 1,00 m und 0,75 m zulässig.

Bei Hauptbahnen soll die stärkste Längsneigung nach der B. O. 7 und den T. V. 27 25 ‰ (1 : 40) nicht übersteigen, und die Neigungswechsel auf freier Strecke sind nach der B. O. 10 nach einem Kreisbogen von mindestens 5000 m Halbmesser abzurunden, in und vor Stationen kann dieses Mafs aber auf 2000 m herabgesetzt werden. Bei Gegenneigungen von mehr als 5 ‰ (1 : 200) ist, wenn die ganze Höhe einer von ihnen 10 m übersteigt, eine weniger als 5 ‰ (1 : 200) geneigte Strecke einzulegen, die zur Ausrundung mitbenutzt werden kann; sie soll nach der B. O. 7 mindestens 500 m Länge, nach den T. V. 27 tunlichst Güterzuglänge haben. Zur Anwendung einer stärkern Steigung als 12,5 ‰ (1 : 80) ist die Zustimmung des Reichseisenbahn-Amtes erforderlich (B. O. 7). Für die Krümmungen in freier Bahn sind Halbmesser unter 300 m nur ausnahmsweise und in Deutschland nur mit Zustimmung des Reichseisenbahn-Amtes, Halbmesser unter 180 m überhaupt nicht zulässig (T. V. 28 und B. O. 7). Zwischen entgegengesetzten Krümmungen ist ein gerades Stück von solcher Länge einzulegen, dafs die Fahrzeuge sanft und stetig in die andere Krümmung einlaufen (B. O.: mindestens 30 m, T. V.: mindestens 10 m). Die T. V. erklären es ferner für erwünscht, dafs in stark geneigten Bahnstrecken möglichst flache Krümmungen angewendet, und dafs die Neigungswechsel tunlichst in die Gerade gelegt werden Im Gebiete des V. d. E. V. gelten für die Neigungen und Krümmungen die Bestimmungen der T. V. auch für Nebenbahnen. Die stärkste Längsneigung kann bei diesen aber bis zu 30 ‰ steigen, Bögen von weniger als 180 m Halbmesser sollen zwar vermieden werden, sind aber immerhin noch statthaft. Dagegen ist in Deutschland nach der B. O eine besondere Genehmigung der Landesaufsichtsbehörde unter Zustimmung des Reichseisenbahn-Amtes erst bei Steigungen von mehr als 40 ‰ (1 : 25) erforderlich, und bei Vollspurbahnen sind noch Halbmesser bis zu 100 m auf freier Strecke zulässig, wenn keine Fahrzeuge der Hauptbahnen übergehen; findet ein solcher Übergang statt, so sollen die Halbmesser mindestens 180 m betragen (B. O. 7).

Die Kronenbreite des Bahnkörpers soll in einer durch die Unterkante der Schienen gelegten Linie von der Mitte des nächsten Gleises bei Hauptbahnen nicht unter 2 m betragen (B. O. 8), während sie bei Nebenbahnen auf 1,75 m herabgemindert werden darf (T. V. 31).

Die Stationen sollen nach den T. V. 34 für die längsten, die anschliefsenden Strecken befahrenden Züge ausreichen, und nach der B. O. 14 wenn sie für Militärzüge in Betracht kommen, nutzbare Gleislängen von mindestens 550 m haben. Bahnhöfe und Haltestellen mit Ausweichgleisen für das Kreuzen und Überholen von Zügen sollen in der Regel in gerader Linie und wagerecht liegen, keines Falles aber, abgesehen von Verschiebegleisen und den äufseren Teilen

langer Ausweichgleise eine stärkere Steigung erhalten, als 2,5 ‰ (1 : 400) (B. O. 7, T. V. 34). Auf kleineren Zwischenstationen soll wenigstens ein nicht stärker, als 2,5 ‰ (1 : 400) geneigtes Gleis hergestellt werden, um zurückzulassende Wagen darauf unterbringen zu können (T. V. 35). Führen mehrere Eisenbahnen in einen Bahnhof, so sind sie zweckmäfsig derart mit einander in Verbindung zu bringen, dafs der Übergang von Zügen rasch und leicht erfolgen kann.

Die Kreuzung einer Hauptbahn durch eine andere Bahn aufserhalb der Stationen soll nicht in Schienenhöhe, sondern durch Überbrückung hergestellt werden, (B. O. 13).

Betreffs der Kleinbahnen enthält das bereits erwähnte Kleinbahn-Gesetz für Preufsen über die Spurweite die Vorschrift, dafs neben der Vollspur nur Spurweiten von 1,0 m, 0,75 m und 0,6 m angewendet werden sollen. Die beiden ersten Schmalspuren empfehlen auch die Grz. f. L. 2, sie lassen aber noch Spurweiten bis herab zu 0,50 m zu. Die zu dem preufsischen Kleinbahngesetze erlassenen Ausführungsbestimmungen vom 13. August 1898, die zwischen städtischen Strafsenbahnen und nebenbahnähnlichen Kleinbahnen unterscheiden, schreiben für die letzteren, um die es sich hier allein handelt, vor, dafs die Längsneigung bei Reibungsbahnen das Mafs von 40 ‰ (1 : 25) in der Regel nicht überschreiten soll, und dafs bei vollspurigen Zahnbahnen, auf welche Betriebsmittel von Haupt- und Nebenbahnen übergehen, die Steigung nicht über 100 ‰ (1 : 10), bei allen anderen Zahnbahnen nicht über 250 ‰ (1 : 4) betragen soll. Stärkere Steigungen sind nur bei Anwendung besonderer Sicherheitsvorrichtungen zulässig. Nach den Grz. f. L. 23 soll die stärkste Längsneigung in der Regel nicht mehr als 35 ‰ (1 : 28) betragen; von der Anlage einer Neigung von mehr als 45 ‰ (1 : 22) ist abzuraten. Die Neigungswechsel sind mittels flacher Bogen auszurunden, für die Ausrundung wird ein Halbmesser nicht unter 1000 m empfohlen, welches Mafs nur ausnahmsweise bis auf 500 m eingeschränkt werden sollte. Zwischen Gegenneigungen sind wagrechte, oder weniger als 10 ‰ geneigte Strecken erwünscht Über die Krümmungen auf freier Strecke ist in den genannten Ausführungsvorschriften zum preufsischen Kleinbahngesetze bestimmt, dafs der Halbmesser bei Vollspur nicht kleiner, als 100 m, bei 1 m Spur nicht kleiner, als 50 m, bei 0,75 m Spur nicht kleiner, als 40 m und bei 0,6 m nicht kleiner, als 30 m gewählt werden soll. Nach den Grz. f. L. sind die drei letzten Mafse 50, 40 und 25 m.

Der Übergang von Wagen mit 4,5 m Achsstand von Haupt- oder Nebenbahnen auf vollspurige Kleinbahnen ist aber nur zulässig bei Krümmungshalbmessern bis zu 150 m herab, und wenn der Oberbau für einen Raddruck von mindestens 6000 kg eingerichtet ist.

Nach den Grz. f. L. können übrigens auch kleinere Halbmesser angewendet werden, wenn die Betriebsmittel zum Befahren schärferer Krümmungen besonders eingerichtet sind.

Zwischen entgegengesetzten Krümmungen einer Bahnlinie ist ein gerades Stück von solcher Länge einzulegen, dafs die Fahrzeuge sanft und stetig in die andere Krümmung einlaufen.

Die gröfste Stärke der Züge ist je nach den vier zulässigen Spurweiten auf 80, 60 und 50 Achsen und deren gröfste Geschwindigkeit auf 30, 25 und

20 km/St. für Reibungs- und auf 15 km/St. für Zahn-Bahnen festgesetzt. In den Ausführungsbestimmungen sind auch Vorschriften über die Zahl der zu bedienenden Bremsen je nach der Geschwindigkeit der Züge gegeben.

In anderen Ländern bestehen zum Teil ähnliche gesetzliche Erleichterungen für Neben-, Klein- oder Lokal-Bahnen, so in Österreich, der Schweiz und Frankreich, während in anderen Ländern vielfach nur von Fall zu Fall Erleichterungen für Bahnen mit geringem Verkehre zugestanden werden. Wo gesetzliche Bestimmungen bestehen, wie in Preufsen und in Österreich, steht es entweder der Regierung zu, zu bestimmen, ob das Lokalbahngesetz für eine zu erbauende Bahn anzuwenden ist, oder es ist ein besonderes Gesetz zu erlassen [1]).

I. c) Grundsätze für die Wahl der Art der Bahn.

Die Eigenart einer Bahn wird bestimmt durch:

1. Die Stärke und die Art des zwischen den zu verbindenden Orten zu erwartenden Verkehres: Ortsverkehr, Durchgangsverkehr;
2. die Länge der Bahn;
3. das zu durchziehende Gelände;
4. die zur Verfügung stehenden Mittel.

c) 1. Einfluſs der Stärke und der Art des Verkehres.

Die Stärke und die Art des zu erwartenden Verkehres und die Höhe der daraus zu erhoffenden Einnahmen wird einen wesentlichen Einfluſs auf die Entscheidung über die Art der Bahn üben. Je geringer der Verkehr ist, und je mehr er die Eigenart als Ortsverkehr hat, um so mehr wird es am Platze sein, sich mit einer Nebenbahn oder Kleinbahn, vielleicht auch mit Schmalspur, zu begnügen. Selbst wenn der Verkehr ziemlich bedeutend ist, aber noch mit einer beschränkten Zahl von Zügen mäfsiger Länge und geringer Geschwindigkeit bewältigt werden kann, auch ein Wettbewerb durch den Bau ähnlich laufender Linien nicht zu erwarten ist, so wird man in der Regel aus Ersparungs-Rücksichten zur Ausführung einer Neben- oder Kleinbahn schreiten. Daher ist vor allen Dingen die Stärke des zu erwartenden Verkehres der neuen Bahn durch sorgfältige Schätzung zu ermitteln.

Bei Bahnen, die ohne jeden Anschluſs an eine andere Bahn erbaut werden oder bei solchen, die nur mit einem Ende an eine vorhandene Bahn anschlieſsen, kommt nur Ortsverkehr, bei solchen, die mit beiden Enden an vorhandene Bahnen anschlieſsen, auch Durchgangsverkehr in Betracht.

[1]) Über die Bestimmungen siehe auch: Röll, Encykl. Wien 1893, Stichworte „Lokalbahnen“ und „Schmalspurbahnen“; Haarmann, Die Kleinbahnen, Berlin 1896.

1. *a*) Ortsverkehr.

Es ist unsicher, von dem in der Richtung der zu erbauenden Bahn vorhandenen Strafsenverkehre auf den zukünftigen Bahnverkehr zu schliefsen, da sich der Verkehr durch bessere Beförderungsmittel meist auf ein Vielfaches vermehrt. Man wird zwar zweckmäfsig die Ortsbehörden um eine Zusammenstellung der von den einzelnen Ortschaften des Verkehrsgebietes der Bahn voraussichtlich zu versendenden und zu empfangenden Güter ersuchen, solche Zusammenstellungen enthalten aber oft übertriebene Angaben über den zukünftigen Verkehr. Einen bessern Anhalt wird ein Vergleich mit den Betriebs-Ergebnissen von Bahnen in Gegenden von ähnlichen Verkehrs-Verhältnissen ergeben, wofür man bei der heutigen Ausdehnung des Einbahnnetzes in unseren Kulturländern Beispiele genug finden kann. Der französische Ingenieur Jules Michel[2]), der zuerst hierauf hinwies, stellte im Jahre 1868 für die wichtigsten französischen Bahnen die Zahl der von den bedeutenderen Stationen abgefahrenen Reisenden und die halbe Summe der dort angekommenen und abgegangenen Güter zusammen und fand, dafs in Frankreich auf jeden Einwohner der Stationsorte jährlich durchschnittlich 4 bis 9, im Mittel 6,5 Reisende und 1,4 bis 3, im Mittel 2,1 t Güter entfallen, und dafs die ackerbautreibenden Gegenden den geringern, die dichter bevölkerten Gegenden mit Weinbau und Gewerbebetrieb den gröfsern Verkehr haben. Obgleich Michel bei seinen Zusammenstellungen gröfsere Städte wie Paris, Bordeaux mit ihren Vorstädten, sowie die Mittelpunkte bedeutender gewerblicher Bezirke und alle kleineren Orte, die nur ihrer Nachbarorte wegen eine Station erhielten, ausgeschlossen hat, schwankt doch die Zahl der Reisenden für den Kopf der Einwohner bei den verschiedenen Stationen zwischen 3,6 und 12,2 und die halbe Summe der angekommenen und abgegangenen Güter zwischen 0,8 und 3,9 t. Das rührt daher, dafs er nicht die Einwohner des ganzen Verkehrsgebietes der Stationen ermittelt und in Rechnung gezogen hat, sondern nur die Einwohnerzahlen der Stationsorte selbst, einschliefslich der sogenannten Bannmeile.

Zu noch weit schwankenderen Ergebnissen kommen Richard und Mackensen[3]). Ihre Angaben beruhen auf Zusammenstellungen der Verkehrsverhältnisse verschiedener deutscher Eisenbahnen, sie leiden aber gleichfalls an dem eben gerügten Mangel der Michel'schen Zahlen und sind daher wie diese unzuverlässig.

Launhardt[4]) berechnet auf Grund von statistischen Ermittelungen für das Jahr 1880, dafs auf jeden Kopf der für den Eisenbahn-Verkehr mafsgebenden Bevölkerung in Deutschland im Durchschnitte 9,5 Reisende und 7,25 t für abgehende und ankommende Güter anzunehmen sind. Aber auch diese Zahlen dürften nur für wenige Gegenden zutreffen, denn einerseits ist die Bevölkerung des deutschen Reiches durchaus nicht so gleichmäfsig auf das ganze Gebiet verteilt, wie die Grundlagen der Berechnung Launhardts annehmen, anderseits nahm die aufserhalb der Stationsorte wohnende Bevölkerung, nach Launhardt nur die unmittelbare Umgebung der Station mit 3 bis 4 qkm Fläche, wohl schon damals in höherm Mafse am Eisenbahnverkehre Teil, als der genannte Verfasser annimmt. Zur Zeit

---

[2]) Sur le trafic probable des chemins de fer d'interêt local, Annales des ponts et chaussées, März und April 1868.

[3]) Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Bd I. S. 8.

[4]) Theorie des Trassierens. Heft 1. S. 95.

trifft diese Ansicht jedenfalls zu, so dafs die für den Eisenbahn-Verkehr mafsgebende Bevölkerung höher angenommen werden mufs, als von Launhardt geschehen, wobei dann allerdings die Zahl der Reisen und die beförderte Gütermenge für jeden Einwohner geringer ausfallen wird.

Launhardt teilt die für den Verkehr mafsgebende Bevölkerung je nach der Entfernung ihres Wohnsitzes von den Stationen in zwei Gruppen ein, und dieser Grundsatz ist jedenfalls richtig. Man kann aber das engere Gebiet weiter fassen, als er getan hat, indem man die Einwohner eines Gebietes bis zu 3 km Entfernung von einer Station voll und nur die weiter ab, aber noch im Verkehrsgebiete der Station wohnenden mit einem Bruchteile in Rechnung stellt. Die Höhe dieses Bruchteiles hängt von der Gröfse des Verkehrsgebietes ab. Ist dieses nur klein, so dafs kein Einwohner sehr entfernt von der Station wohnt, so wird die durch eine Bahn gebotene Fahr- und Förderungs-Gelegenheit durchschnittlich mehr benutzt werden, als wenn das Verkehrsgebiet sehr grofs ist. Man kann annehmen, dafs die in einem weitern Verkehrsgebiete von nicht mehr, als etwa 7 km Grenzabstand von der Station Wohnenden bei guten Zufuhrwegen die Bahn etwa halb so viel benutzen, wie die im engern Gebiete bis zu 3 km Wohnenden. Bei weiterer Ausdehnung des Verkehrsgebietes wird man bei der jetzigen Dichtigkeit des Eisenbahnnetzes in Deutschland den Bruchteil auch nicht unter ein Drittel herabzusetzen brauchen.

Das Verkehrsgebiet einer zu erbauenden Bahn wird sich im Allgemeinen zu beiden Seiten etwa bis zur Mitte zwischen der neuen und der vorhandenen benachbarten Bahn ausdehnen, wobei allerdings nicht überbrückte Flufsläufe und Gebirgszüge nicht unwesentliche Störungen veranlassen. Auch können Einwohner von Orten, die bereits unmittelbar, oder in gleicher Nähe, wie von der neuen Bahn, von Eisenbahnen berührt werden, im Allgemeinen nur mit einem der Zahl der von dem Orte ausgehenden Bahnrichtungen entsprechenden Bruchteile ihrer Zahl, sei es für das engere oder weitere Verkehrsgebiet, in Rechnung gestellt werden.

Aufser der Zahl der Einwohner ist die Lebensart, die Beschäftigung und der durchschnittliche Wohlstand der Bewohner von Einflufs, wie dies schon von Michel festgestellt wurde. Der Jahresdurchschnitt wird etwa zwischen 3,5 bei nur Ackerbau treibender, oder armer Bevölkerung, und 9 Reisen für gewerbliche und wohlhabende Gegenden auf den Kopf der mafsgebenden Bevölkerung schwanken. Bei grofsen Städten, oder sehr entwickelten Gewerbe-Gebieten, wo ein grofser Teil der Arbeiter und sonstigen Bewohner täglich auf der Bahn hin und zurück fährt, ist hierfür ein besonderer Zuschlag zu machen, ebenso bei Bädern, Ausflugs-, Wallfahrts-Orten und dergleichen.

Für den Güterverkehr kann man die halbe Summe der ankommenden und abgehenden Güter in armen, oder nur Ackerbau treibenden Gegenden etwa zu 1 t, in wohlhabender und gewerblicher Gegend bis zu 4 t für das Jahr und den Kopf der mafsgebenden Bevölkerung annehmen. Unter diesen Gütern ist aber nur der Bedarf und der Absatz an Nahrungsmitteln für Menschen und Vieh, an Bekleidungstücken, an Heiz- und Leuchtstoffen, Düngemitteln, Baustoffen und dergleichen zu verstehen. Bei Gewinnungs- und Verbrauchs-Orten für Massengüter zu gewerblichen Zwecken, wie Kohlen, Eisenstein, Erz, sowie bei Steinbrüchen, Ziegeleien, die ihre Erzeugnisse auf gröfsere Entfernungen versenden, oder die Rohstoffe dazu beziehen, ist hierfür ein besonders zu ermittelnder Zuschlag zu machen. Angaben

über den Umfang dieser Frachten werden von den betreffenden Handel- oder Gewerbe-Treibenden meistens leicht zu haben sein, sind aber mit Vorsicht aufzunehmen und auf etwaige Übertreibungen zu prüfen.

In den europäischen Kulturländern kann man die Bevölkerung der beiden Verkehrsgebiete leicht ermitteln. In wenig entwickelten Ländern, wo Volkszählungen nicht üblich sind, mufs man den voraussichtlichen Verkehr einer Bahn auf andere Weise ermitteln. Da Bahnen in solchen Ländern in der Regel aber weniger dem vorhandenen Verkehre dienen, als einen solchen erst hervorrufen sollen, mufs man sich auf Erfahrungen bei ähnlichen Bahnen zu stützen suchen. Übrigens ist die Frage bei solchen Bahnen der Natur der Sache nach von geringerer Bedeutung. Für Tropenbahnen gibt Hehl[5]) je nach der Beschaffenheit des Landes gewisse Anhaltspunkte für die Ermittelung der aus- und einzuführenden, also auf der Bahn zu befördernden Mengen. Die in solchen Ländern zu erbauenden Bahnen wird man in der Regel als Klein- oder Nebenbahnen herstellen.

Für die Ermittelung des Verkehres einer Eisenbahn und ihrer voraussichtlichen Einnahmen sind aber nicht nur die mutmafsliche Zahl der Reisenden und die Menge der Frachten zu wissen nötig, sondern auch die Entfernungen, auf welche diese zu fahren sind. Kann man in dieser Beziehung nicht aus den örtlichen Verhältnissen bestimmte Annahmen machen, wie dies bei Kleinbahnen wohl öfters der Fall sein dürfte, so kann man auch die aus den statistischen Nachweisungen zu entnehmenden Erfahrungen bei anderen Bahnen zu Rate ziehen.

So hatten in den Jahren 1898, 1899, 1900, 1901 und 1902 die mittleren Beförderungsweiten und die Einnahmen in verschiedenen Ländern durchschnittlich die in Zusammenstellung I angegebenen Werte.

Wenn die geplante Bahn nur an einem Ende mit anderen Bahnen verbunden ist und nicht die Länge der anzunehmenden mittlern Beförderungsweite hat, oder wenn sie an beiden Enden an andere Bahnen anschliefst und nicht das doppelte dieser Länge enthält, so ist für die Verkehrsgröfse der einzelnen Stationen bei Berechnung der Einnahmen nur deren Entfernung von der nächsten Endstation der Bahn als Beförderungsweite einzusetzen. Gehören die Bahnen, an welche die neue Bahn anschliefst, indes zu demselben Unternehmen, so ist bei Berechnung des Gewinnes zwar die ganze für dieses Unternehmen ermittelte Beförderungsweite anzunehmen, aber nach der Länge der Fahrt auf der neuen und der auf den alten Bahnen zu trennen, denn für die letzteren sind zur Ermittelung des aus dem Bahnbaue zu erzielenden Gewinnes nicht die vollen Betriebskosten für die neue Bahn in Anrechnung zu stellen, vielmehr nur ein Teil der Betriebskosten auf der vorhandenen Bahn, da es dort trotz des Zuflusses an Verkehr selten nötig ist, eine dem ganzen Zuwachse entsprechende Zahl neuer Züge einzurichten, und weil sich auch die Kosten für den Stations- und Streckendienst dort im Allgemeinen nicht, oder doch nur in geringem Mafse vermehren werden. Die für den vermehrten Verkehr auf der alten Bahn entstehenden Betriebskosten werden deshalb oft nur zu 10 bis 20% der Betriebskosten der alten Bahn angesetzt. Bei nur kurzen Strecken, die in unmittelbarem Verkehre mit den Nachbarbahnen stehen, bildet oft die Einnahme der Abfertigungsgebühr, die nach den Bestimmungen der Verkehrs-Verbände meist von der absendenden und der empfangenden Station zu gleichen Teilen vereinnahmt

[5]) Hehl, Eisenbahnen in den Tropen, Berlin, Fr. Siemenroth, 1902.

Zusammenstellung I.[6])

Länge der von einer Güter-Tonne und einem Reisenden zurückgelegten Reisewege und Einnahmen für diese Einheiten.

	1898				1899				1900				1901				1902			
	Güter		Reisende		Güter		Reisende		Güter		Reisende		Güter		Reisende		Güter		Reisende	
	km	Pf. / t km	km	Pf./km	km	Pf. / t km	km	Pf./km	km	Pf. / t km	km	Pf./km	km	Pf. / t km	km	Pf./km	km	Pf. / t km	km	Pf./km
Deutschland	101,23	3,77	18,84	2,78	101,27	3,70	18,78	2,69	102,53	3,66	19,18	2,68	100,36	3,69	20,15	2,70	100,10	3,68	20,28	2,67
Preufsisch-Hessische Staatsbahnen . . .	115,14	3,66	20,21	2,70	116,22	3,59	19,86	2,67	117,10	3,56	20,06	2,70	113,99	3,59	20,95	2,72	113,99	3,58	21,29	2,65
Österreichische Staatsbahnen	125,59	3,41	38,07	2,40	125,74	3,39	35,91	2,23	126,35	3,46	32,93	2,28	124,41	3,50	45,78	2,28	125,95	3,52	47,08	2,30
Ungarische Staatsbahnen	180,35	3,56	47,50	2,39	180,82	3,59	47,59	2,37	181,66	3,56	46,74	2,41	182,44	3,55	47,68	2,34	182,74	3,53	46,59	2,42
Französische Bahnen . . (interêt général)	129,00	3,96	30,60	3,00	130,60	4,04	30,70	2,98	130,50	3,97	31,70	2,97	130.90	4,29	31,10	2,61	—	—	—	—
Vereinigte Staaten, Nordamerika	208,85	1,96	42,96	5,15	207,30	1,89	44,64	5,02	206,75	1,90	44,73	5,23	217,21	1,90	45,99	5,25	210,90	1,90	48,70	4,97

[6]) Archiv für Eisenbahnwesen 1900 bis 1903, sowie Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands, der Eisenbahnen des V. d. . V. und der französischen Bahnen.

wird, einen nicht unerheblichen Teil des Verdienstes. Wenn man den entsprechenden Teil davon als Einnahme besonders berechnet, darf man allerdings nicht mehr den in den statistischen Nachrichten enthaltenen Durchschnittsatz für ein tkm Gut einsetzen, weil die Abfertigungsgebühr darin eingerechnet ist, sondern mufs den wirklich zu zahlenden Tarifsatz einstellen. Bei Kleinbahnen, welche nicht in unmittelbarem Tarifverkehre mit den anderen Bahnen stehen, kann auch nicht auf die Einnahme der halben Abfertigungsgebühr gerechnet werden.

1. β) Durchgangsverkehr.

Für Bahnen, die an beiden Enden an vorhandene Bahnen anschliefsen, ist aufserdem ein Durchgangsverkehr zu erwarten, da die neue Linie in diesem Falle stets für gewisse Richtungen eine Abkürzung der Beförderungslängen herbeiführen wird. Seine Höhe ist am sichersten aus den statistischen Veröffentlichungen dieser Bahnen zu ermitteln, dabei aber zu beachten, dafs die betreffenden Frachten nicht immer auf die neue abkürzende Linie übergehen werden. Einerseits wird, wenn die neue Linie einem andern Eigentümer gehört, als die schon vorhandene Bahn, deren Besitzer unter Umständen vorziehen, die Güter auf den eigenen Linien, wenn auch auf einem Umwege, zu ermäfsigtem Preise zu fahren, anderseits kann es selbst in dem Falle, dafs die neue Linie von dem Eigentümer der alten gebaut wird, im Ganzen wirtschaftlicher sein, die Güter auf dem bisherigen Wege trotz des Umweges zu belassen, beispielsweise wenn die Betriebsverhältnisse auf der neuen Linie wegen starker Steigungen unvorteilhafter sind, als auf den alten. In diesen Fällen ist also auf einen Durchgangsverkehr wenig zu rechnen. Wo solche Fälle nicht vorliegen, kann meist auf eine Vermehrung des in Betracht kommenden, schon vorhandenen Durchgangsverkehres gerechnet werden, da durch eine Verbilligung der Frachtkosten der Waren und damit dieser selbst in der Regel auch der Verbrauch steigt.

Als Einnahme für den Durchgangsverkehr kurzer Bahnen darf man nicht den aus den statistischen Nachrichten folgenden Durchschnittsatz für 1 tkm, sondern mufs den wirklichen Tarifsatz einstellen, weil die neue Bahn nichts von der in jenem Satze enthaltenen Abfertigungsgebühr erhält.

Bei Kleinbahnen wird, ihrer Art als rein örtliche Bahnen entsprechend, ein Durchgangsverkehr übrigens oft ausgeschlossen.

Je nach der Gröfse und der Art des ermittelten Verkehres und der daraus zu erwartenden Einnahmen ist die Entscheidung über die Art der Bahn und über die Spurweite zu treffen. Je geringer der Verkehr ist, und je mehr er die Eigenart als Ortsverkehr hat, um so mehr wird es am Platze sein, sich mit einer Nebenbahn oder Kleinbahn, vielleicht auch mit Schmalspur zu begnügen.

Bei nur geringem Verkehre der zu erbauenden Bahn wird man sich in der Regel zur Ausführung einer Kleinbahn entschliefsen, wenn dabei der Durchgangsverkehr nicht ganz ausgeschlossen werden mufs. Ist der Verkehr zwar bedeutender, kann er aber immerhin noch mit einer beschränkten Zahl von Zügen mäfsiger Länge und der für Nebenbahnen zulässigen Geschwindigkeit bewältigt werden, ist aufserdem kein Wettbewerb durch den Bau ähnlich laufender Linien zu fürchten, so wird man in der Regel zur Ausführung einer Nebenbahn schreiten,

und dabei immer noch einen nicht unbedeutenden Betrag für den Wegfall der Bewachung gegenüber der Wahl einer Hauptbahn ersparen. Einen wie starken Verkehr auch einzelne Neben- und Kleinbahnen vermitteln, ist aus der Zusammenstellung III zu entnehmen.

c) 2. Einfluſs der Länge der Bahn.

Im Allgemeinen hat die Länge der Bahn zwar keinen Einfluſs darauf, ob sie als Hauptbahn, Nebenbahn oder Kleinbahn zu betreiben ist, immerhin wird man aber in Ländern mit schon entwickeltem Eisenbahnnetze eine Bahn um so eher als Nebenbahn oder Kleinbahn ausführen, je kürzer sie ist, weil der bei Hauptbahnbetrieb für die Reisenden zu erzielende Zeitgewinn um so kleiner wird, je kürzer die Bahn ist, und je weniger er gegenüber den Ersparnissen in Bau und Betrieb einer Nebenbahn oder Kleinbahn im Vergleiche mit einer Hauptbahn in Betracht kommt. Umgekehrt kann der Einfluſs des Zeitgewinnes im Verkehre der Reisenden bei längeren Linien schon so bedeutend werden, daſs er ausschlaggebend für die Ausführung als Hauptbahn wird. Jedenfalls wird man gut tun, alle die Bahnen, die zwar zunächst als Nebenbahnen gebaut werden, von welchen aber nicht mit Sicherheit zu übersehen ist, daſs sie dauernd solche bleiben werden, in der Linienführung so zu behandeln, daſs sie nach Bedarf später in Hauptbahnen umgewandelt werden können, ohne dadurch höhere Kosten zu verursachen, als sie bei der ersten Anlage als Hauptbahnen erfordert hätten. Dieser Gesichtspunkt wird um so mehr zu beachten sein, je länger die betreffende Bahnlinie ist.

In noch wenig entwickelten Ländern, besonders in überseeischen Kolonien, wird man zweckmäſsig kurze, wie lange Linien zunächst als Nebenbahnen oder sogar Kleinbahnen ausbauen,[7]) hier wird es aber in noch höherm Maſse nötig sein, sich zu sichern, daſs ein späterer Ausbau zu Hauptbahnen ohne zu groſse Schwierigkeiten möglich bleibt, denn es ist zu erwarten, daſs diese Bahnen beim Aufblühen des durch sie erschlossenen Landes als Stammbahnen für ein weiteres Eisenbahnnetz dienen werden, also groſsen Verkehr erhalten und mit gröſserer Geschwindigkeit befahren werden müssen. Zum mindesten wird es sich empfehlen, bei Bemessung des Grunderwerbes diese Gesichtspunkte zu beachten.

Bei der Wahl der Schmalspur für an Bahnen mit Vollspur anschlieſsende Linien ist die Länge der Bahn dadurch von Einfluſs, daſs die Umladekosten bei kurzen Bahnen eine verhältnismäſsig gröſsere Rolle spielen, als bei längeren Bahnen. Man wird also um so eher die Spur der Bahn wählen, an die man anschlieſst, je kürzer die zu bauende Bahn ist.

c) 3. Einfluſs des zu durchziehenden Geländes.

Die Gestaltung des Geländes übt groſsen Einfluſs auf die Artwahl einer Bahn. Durch eine Gegend, die zu sehr starken Steigungen oder zu groſsen Umwegen zwingt, wird man in der Regel eine Bahn nicht als Hauptbahn, sondern als

[7]) Hehl, Eisenbahnen in den Tropen, Berlin, 1902.

Nebenbahn oder Kleinbahn herstellen, weil auch eine Hauptbahn nicht mit grofser Geschwindigkeit befahren werden und ein grofser Durchgangsverkehr kaum bewältigt werden könnte. Zudem kann man in Anbetracht der für Nebenbahnen und Kleinbahnen zulässigen stärkeren Neigungen und schärferen Bogen an Baukosten gegenüber Hauptbahnen um so mehr sparen, je schwieriger das Gelände ist. Ebenso ist im Gebirge durch die Wahl einer Schmalspur ganz erheblich mehr zu sparen, als in der Ebene, weil die Anwendung schärferer Krümmungen die Verfolgung gekrümmter Talsohlen oder die Anschmiegung der Linien an die einzelnen Falten der Berghänge besser gestattet und dadurch wesentliche Ersparnisse an Erdarbeiten und Brückenbauten ermöglicht.

---

c) 4. Einfluſs der zur Verfügung stehenden Mittel.

Erheblichen Einfluſs auf die Artwahl der Bahn üben die zur Verfügung stehenden Mittel. Denn wenn unter gewissen Verhältnissen auch manche sonstigen Gründe für die Herstellung einer Hauptbahn oder einer Nebenbahn sprechen, so wird man sich doch mit der Ausführung einer billigern Nebenbahn oder Kleinbahn begnügen müssen, wenn die für die vollkommenere Bahn erforderlichen Mittel nicht aufzubringen sind. Allgemein gültige statistische Angaben über den Unterschied in den Baukosten zwischen einer vollspurigen Hauptbahn und einer vollspurigen oder schmalspurigen Nebenbahn oder einer Kleinbahn fehlen und werden auch kaum jemals zu beschaffen sein, weil das Gelände und die sonstigen Umstände so mannigfaltig sind, daſs die Grundlage zu sicheren Vergleichen fehlt.

Der Unterschied in den reinen Baukosten einer vollspurigen Nebenbahn und einer vollspurigen Hauptbahn in ebenem Gelände ist nicht sehr bedeutend, da bei der Nebenbahn im Sinne der im V. d. E. V. geltenden Bestimmungen auſser durch Wegfall der Schranken und Wärterbuden an den Wegeübergängen, sowie gewisser Signale, nur in bescheidenem Umfange an Erdarbeiten an der Bettung und an Grunderwerb durch geringere Kronenbreite gespart werden kann. Dagegen schreiben die T. V. 1 vor, daſs bei Hauptbahnen, für die die Notwendigkeit der spätern Herstellung des zweiten Gleises nicht ausgeschlossen erscheint, von vornherein auf dessen Anlage in angemessener Weise Bedacht zu nehmen ist, so daſs man wenigstens den Grunderwerb gleich für zwei Gleise vorsehen wird, während dies bei Nebenbahnen nur ausnahmsweise zu geschehen pflegt. Man wird also, da nach den T. V. 30 und der B. O. 12 für das zweite Gleis ein Streifen von mindestens 3,5 m Land erforderlich ist, und da bei den Nebenbahnen eine Verminderung der Kronenbreite um 0,25 m zulässig ist, bei den Hauptbahnen einen etwa 4 m breiten Landstreifen mehr erwerben müssen; aber selbst dies wird in vielen Fällen die Anlagekosten nicht zu sehr erhöhen, weil für diesen Streifen in der Regel keine besonderen Kosten für Durchschneidung und Wirtschafts-Erschwernisse zu zahlen siud.

Eine gröſsere Ersparung kann dagegen bei Neben- und Kleinbahnen durch Anwendung von Krümmungen mit kleineren Halbmesser eintreten. Man kann dadurch ungünstige Durchschneidungen von Grundstücken besser vermeiden und in stark welligem und gebirgigem Gelände auch an Erdarbeiten und Bauwerken

Zusammenstellung II[8])

der Bau- und Betriebskosten, sowie der Einnahmen und Ausgaben von Haupt- und Neben-Bahnen.

Nr.	Bezeichnung der Bahnen	Ganze Länge	Baukosten M/km	Befördert sind in einem Jahre: Reisende auf 1 km	Güter t/km	Jahres-Einnahme M/km	Jahres-Ausgabe M/km	Bemerkungen.
1	Preußische Staatseisenbahnen	32151	261510	484596	792229	44093	27000	
2	Deutsche Reichseisenbahnen .	1891	375452	364348	1012400	48179	33974	im Jahre 1902.
3	Bayerische Staatseisenbahnen.	5951	252105	266103	450959	29354	20876	
4	Sächsische Staatseisenbahnen .	3083	352456	539025	600844	47502	33852	
5	Österreichische Staatseisenbahnen	8293	309570	289780	471271	27414	15584	
6	Französische Eisenbahnen . .	42826	315955	336062	389518	14076	10134	im Jahre 1900.
7	Englische Eisenbahnen . . .	35165	670014	—	—	59607	36834	
8	Belgische Staatseisenbahnen .	4060	483651	302708	—	41735	27923	
9	Niederländische Staatseisenbahnen	1714	215614	247000	394586	23375	–	
10	Schwedische Eisenbahnen . .	11573	108710	124187	79896	13214	10641	hierin sind 2482 km Schmalspur einbegriffen.
11	Eisenbahnen in den vereinigten Staaten von Nordamerika .	314659	160618	144361	1223506	21203	13754	im Jahre 1901. hier sind viele derjenigen Güter, welche mehrere Bahngruppen berührt haben, mehrfach berechnet.
12	Russische Eisenbahnen . . .	53357	194535	228410	68300	22334	16242	
13	Eisenbahnen in Neusüdwales	4578	170068	6392	1398	15613	8926	
14	Eisenbahnen in Südaustralien	2794	94183	3042	584	8852	5222	Davon haben 816 km 1,601 m und 1978 km 1,067 m Spur.
15	Japanische Eisenbahnen . . .	5091	80300	512014	150210	12966	7267	im Jahre 1898/9.

[8]) Archiv für Eisenbahnwesen 1900 bis 1904 und Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands.

Zusammenstellung III[9]).

Zustand und Leistungen von vollspurigen Neben- und Kleinbahnen.

Nr.	Bezeichnung der Bahn	Länge km	Stärkstes Steigungs-Verhältnis	Kleinster Halb-messer m	Schienen-gewicht kg/m	Loko-motiv-gewicht t	Bau-kosten M/km	Im Jahre 1902 sind befördert: Reisende auf 1 km	Güter t/km	Im Jahre 1902 betrug die Einnahme M/km	Ausgabe M/km	Bemerkungen.
1	Stargard-Cüstrin	192,10	1 : 100	300	—	—	68898	60411	96439	8342	5095	
2	Paulinenau-Neu-Ruppin . . .	28,50	1 : 80	400	—	—	71100	141818	56182	10172	5436	
3	Zschipkau-Finsterwalde . . .	20,16	1 : 100	375	—	—	86779	57464	499250	23056	12512	
4	Halberstadt-Blankenberg-Tanne	61,32	1 : 40 und 1 : 16,67	180 und 200	—	—	156480	119059	200700	17335	11917	7,564 km Zahnstrecke.
5	Westfälische Landeseisenbahn .	230,24	1 : 50	200	24,0	21,9 und 23,9	63667	59787	42484	7792	4956	
6	Altona-Kaldenkirchen	47,71	1 : 40	80	22,75	11,35 und 8,80	44574	88962	31660	6513	3685	21,49 km liegen auf Straßen.
7	Kreis Oldenburger Eisenbahnen	23,12	1 : 100	250	24,83	16,2	48835	57373	34747	4823	3748	
8	Hoyaer Eisenbahnen	6,86	1 : 110	180	19,4	—	53830	60310	35089	10219	7241	
9	Prignitzer Eisenbahn	61,49	1 : 100	300	—	—	59830	43089	91758	6929	4162	
10	Niederlausitzer Eisenbahn . .	113,30	1 : 80	300	—	—	85743	35951	76602	7485	3737	

[9]) Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands, herausgegeben vom Reichseisenbahnamte, 1903.

sparen. Hierdurch kann ein ziemlich wesentlicher Unterschied in den Baukosten eintreten, während allerdings auch die Unterhaltungskosten durch stärkere Abnutzung der Schienen und der Räder der Fahrzeuge in den scharfen Krümmungen etwas steigen dürften.

Um einen allgemeinen Anhalt zu bieten, was mit den zur Verfügung stehenden Mitteln gebaut werden kann, sind in den Zusammenstellungen II und III die Baukosten für einige ausgeführte Haupt-, Neben- und Klein-Bahnen nachgewiesen, auch sind darin Mitteilungen über die Verkehrstärke sowie die Einnahmen und Ausgaben in einem der letzten Betriebsjahre enthalten, woraus Schlufsfolgerungen auf die Ertragsfähigkeit ähnlicher neuer Bahnen gezogen werden können.

Man sieht hieraus, dafs die Anlagekosten der Bahnen sehr schwanken. Sie sind in sehr hohem Mafse von den örtlichen Verhältnissen, dem Bodenwerte und der Geländegestaltung, sowie von der Dichte des Betriebes abhängig. Dadurch sind namentlich die Bahnen in den dicht bevölkerten und von vielen Gebirgszügen durchzogenen mittel- und westeuropäischen Hauptkultur-Ländern sehr teuer geworden, während sie in den vorwiegend ebenen oder weniger dicht bevölkerten Ländern, wie Rufsland, Holland, Dänemark, Schweden, Brasilien, Argentinien, billiger hergestellt werden konnten. Der grofse Unterschied in den Durchschnittskosten der Hauptbahnen und der Nebenbahnen rührt davon her, dafs ein gröfserer Teil der ersten zweigleisig ist, dafs bei ihnen wegen des gröfsern Verkehres viele grofse Bahnhöfe anzulegen waren, dafs darin die Kosten für mit grofsem Aufwande durch grofse Städte geführte Bahnen enthalten sind. Im Allgemeinen kann man mit einem Aufwande von 20000 bis höchstens 40000 M./km die erhöhten Bedingungen erfüllen, die an eine Hauptbahn gegenüber einer Nebenbahn gestellt werden.

I. d) Wahl der Spurweite.

Hat man sich auf Grund der vorstehend dargestellten Verhältnisse für die Art der zu wählenden Bahn entschieden, so kommt zunächst die Wahl der Spurweite in Betracht. Mit der Wahl einer Hauptbahn ist zwar in Deutschland und vielen anderen Ländern die Spurweite von 1,435 m entschieden, in mehreren anderen Ländern sind aber auch für Hauptbahnen andere Spurweiten gewählt, in Rufsland die von 1,524 m, in Norwegen häufig die von 1,067 m, die auch in den englischen Kolonien in Südafrika allgemein eingeführt ist, in Argentinien die von 1,676 m.

Bei der Wahl von Neben- oder Kleinbahnen kommen aber auch schmalere Spuren, in Deutschland allerdings nach den G. f. L. und dem preufsischen Kleinbahngesetze nur die Spurweiten von 1 m, 0,75 m und 0,6 m in Betracht.

Bei Wahl einer Schmalspur erlangt man folgende Vorteile: Man spart zunächst durch den schmalern Bahnkörper an Erdarbeiten, Brücken und Grunderwerb. Der letztere wird weiter durch die mögliche Anwendung scharfer Krümmungen und die Anschmiegung an das Gelände, sowie an die Richtung der Strafsen und die Grundstücksgrenzen verringert, weil man Durchschneidungen von Grund-

stücken besser vermeiden kann. Man spart ferner unter Umständen dadurch, dafs man enge Täler mit der Bahn besser verfolgen, die Bahn also auf deren Sohle legen kann, und nicht gezwungen ist, etwaige steile Seitenhänge zu benutzen, oder Bergköpfe zu durchschneiden. Dadurch, dafs man die Bahn auf vorhandene Strafsen oder dicht daneben legen kann, gewinnt man häufig den Vorteil, dafs man den Verkehrsquellen besser nachgehen, Ortschaften, Werke und Hauptverkehrsquellen besser durchfahren kann, wodurch meist schnellere Zunahme des Verkehres erlangt wird; indes werden dadurch auch manche Übelstände herbeigeführt (S. 35 und 36).

Beim Baue wird durch die Verwendung schwächern Oberbaues und leichterer Fahrzeuge zu sparen sein, auch wird bei der Unterhaltung der Ersatz der beschädigten Teile geringern Aufwand erfordern. Endlich ist noch zu bemerken, dafs die Verwaltung sich dadurch etwas verbilligen dürfte, dafs keine Wagen in andere Verwaltungsbezirke übergehen und deshalb gegenseitige Abrechnungen und viele sonstige Verhandlungen mit anderen Verwaltungen entfallen.

Dagegen ergeben sich bei Wahl einer Schmalspur folgende Nachteile:

Auf einer solchen Bahn können nicht so grofse Massen befördert werden, wie auf einer Vollspurbahn; man bedarf für die zu befördernden Reisenden und Güter besondere Betriebsmittel, was im Allgemeinen zu schlechterer Ausnutzung der Fahrzeuge führen wird. Auch kann man nicht die älteren Betriebsmittel aufbrauchen, die für die mit grofser Geschwindigkeit fahrenden Züge der Hauptbahn nicht mehr geeignet sind, wohl aber in den langsam fahrenden Zügen einer Neben- oder Kleinbahn noch Verwendung finden können. Weiter fällt die Möglichkeit fort, die Bahn bei Zunahme des Verkehres mit geringen Kosten in eine Bahn höherer Bedeutung umzuwandeln. Auch die Beförderungs- und Unterhaltungskosten der Wagen dürften auf die beförderten t/km berechnet bei der Schmalspurbahn etwas teuerer werden, als bei der Vollspur, weil die Wagen der Schmalspur meist im Vergleiche zur Achsenzahl und zum toten Gewichte geringere Tragfähigkeit besitzen werden, als Vollspurwagen. Neuerdings ist es allerdings vielfach gelungen, schmalspurige Wagen mit gröfserer Tragfähigkeit und günstigem Verhältnisse zum toten Gewichte zu bauen, so dafs dieser Unterschied mehr und mehr schwindet. Der Widerstand, den der Wagenlauf in den meist schärferen Krümmungen der Schmalspurbahn findet, ist dagegen bei zweckentsprechender Bauart der Fahrzeuge nicht gröfser, als der in den flacheren der Vollspurbahn. Versuche auf den sächsischen Staatseisenbahnen haben erwiesen, dafs der Widerstand, den ein Bogen von 36 m Halbmesser bei der Spurweite von 0,75 m dem Zuge entgegenstellt, geringer ist, als der eines Bogens von 200 m auf Vollspurbahnen (Gl. 9, S. 32).

Der hauptsächlichste Nachteil der Schmalspurbahn besteht aber in der Notwendigkeit des Umladens von und nach anschliefsenden vollspurigen Bahnen übergehender Güter.

Solche Frachten, für die in diesen Fällen nur kurze Beförderungsweiten auf der Schmalspurbahn in Betracht kommen, werden dieser überhaupt entgehen, weil die Beförderung auf Strafsen billiger wird, als die auf der Bahn nebst den Umladekosten, für andere Frachten mufs man die Kosten des Umladens durch zweckmäfsige Vorrichtungen möglichst herabzusetzen suchen.

Laistner gibt die Kosten des Umladens für ein Jahr je nach dem Verkehre zu 50 bis 250 M./km an. Sie dürften aber im Allgemeinen gar nicht von

der Länge der Bahn, sondern nur von der Gröfse des Übergangsverkehres abhängen; beim Kostenvergleiche ist also eine bestimmte, von der Länge der Bahn unabhängige Summe einzusetzen.

Köpcke hat betreffs der Umladung von Gütern in einem im Februar 1893 gehaltenen Vortrage[10]) folgende Angaben für 1 t gemacht:

Abstürzen von Kohlen von hochstehenden Vollspurwagen in tiefer stehende Schmalspurwagen nach Nördling 3,25 Pf/t,

Abstürzen aus Vollspurwagen vom Gerüste aus auf Bahnhof Hennef der Bröhltalbahn 8 Pf/t,

Umladen von Erzen, Kalk, Kohlen durch Schaufeln mit der Hand auf der Bröhltalbahn 15 Pf/t,

Umladen von Wagenladungsgütern auf den sächsischen Schmalspurbahnen ausschliefslich Verschiebekosten 15,3 bis 17,2 Pf/t,

Umladen auf der Bosna-Bahn in Bosnisch-Brod 20 Pf/t, auf der Feldabahn in Salzungen 12 bis 30 Pf/t, auf der Kaisersberger Talbahn 9,4 Pf/t.

Köpcke gibt sodann noch als Mindest- und Meistbeträge für die Umladekosten folgende Zahlen an:

für Stückgut bei Handarbeit 50 Pf/t,

für Wagenladungsgut bei Handarbeit 6 bis 40 Pf/t, der höhere Preis gilt bei leerer Rückbeförderung,

für Versetzen von Wagenkasten, das bei einigen sächsischen Schmalspurbahnen durch Umhebegerüste in der Weise geschieht, dafs mehrere Wagenkasten der Schmalspurwagen auf einen Wagen der Vollspur gesetzt werden, 30 bis 60 Pf. für 1 Wagen, 3 bis 12 Pf/t für 1 t. Hierbei steht der Verminderung der Umladekosten eine Erhöhung der Frachtkosten durch Vermehrung des Leergewichtes gegenüber,

für Abstürzen 32,5 bis 80 Pf. für 1 Wagen, 3,24 bis 8 Pf/t für 1 t.

Bei der Kreis-Eisenbahn Flensburg-Cappeln wird ein Wagen mit 5 t Inhalt bei Gütern der allgemeinen Wagenladungskasse gegen eine Gebühr von 1,5 M., bei Gütern der Sondertarife gegen eine solche von 1 M. umgeladen.

Launhardt legt seinen Berechnungen eine durchschnittliche Umladegebühr von 20 Pf/t zu Grunde.

Um das Umladen gänzlich zu ersparen, hat man bei verschiedenen Bahnen Rollböcke[11]) angewendet, niedrige flache Schmalspurwagen, auf welche die Vollspurwagen aufgefahren werden können, so dafs diese mit ihrer Ladung auf der Schmalspur befördert werden können. Solche Anlagen haben sich unter besonderen Verhältnissen, so auf Bahnhof Klotzsche der sächsischen Staatseisenbahnen, auf Bahnhof Forst in der Lausitz und bei anderen Bahnen gut bewährt. Dabei wird aber das zu befördernde tote Gewicht wesentlich vermehrt, die Zuggeschwindigkeit mufs vermindert und das Gleis zur Vermeidung von Entgleisungen sorgfältig unterhalten werden. Man wird diese Einrichtung daher nur da treffen dürfen, wo es sich um starken Verkehr und ganz kurze Wege handelt.

Die Kosten für diese Beförderungsweise werden für einen Wagen zu 25 bis 30 Pf. und für 1 tkm zu 2,5 bis 4 Pf. angegeben.

---

[10]) Jahrbuch der deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Bd. VIII. 1893.

[11]) Band I. 1. Auflage. A II d. S. 517; Band III, 2. Hälfte, S. 480.

Darüber, welcher der verschiedenen in den Grz. f. L. empfohlenen Schmalspuren von 1,0 m, 0,75 m oder 0,6 m der Vorzug zu geben ist, sind die Meinungen zur Zeit noch geteilt.

Die erste in England ausgeführte Schmalspurbahn, die Festiniog-Bahn, hatte eine Spur von 0,61 m und soll sich bei ausschliefslichem Güterverkehre auch bewährt haben. Die Spurweite von 0,60 m ist auch von Deutschland für seine militärischen Zwecken dienenden Feldeisenbahnen angenommen, ebenso von Rufsland und Frankreich; auch sind verschiedene neben dem Güterverkehre auch für den Verkehr von Reisenden eingerichtete Bahnen in Deutschland und namentlich in Frankreich mit 0,6 m Spur ausgeführt. Diese zeigen aber doch mehrfach Nachteile, da die Wagen bei gröfserer Geschwindigkeit stark schwanken, leicht entgleisen und durch den Wind umgeworfen werden. Es wird sich daher empfehlen, diese Spur auf die eigentlichen Feldbahnen zu beschränken, die man bis in einzelne Gehöfte hineinführen und öfter verlegen will; hier ist sie zweifellos am Platze. Für Schmalspurbahnen, die Reisende und Güter auf längere Strecken befördern sollen, hat man meistens die Spuren von 1 m und 0,75 m gewählt, von denen die letztere nur unerheblich teuerer wird, als die 0,6 m-Spur. Für diese Spurweiten fertigt man jetzt auch Wagen, die 10 t und mehr Tragfähigkeit besitzen, und auch Wagen für Reisende, die durchaus bequeme Sitze enthalten, und bei Anwendung von Drehgestellen sehr scharfe Krümmungen zu durchfahren im Stande sind. Beide Spurweiten haben ihre Verteidiger. Ob, und gegebenen Falles welche von den beiden den Sieg über die andere gewinnen wird, erscheint zweifelhaft, die Entscheidung ist auch nicht dringend, da an Erlangung eines ausgedehnten, zusammenhängenden Netzes von Kleinbahnen, wie das der Hauptbahnen, nicht zu denken ist. Vielleicht könnte man annehmen, dafs da, wo es sich vorzugsweise um Verkehr von Reisenden handelt, wegen des ruhigern Ganges der Wagen die 1 m Spur und da, wo es sich vorzugsweise um Güterverkehr handelt, wegen der gröfsern Billigkeit der Beförderung in gröfseren Wagen die Spur von 0,75 m zu wählen ist.

Über die Unterschiede in den Kosten von Bahnen mit verschiedener Spurweite geben die Mitteilungen in den unten angegebenen Quellen [12]) Anhaltspunkte. Launhardt berechnet [13]), dafs bei einer Bahn von 1 m oder 0,75 m Spurweite gegenüber einer vollspurigen im Durchschnitte etwa 2200 M./km, oder 3800 M./km gespart werden können, indes sind diese Beträge wohl zu gering bemessen. Er rechnet nichts für die zulässige Wahl leichterer Schienen und gibt auch zu, dafs durch die bei der schmalen Spur mögliche Anordnung kleinerer Krümmungshalbmesser weitere Ersparungen gemacht werden können, legt aber doch die oben genannten Beträge seinen weiteren Berechnungen zu Grunde.

Laistner [14]) gibt für die üblichen Spurweiten von 1,435 m, 1 m und 0,75 m und für die folgenden drei verschiedenen Fälle

---

[12]) Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands, herausgegeben vom Reichseisenbahnamte, jährlich ein Band. Haarmann, Die Kleinbahnen, Berlin 1896. Müller, Grundzüge des Kleinbahnwesens. Berlin 1895. Ziffer, Einfluſs der Spurweite. Mitteilungen des österreichischen Vereines für die Förderung des Lokal- und Strafsenbahnwesens. 1893.

[13]) Launhardt, Theorie des Trassierens. Heft 2. S. 86.

[14]) Wochenblatt für Baukunde. 1885. S. 199.

1. günstiges Gelände, also geringe Erdarbeiten und niedere Einheitspreise,
2. ungünstiges Gelände, also grofse Erdarbeiten und hohe Einheitspreise,
3. mittlere Fälle

und unter der Annahme, dafs die verschiedenen Bahnen, deren Länge ungleich sein wird, auf Bahnen gleicher Länge zurückgeführt werden, als Vergleichszahlen für die Kosten von Nebenbahnen an:

Zusammenstellung IV.

Spurweite:	1,435 m M./km	1 m M./km	0,75 m M./km
Für günstige Fälle . . .	32—35000	29—32000	27—30000
„ ungünstige Fälle . .	70—80000	57—67000	47—57000
„ mittlere Fälle . . .	49—55000	43—48000	36—42000

Liebmann[15]) hat auf Grund der in der Zeitschrift für Kleinbahnen veröffentlichten Statistik der Kleinbahnen berechnet, dafs sich die Baukosten von Bahnen der Spurweiten von 1,435 m, 1,000 m, 0,75 m und 0,6 m,

im Durchschnitte erhalten wie . . . 1 : 0,67 : 0,58 : 0,33,
und die Einnahmen wie . . . . . 1 : 0,78 : 0,72 : 0,55.

Die Baukosten verschiedener Schmalspurbahnen, ferner Angaben über ihre Gestaltung, Verkehrstärke, Einnahmen und Ausgaben sind in Zusammenstellung V mitgeteilt; diese Angaben werden beim Entwerfen von solchen Bahnen in vielen Fällen als Anhalt dienen können.

Die Betriebskosten stellen sich nach Laistner bei den drei verschiedenen Spurweiten der Nebenbahnen nicht wesentlich verschieden; auch Launhardt bestätigt dies. Sie betragen für das Jahr bei 3 bis 4 Zügen täglich in jeder Richtung ohne die Kosten für Neubeschaffung von Schienen, Schwellen und Fahrzeugen je nach den Steigungs- und Verkehrs-Verhältnissen 1900 bis 2900 M./m; für den Vergleich können sie daher im Allgemeinen unberücksichtigt bleiben, wenn Länge und Steigungs-Verhältnisse der zu vergleichenden Linien annähernd gleich sind.

[15]) Zeitschrift für Kleinbahnen 1902. S. 148.

Zusammenstellung V[16]).

Zustand und Leistungen von Schmalspurbahnen.

Nr.	Bezeichnung der Bahn	Länge km	Spurweite m	Stärkstes Steigungs-Verhältnis	Kleinster Halbmesser m	Schienengewicht kg/m	Baukosten M km	Im Jahre 1902 sind befördert: Reisende auf 1 km	Güter t/km	Im Jahre 1902 betrug die Einnahme M/km	Ausgabe M/km	Bemerkungen.
1	Felda-Bahn	44,00	1,000	1 : 25	58	21,5	33883	4859	1307	4412	3102	Auf 26,1 km Strafse benutzt.
2	Kreis Altenaer Schmalspurbahnen	34,59	1,000	1 : 25	45	15,9	74656	9389	3410	8772	6839	Auf 29,45 km Strafse benutzt.
3	Eckernförde-Kappeln	28,70	1,000	1 : 40	100	15,2	31033	4017	871	4002	3513	
4	Kaisersberger Talbahn . . .	24,66	1,000	1 : 30	60	—	42903	17160	1767	8581	5316	Auf 18,05 km Strafse benutzt.
5	Gernrode-Harzgerode	43,50	1,000	1 : 25	60	—	54023	3280	1653	5964	4123	
6	Weimar-Rastenburg	53,87	1,000	1 : 40	100	15,75	15316	3397	764	2409	1925	Grunderwerb frei.
7	Zell-Todtnau	18,76	1,000	1 : 35	70	15,75	67287	6732	2115	7481	3659	Teilweise Zahnstrecke.
8	Bröhltalbahn	82,80	0,780	1 : 41	40	18,8	71014	4443	4918	7858	4567	Auf 29,14 km Strafse benutzt.
9	Sächsische Schmalspurbahnen .	415,44	0,750	1 : 20	50	15,04 bis 19,22	97929	8990	2274	5600	5622	
10	Württembergische Schmalspurbahnen	101,29	0,750	1 : 25	80	—	67521	8720	1543	4194	3935	
11	Zittau-Oybin-Zonsdorf . . .	14,41	0,750	1 : 30	90	—	111034	27732	1944	9626	7583	
12	Jüterbog-Luckenwalde . . .	80,30	0,750	1 : 70	80	13,95	30000	848	444	1340	1504	
13	Opalenitzer Kleinbahnen . .	42,68	0,750	1 : 80	100	—	—	1358	1654	2910	1745	
14	Mecklenburg-Pommersche Schmalspurbahnen	145,14	0,600	—	—	—	—	750	1454	2534	1931	
15	Wallücke-Eisenbahn	17,23	0,600	—	—	15,8	28440	7873	1341	4847	3270	

[16]) Zeitschrift für Kleinbahnen, sowie Statistik der im Betriebe befindlichen Eisenbahnen Deutschlands und der Eisenbahnen des V. d. E. V.

A. II. Aufsuchen und Entwerfen einer Bahnlinie.

Bearbeitet von **Paul †.**

II. a) Vorbedingungen für die Ausführung von Vorarbeiten; Geschäftsgang bis zur Feststellung des Entwurfes, Enteignungsverfahren.

Hat man sich nach den im Abschnitte A. I aufgestellten Grundsätzen für die Ausführung einer Bahn und deren Art entschlossen, so können die eigentlichen Entwurfsarbeiten beginnen. Man stellt aber in der Regel nicht gleich den zum Baue fertigen Entwurf auf, sondern fertigt zunächst behufs Feststellung der allgemeinen Richtung und der Steigungs- und Krümmungsverhältnisse, sowie der ungefähren Kosten und der Bauwürdigkeit der Bahn allgemeine Vorarbeiten, die bei Privat-Unternehmungen als Grundlage zur Einholung der staatlichen Genehmigung für die Ausführung der Bahn, und bei Staatsbahnen zur Bereitstellung der zum Baue erforderlichen Gelder dienen.

Auch zur Anfertigung von allgemeinen Vorarbeiten bedarf man, soweit dabei fremdes Grundeigentum betreten werden mufs, der staatlichen Genehmigung, die in der Regel bei dem zuständigen Ministerium unter Angabe der Hauptpunkte, welche die Bahnlinie berühren soll, sowie der schätzungsweise dafür bestimmten Anlagekosten nachzusuchen ist. Die Genehmigung wird in der Regel nur auf eine kurz bemessene Frist erteilt, um nicht einem Einzelnen ein Vorrecht zu bewilligen, durch dessen Nichtausnutzung der Bau einer bestimmten Strecke durch andere dauernd behindert werden könnte.

Die Erlaubnis zur Vornahme allgemeiner Vorarbeiten gestattet dem Unternehmer nicht nur, fremdes Eigentum zu betreten, sondern nötigen Falles gegen Ersatz auch zu beschädigen. Das Recht hierzu ist in den Enteignungsgesetzen der verschiedenen Länder ausdrücklich ausgesprochen, für Preufsen in dem Enteignungsgesetze vom 11. Juni 1874, von dem bei Ausführung von Vorarbeiten namentlich § 5 zu beachten ist[17]).

Auf Grund des der mafsgebenden Behörde vorzulegenden allgemeinen Entwurfes erfolgt, wenn dieser zweckmäfsig und den Vorschriften entsprechend gefunden, auch der Nachweis erbracht ist, dafs die erforderlichen Geldmittel bereit stehen, die Genehmigung zum Baue, und zwar je nach den in den verschiedenen Staaten geltenden Gesetzen durch Verordnung des Landesherrn oder der zuständigen Behörden, oder durch besonderes Gesetz. In der betreffenden Urkunde werden zugleich die Rechte und Pflichten der den Bau nachsuchenden Gesellschaft festgesetzt,

17) Röll, Encykl. Bd. III. S. 1260.

namentlich wird je nach den Verhältnissen das Enteignungsrecht verliehen. Dies geschieht bei Haupt- und Nebenbahnen in Deutschland allgemein, während die Zulässigkeit bei Kleinbahnen erst noch besonders festgestellt werden mufs.

Nun wird zur Ausführung der ausführlichen Vorarbeiten geschritten, die die Grundlagen zur Aufstellung des Entwurfes für die Bauausführung liefern sollen.

Im ausführlichen Entwurfe soll womöglich die im allgemeinen Entwurfe angenommene Lage der Stationen beibehalten, auch sollen die stärksten Steigungen und die schärfsten Krümmungen möglichst nicht über- und unterschritten werden.

Der ausführliche Entwurf ist demnächst der zuständigen Landesbehörde, in Preufsen dem Regierungs-Präsidenten, zur Prüfung in landespolizeilicher Hinsicht vorzulegen, nachdem er vorher auch in eisenbahntechnischer Beziehung geprüft worden ist. Bei der landespolizeilichen Prüfung kommen alle öffentlich rechtlichen Fragen zur Erörterung, namentlich das Verhältnis zu etwa berührten, bestehenden Bahnlinien und sonstigen Verkehrs-Wegen, ferner zu Wasserläufen und Vorflutanlagen, bei Berührung von bergmännisch benutztem Gelände das Verhältnis zum Bergbaue, bei Bahnen, die sich einer Festung bis auf etwa 15 km nähern, oder Schiefsstände und dergleichen berühren, das Verhältnis zu diesen Anlagen, ferner bei Durchschneidung von Ent- und Bewässerungen oder in Zusammenlegung begriffenen Grundstücken die Beeinflussung durch den Bahnbau. Da die für diese verschiedenen Gebiete zuständigen Behörden bei der landespolizeilichen Prüfung mitzuwirken haben, ist es zweckmäfsig, sich schon bei Aufstellung des Entwurfes mit ihnen in Verbindung zu setzen und deren Wünsche möglichst zu berücksichtigen.

Die landespolizeilich geprüften Pläne werden nach etwaiger Vervollständigung der zur Feststellung des Entwurfes zuständigen Behörde, in Preufsen dem Minister der öffentlichen Arbeiten, vorgelegt und hier je nach Befinden eisenbahntechnisch festgestellt. Diese Pläne dienen auch als Grundlage für das Enteignungsverfahren, das sich in den verschiedenen Ländern verschieden abspielt. In Preufsen unterscheidet man das Planfeststellungs- und das Entschädigungsverfahren. In dem erstern kann, nachdem die Pläne nebst Grunderwerbs-Verzeichnis in der betreffenden Gemeinde 14 Tage lang zu jedermanns Einsicht aufgelegen haben, jeder nach Mafsgabe des Betroffenseins Einspruch gegen die Führung der Linie oder gegen Einzelheiten des Entwurfes erheben. Die etwa eingehenden Einsprüche werden unter Zuziehung aller Beteiligten von einem Vertreter des Regierungs-Präsidenten mündlich erörtert, worauf der Bezirksausschufs darüber befindet, in wie weit er die Beschwerden für berechtigt hält. Gegen diese Festsetzung steht jeder Partei innerhalb einer kurz bemessenen Frist die Beschwerde an den Minister zu, der endgültig entscheidet. Ist diese Entscheidung erfolgt oder sind keine Einwendungen eingegangen, so folgt das Entschädigungsverfahren. In diesem wird auf Grund des Gutachtens von ein bis drei von der Regierung ernannten Sachverständigen die Entschädigung festgestellt. Gegen diese Festsetzung kann innerhalb sechs Monaten der Rechtsweg beschritten werden. Wenn die Auszahlung des im Verwaltungs- oder Rechtsverfahren festgesetzten Entschädigungsbetrages entweder unmittelbar an den Enteigneten, oder durch Hinterlegung bei einer dazu

bestimmten öffentlichen Kasse erfolgt ist, werden die betreffenden Grundstücke durch besondern Beschluſs der Bezirksregierung in den Besitz des Enteigners überwiesen. In besonders dringenden Fällen kann aber die Besitzübertragung vor Erledigung des Rechtstreites nach Hinterlegung des im Verwaltungsverfahren festgesetzten Entschädigungsbetrages erfolgen.

II. b) Allgemeiner Einfluſs der Gelände-Gestaltung auf die Linienführung. Allgemeine Wechselwirkungen zwischen Bau- und Betriebskosten.

b) 1. Allgemeines.

Bei Aufstellung des Entwurfes für eine Eisenbahn hat man im Allgemeinen nicht die Linienführung zu wählen, welche die geringsten Anlage-Kosten erfordert, sondern die unter Berücksichtigung auch der Unterhaltungs- und Betriebs-Kosten auf die Dauer die geringsten Ausgaben verursachende Die Unterhaltungs- und Betriebs-Kosten stehen aber häufig im umgekehrten Verhältnisse zu den Baukosten. Der entwerfende Ingenieur muſs daher die verschiedenen Kosten sorgfältig gegeneinander abwägen und mit Rücksicht auf den zu erwartenden Verkehr die Linie wählen, die den gröſsten Vorteil im Ganzen bietet.

Auf die Kosten sind von wesentlichem Einflusse:

α) die Richtung der Bahn im Allgemeinen, falls verschiedene nicht in annähernd gerader Linie liegende Ortschaften verbunden werden sollen,

β) die Zahl und Lage der Stationen,

γ) die Lage der Bahn in Bezug auf Bodenbeschaffanheit und Bewirtschaftung des Geländes,

δ) die zu wählenden Krümmungs- und Neigungs-Verhältnisse,

ε) die Lage der Bahn zu den berührten anderen Verkehrswegen,

ζ) die Lage der Bahn zum Wasser.

1. α) Die Richtung im Allgemeinen.

Wenn nur zwei einzelne Ortschaften durch eine Eisenbahn verbunden werden sollen, so wird man zur Erzielung der geringsten Bau- und Betriebs-Kosten eine möglichst gerade Linie wählen, wenn nicht zwischenliegende Flüsse, Seen, Gebirge eine Abweichung bedingen. Bei Neben- und Klein-Bahnen kann auch die Richtung einer zur Benutzung für den Bau geeigneten Straſse zu Abweichungen von der geraden Linie Anlaſs geben. Man hat in solchem Falle zu erwägen, ob die dadurch beim Baue herbeigeführten Ersparungen Ersatz für die beim Betriebe entstehenden Mehrkosten bieten.

Wenn mehrere gröſsere Ortschaften durch eine Bahn verbunden werden sollen, die mehr oder minder weit von der geraden Richtung zwischen den beiden

Endpunkten abliegen, so ist zu erwägen, ob die Bahn diese Orte in einem durchgehenden Zuge unmittelbar berühren soll, oder besser in gestreckter Lage mit anschliefsenden Zweigen nach einem oder mehreren Orten erbaut wird. Launhardt stellt für solche Fälle vergleichende Berechnungen auf und sucht die niedrigsten Betriebskosten dafür festzustellen[18]). In der Regel sind die Gelände-Verhältnisse für die verschiedenen Strecken aber so verschieden, dafs die Annahme gleicher Kosten für das Kilometer, wie sie bei solcher Berechnung nötig ist, zu falschen Ergebnissen führen mufs; leicht vermehren oder vermindern sich nach Herstellung der Bahn aber auch die Frachtmengen der einzelnen Stationen und mit jeder solchen Änderung ändert sich das Ergebnis der Rechnung, so dafs ihr ein mafsgebender Einflufs kaum einzuräumen ist. Launhardt sagt[19]) „Beachtenswert ist, dafs man von der auf solche Weise bestimmten, günstigsten Lage des Knotenpunktes ziemlich erheblich abweichen darf, ohne dafs sich die Gesammtkosten des Verkehres wesentlich erhöhen" und „In den Fällen eines sehr starken Verkehres bei billigen Baukosten kann aber selbst die günstigste Anordnung eines Knotenpunktes unvorteilhafter sein, als der Bau und Betrieb auf den Dreieckseiten, denn die Anlage eines Knotenpunktes verteuert unter allen Umständen die Betriebskosten bei einer Ersparung an Baukosten".

Man sollte daher derartige vergleichende Berechnungen nur auf Grund von für den besondern Fall aufgestellten Entwürfen anstellen. Im Allgemeinen kann man annehmen, dafs, wenn der Durchgangsverkehr zwischen den beiden Endpunkten vorherrscht, die Herstellung einer möglichst kurzen Durchgangsbahn mit Zweigbahn nach einem seitwärts liegenden Zwischenorte, und wenn der Verkehr dieses Zwischenortes bedeutender ist, die Führung der Bahn über diesen vorzuziehen sein wird.

1. β) Die Zahl und Lage der Stationen.

Die Zahl der an einer Bahn anzulegenden Stationen ist von wesentlichem Einflusse auf die Bau-, die Unterhaltungs- und die Betriebs-Kosten, denn die Kosten für die Anlage der Bahnhöfe nehmen einen erheblichen Anteil der Kosten einer Bahn in Anspruch, und je mehr Bahnhöfe angelegt werden, desto gröfser ist die Zahl der Beamten und Arbeiter, die zur Ausführung und Beaufsichtigung des Betriebes angestellt werden müssen. Indes bilden die Stationen fast die einzigen Einnahmequellen einer Bahn, und der Verkehr der Gegend, die durch die Bahn aufgeschlossen werden soll, kann nur durch die Anlage von Stationen gehoben werden. Man darf deren Zahl daher auch nicht zu gering bemessen, und hat in dieser Hinsicht sorgfältige Ermittelungen anzustellen[20]).

Die Stationen sollen möglichst in der Nähe der Ortschaften, oder doch an gut befestigten Wegen angelegt werden, da sie der Bahn nur in solchen Fällen einen regen Verkehr zuführen werden. Aufserdem ist in Rücksicht auf Bau- und Betriebs-Kosten darauf zu achten, dafs sie möglichst auf freies und ebenes, also übersichtliches Gelände, ferner in die Gerade oder doch in flache Krümmungen und nicht in unzulässige Steigungen (S. 3 und 4) zu liegen kommen.

---

[18]) Launhardt, Theorie des Trassierens. Heft 1. §§ 7 u. 8.

[19]) Theorie des Trassierens. S 42, 43.

[20]) Abschnitt A III b.

Zweckmäfsig ist es auch, wenn die Stationen nicht durch gröfsere Bauwerke für Wege oder Wasserläufe durchschnitten werden, da diese die Erweiterung behindern, oder doch sehr kostspielig machen. Bauwerke mit eisernen Trägern können, namentlich wenn das Gleisbett nicht über die Brücke hinweggeführt werden kann, unter Bahnhöfen für die Verlegung von Gleisen und Weichen sehr störend sein.

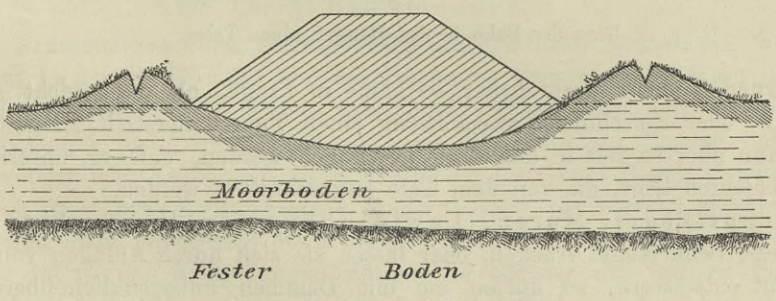
1. γ) Die Lage der Bahn in Bezug auf Beschaffenheit des Bodens und Bewirtschaftung des Geländes.

γ. A. Geologische Beziehungen[21]).

Auf die Bau- und die Unterhaltungs-Kosten einer Bahn sind die Bodenarten, über und durch welche sie geführt wird, von wesentlichem Einflusse. Deshalb sind in dieser Beziehung vor Feststellung des Entwurfes sorgfältige Untersuchungen anzustellen, damit die Lage der Bahn auf oder neben schädlichen Bodenarten möglichst unterbleibt; dabei kommen namentlich die folgenden Bodenarten in Betracht:

1. Mooriges und sumpfiges Land, das sich in ebenen Wiesen, in Talsohlen sowie auch in einzelnen Senken in hügeligem Lande vielfach vorfindet. Lassen sich solche Stellen durchaus nicht umgehen, so werden flache Moore zweckmäfsig ganz auszuschachten und durch andere Bodenarten zu ersetzen, tiefere aber durch Aufschütten anderer Bodenarten bis zur Tragfähigkeit zu verdichten sein. Hierbei entstehen dann durch seitwärtiges Ausweichen des Moorbodens nach Textabb. 1 sehr bedeutende Erdarbeiten und durch Aufquellen des benachbarten Erdreiches auch hohe Grundentschädigungen.

Abb. 1.



Dammschüttung auf Moorboden.

2. Toniger Untergrund. Steht dieser in geschlossener Masse an, so weicht er bei anhaltend nassem Wetter auf, quillt, dringt in die Bettung ein und gibt zu unruhiger Lage des Oberbaues Veranlassung[22]). Einschnitte in solchem Boden anzulegen, oder Dämme daraus zu schütten, ist sehr gefährlich, da hierdurch leicht sehr ausgedehnte Rutschungen ent-

---

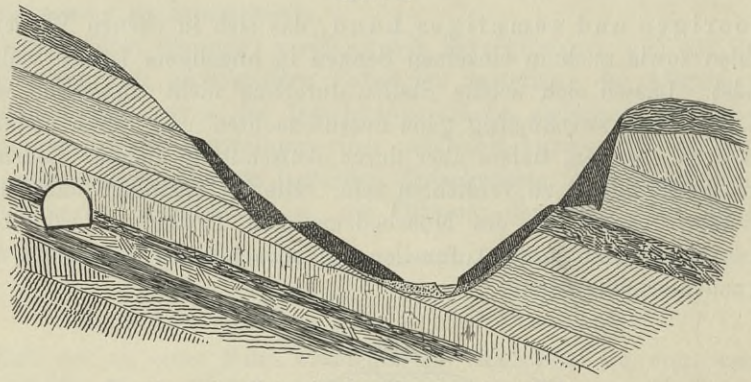
21) F. Rinne, Organ 1905, S. 256.

22) Abschnitt B III.

stehen. Kommt der Ton in einzelnen dünnen Lagen zwischen wasserführenden Schichten oder in Felsspalten vor, wie das besonders in den den Gebirgszügen vorgelagerten Diluvium- und Alluvium-Gebilden zu beobachten ist, so entstehen ebenfalls leicht Rutschungen, deren Beseitigung oft sehr grofse Kosten verursacht[23]).

3. Felsige Gebirgsarten, deren Schichten ungünstig streichen und fallen. Während die Anlage einer Anschneidung mit der Schichtfläche als Böschung günstig ist und in Einschnitten die Anwendung steiler Böschungen gestattet, sind bei Verfolgung einer Richtung, gegen welche die Schichten mehr oder weniger rechtwinkelig einfallen, Felsstürze und Rutschungen zu befürchten, die nur durch starkes Abflachen der Böschung und gute Entwässerung der wasserführenden Schichtenflächen zu verhindern sind. Zur Vermeidung grofser Kosten müssen derartige Stellen auf der Bahnlinie möglichst umgangen werden, in engen Tälern, wo die Felsschichten nach Textabb. 2 einfallen, ist die Linie möglichst nicht an den linken, sondern an den rechten Hang zu legen. Wäre dies aus besonderen

Abb. 2.



Lage der Bahn in den Hängen eines Tales.

Gründen nicht durchführbar, so käme in Frage, ob man nicht statt des An- oder Einschnittes zweckmäfsig einen Tunnel herstellt. Dieser müfste dann aber so tief in den Berg geschoben werden, dafs er unterhalb der Schichten liegt, die von dem Tale angeschnitten werden.

4. Schuttkegel, Muren, Lawinengänge im Hochgebirge. Sind diese Schuttkegel trocken, oder lassen sie sich durch Anlagen von Stollen gut entwässern, so dürfen sie mit Dämmen unbedenklich überschritten werden; andern Falles müssen Muren und Lawinengänge mit Brücken oder Tunneln durchquert werden.

γ. B. Wirtschaftliche Beziehungen.

Um an Kosten für Grunderwerb zu sparen, hat man die Berührung von kostspieligen Gebäuden, Gehöften, Gärten, Weinbergen zu vermeiden. Auch die Durchschneidung gröfserer Ackergrundstücke mufs möglichst unterbleiben, da wegen der

[23]) Abschnitt A IV.

damit verbundenen Erschwerung der Bestellung der Restgrundstücke oft erhebliche Kosten erwachsen. Im Gebirgslande werden bei Verschiebungen der Linie zur Vermeidung von teuern Grundstücken die Baukosten allerdings leicht in noch höherm Mafse wachsen, in solchen Fällen sind stets vergleichende Berechnungen aufzustellen.

Ferner mufs man die Berührung von abbaufähigen Grubenfeldern vermeiden, da für die noch nicht abgebauten Teile häufig grofse Entschädigungsforderungen gestellt werden, und bereits abgebaute durch die dabei entstandenen Hohlräume eine Ursache für das Entstehen von Tagebrüchen oder Senkungen der Bahn bilden. Selbst die Durchscheidung von in der Nähe von Ziegeleien liegenden Ton- und Lehmfeldern veranlafst oft sehr hohe Entschädigungsforderungen seitens der Besitzer.

Wertvoll ist es dagegen, wenn man die Bahn in der Nähe von Gewinnungsorten von Baustoffen, Holz, Bausteinen und namentlich von zur Bettung geeignetem Schotter oder Kiese führen kann; auch ist es wichtig, Quellen für Speisewasser der Lokomotiven in der Nähe der Bahn zu haben. Der entwerfende Ingenieur mufs also auch hierauf sein Augenmerk richten.

1. δ) Krümmung und Steigung.

Für den Betrieb ist gerade und wagerechte Lage der Bahn erwünscht, weil Krümmungen und Steigungen den Widerstand der Züge vergrösern, die zur Beförderung des Zuges aufzuwendenden Kosten also erhöhen[24]). Eine Bahn auf grösere Länge wirklich so zu legen, wird indes selbst in einer Ebene fast nie möglich sein, weil die Lage der Zwischenstationen, Wasserläufe, Eisenbahnen, Ortschaften und wertvolleren Grundstücke häufig die Einlegung von Krümmungen und Steigungen bedingen. S. Moskau – Petersburg.

δ. A. Krümmungen.

Die Krümmungen einer Bahn werden mit seltenen Ausnahmen wegen der Einfachheit in der Berechnung und der Zeichnung kreisförmig gestaltet und durch Angabe des Halbmessers in Metern bezeichnet. Wenn man mit einem einheitlichen Kreisbogen nicht die erwünschte Lage der Bahn zur Bodengestaltung erhält, so wendet man Korbbogen an[25]), bei denen man zwei Bogen gleichen Sinnes nicht durch eine kurze Zwischengrade sondern, wenn der Abstand zwischen beiden Krümmungen nicht mindestens 40 m wird, unmittelbar aneinander schliefsen soll, weil sonst die in den Krümmungen nötige Überhöhung der äufsern Schiene in der Zwischengeraden[26]) unterbrochen und so mehrfaches Schwanken des Zuges auf kurze Entfernung herbeigeführt wird. Zwischen Krümmungen entgegengesetzten Sinnes soll nach den T. V. eine Zwischengerade von mindestens 10 m Länge gelegt werden, es empfiehlt sich aber sehr, diese länger zu wählen. In der B. O. 7 ist für Nebenbahnen dasselbe Mafs, für Hauptbahnen 30 m festgesetzt. Für die preufsisch-hessischen Staatsbahnen ist bestimmt, dafs die Halbmesser von Gegen-

[24]) Band I. 2. Auflage, S. 63.
[25]) Vergl. Organ 1897, S. 178; 1899, S. 265.
[26]) Abschnitt B I.

Krümmungen der Hauptgleise bei Bahnen mit Schnellzügen nicht unter 500 angenommen, und die Zwischengeraden womöglich 50 m, mindestens aber 30 m lang gewählt werden sollen.

Die äufsere Schiene soll in den Krümmungen der Fliehkraft wegen höher gelegt werden, als die innere. Bezeichnet man die Fliehkraft mit C^{kg}, die Spurweite des Gleises mit s^m, den Bogenhalbmesser mit r^m, das Wagengewicht mit Q^{kg}, die Geschwindigkeit mit $v^{m/Sek.}$ und die Erdbeschleunigung mit $g^{m/Sek.^2}$, so mufs die Überhöhung h^m betragen:

Gl. 1) . . . . . $h^m = \frac{C^{kg}}{Q^{kg}} \cdot s^m = \frac{s^m \, (v^{m/Sek.})^2}{g^{m\,Sek.^2} \, r^m}$.

Die aus dieser theoretischen Formel ermittelte Überhöhung wird aber vielfach für zu grofs gehalten, und daher bei der Ausführung ermäfsigt. Bei den preufsisch-hessischen Staatsbahnen ist die Formel

Gl. 2) . . . . . $h^{mm} = 500 \cdot \frac{V^{km\,St.}}{r^m}$

eingeführt, worin V die Geschwindigkeit bedeutet.

Die Überhöhung soll im Anfangspunkte des Kreisbogens voll vorhanden sein und auf eine Länge auslaufen, die in Deutschland nach der B. O. 10 mindestens das 300fache der Höhe beträgt, während nach den T. V. 7 eine Rampenneigung von 1 : 200 genügt. Man benutzt diese Überhöhungsrampe zugleich, um den Übergang von der Geraden in den Bogen allmälig stattfinden zu lassen, indem man einen Übergangsbogen einlegt, der je zur Hälfte in die Gerade und in den Kreisbogen fällt und dessen Halbmesser von der Geraden bis zum Kreisbogen allmälig von $\varrho = \infty$ auf $\varrho = r$ abnimmt, so dafs sich der Übergangsbogen der Geraden und dem Kreisbogen ohne Knick anschliefst. Man erhält also für den Krümmungshalbmesser die Beziehung

Gl. 3) . . . . . $\varrho^m = \frac{s^m \, (v^{m/Sek.})^2}{g^{m\,Sek.^2} \, h_u^m}$

worin h_u die stetig zunehmende Überhöhung im Übergangsbogen ist. Beim Übergange aus einem flachern in einen schärfern Kreisbogen verteilt sich die Übergangslänge $l = l_R - l_r$ ebenso zu gleichen Hälften beiderseits des Übergangspunktes, der kleine Halbmesser wird um ein Geringes verkleinert und der Übergangsbogen von der 300fachen Länge des Überhöhungs-Unterschiedes in beiden Kreisbögen geht von $\varrho = R$ zu $\varrho = r$ stetig über.

Für den Übergangsbogen gilt annähernd die Gleichung

Gl. 4) . . . . . $y^m = \frac{1}{6P} (x^m)^3$

er ist also eine kubische Parabel, deren Parameter P je nach der Geschwindigkeit der die Strecke befahrenden Züge anzunehmen ist. Für Hauptbahnen wählt man ihn zwischen 10000 und 24000, meist zu 12000, für Nebenbahnen zwischen 6000 und 10000, bei Kleinbahnen geht man bis auf 2000 herab.

Für die Einfügung eines solchen Bogens zwischen die Gerade und den Kreisbogen mufs man entweder die Gerade um das Mafs

Gl. 5) . . . . . $m^m = \frac{1}{24P} (l^m)^3 = \frac{P^2}{24} \cdot \frac{1}{(r^m)^3}$, da $l^m = \frac{P}{r^m}$ ist,

nach aufsen verschieben, oder den Krümmungshalbmesser des Kreisbogens bei unverändeter Lage des Mittelpunktes und der Geraden um dieses Mafs verkleinern.

Eine Verschiebung der anschliefsenden Geraden ist nicht erwünscht, da in diesem Falle bei Nachbarbogen verschiedenen Sinnes, oder verschiedener Halbmesser bei gleichem Sinne eine Verdrehung der Geraden bedingt wird; es ist daher einfacher den Halbmesser zu verkleinern.

Bei Bogen über 1000 m Halbmesser pflegt man überhaupt keine Übergangsbogen einzulegen, da ihre Abweichung vom Kreise nur gering ist, bei Bogen von 600 m Halbmesser und mehr fällt die Abweichung auch noch so gering aus, dafs es nicht nötig ist, sie schon bei Herstellung des Bahnkörpers zu berücksichtigen. Erst bei kleineren Halbmessern mufs man die erforderlichen Verschiebungen schon bei den Vorarbeiten in Betracht ziehen, also auch die Länge der zwischen den Kreisbogen anzuordnenden Zwischengeraden entsprechend länger, als die halbe Summe der beiden Übergangsbogen nehmen (S. 3).

δ. B. Steigungen.

Die Steigung einer Bahn bezeichnet man in Verhältniszahlen (1 : 40), oder in Bruchform ($^1/_{40}$), oder als Dezimalbruch der Länge (0,025) oder am besten in Tausendsteln der Länge (25 ‰), sonst auch wohl in mm Steigung auf 1 m Länge ($25^{\text{mm/m}}$).

Sie mufs bei allen Bahnen möglichst klein gehalten werden, da die erforderliche Zugkraft mit ihrem Wachsen wesentlich erhöht wird. Starke Steigungen erfordern schwere, oder eine gröfsere Zahl von Lokomotiven. Damit steigert sich das Mafs der toten Last im Gewichte der Lokomotiven und Tender, und die Schienenabnutzung; mehr Lokomotivschuppen werden erforderlich, das zweite Gleis mufs wegen Vermehrung der Züge früher gebaut werden.

Beim Entwerfen einer Bahn hat man vor allen Dingen die mafsgebende Steigung festzustellen.

Unter dieser versteht man die gröfste in der Geraden nach den zu erwartenden Betriebsverhältnissen zulässige und anzuwendende Steigung. Man kann sie entweder auf Grund später anzugebender Formeln aus der Gröfse der zu befördernden Lasten, der Zahl der zu fahrenden Züge und der Stärke der zu beschaffenden Lokomotiven berechnen, oder aus dem Unterschiede der Höhenlage des tiefsten und des höchsten Punktes und der zunächst überschläglich zu ermittelnden Länge der Bahn zwischen diesen Punkten feststellen. Wechselt die Steigung zwischen verschiedenen mit der Bahn zu berührenden Punkten sehr stark, so kann die Linie auch in mehrere Strecken eingeteilt werden, für deren jede eine besondere mafsgebende Steigung zu ermitteln ist.

Das so ermittelte Steigungsverhältnis darf auf der betreffenden Strecke, abgesehen von kurzen Längen, die durch das Beharrungsvermögen des Zuges, durch „Anlauf“, überwunden werden können, nicht überschritten werden, mufs vielmehr in langen und scharfen Krümmungen wegen des dort gröfsern Widerstandes noch ermäfsigt werden (S. 31). Auch in längeren Tunneln, wo die Feuchtigkeit die Reibungsziffer für die Triebräder, die bei trocknen Schiene zu $^1/_5$ bis $^1/_7$ anzunehmen ist, auf $^1/_8$ und selbst auf $^1/_{10}$ vermindert, mufs die Steigung auch in der Geraden entsprechend flacher gewählt werden. Bei der Gotthard-Bahn hat man die durchschnittliche Steigung in Tunneln von mehr als 500 m Länge von 25 ‰ auf 22 ‰ ermäfsigt.

Schädliche und unschädliche Steigungen. Da der aus Steigungen entspringende Widerstand in umgekehrter Richtung fördernd auf den Zug wirkt, so wird der Mehraufwand für die Bergfahrt für den Fall, dafs die in beiden Richtungen über die Bahn zu befördernden Lasten nahezu gleich sind, bei der Talfahrt wieder gewonnen. Ist aber die Neigung so stark, dafs bei der Talfahrt gebremst werden mufs, so kann das nicht ausgenutzt werden. Solche Steigungen nennt man daher „schädliche", während die flacheren, deren Verhältnis gleich oder kleiner, als die Widerstandszahl ist, als „unschädliche" bezeichnet werden.

In Krümmungen kann das Gefälle um die der Krümmung entsprechende Widerstandsziffer stärker sein, ohne schädlich zu werden. Bei der Talfahrt auf schädlicher Neigung kann der für Krümmungen erforderliche Mehraufwand an Zugkraft von dem abgebremsten Überschusse an Schwerkraft bestritten werden, was in unschädlichen Steigungen nicht der Fall ist. Das Durchfahren von Krümmungen verursacht also auf unschädlichen Steigungen in beiden Richtungen auf schädlichen nur bei der Bergfahrt Mehrkosten, ist daher in ersterm Falle doppelt so teuer, als in letzterm. Krümmungen sind daher bei Gebirgsbahnen weniger zu scheuen als bei Flachlandbahnen.

Ist der Verkehr in einer Richtung erheblich gröfser, als in der andern, wie dies beispielsweise bei Anschlufsbahnen vorkommt, so sind alle in der Hauptrichtung des Verkehres ansteigenden Strecken schädlich, alle fallenden aber nicht allein unschädlich, sondern sogar billiger im Betriebe, als eine wagerechte Bahn, sobald die Bremsneigung nicht überschritten wird.

Verlorenes Gefälle. Verlorene Gefälle oder Steigungen nennt man die, welche durch dahinter anzulegende Steigungen oder Gefälle wieder aufgehoben werden.

Bei Flachlandbahnen hat man schädliche Steigungen, wenn sie nicht so kurz sind, dafs sie durch Anlauf genommen werden können, vor allem zu vermeiden, dagegen braucht man verlorene Gefälle nicht besonders zu fürchten, falls sie unter der Bremsneigung bleiben. Bei Gebirgsbahnen, bei denen meist eine künstliche Verlängerung zur Herabminderung der in der kürzesten Linie möglichen Steigung auf die mafsgebende erforderlich ist, mufs indes jedes verlorene Gefälle vermieden werden, weil es einen Höhen- und Längenverlust herbeiführt. Ebenso macht jedes Herabgehen unter den mafsgebenden, noch über der Bremsneigung liegenden Wert des Steigungsverhältnisses eine gröfsere Längenentwickelung nötig, ohne dafs dadurch Vorteile für die Betriebsleistung gewonnen würden, ist daher zu vermeiden, wenn nicht anderweite ins Gewicht fallende Verbesserungen oder Ersparnisse dadurch erzielt werden.

Launhardt[27]) stellt folgenden Satz auf und beweist ihn mathematisch: „Eine Bahn hat auf einer bestimmten Längenerstreckung keine verlorene Steigung, wenn in ihr entweder ausnahmslos unschädliche Steigungen vorkommen, gleichgültig in welcher Richtung sie ansteigen, oder wenn in ihr ausnahmslos schädliche Steigungen vorkommen, welche alle in derselben Richtung ansteigen". Da man aber nicht leicht einen Lokomotivführer finden dürfte, der die Heizung der Lokomotive und die Dampfzuströmung in den Zylinder so genau regelt, dafs sie den auf der Bahn vorhandenen Steigungen und Gefällen genau entsprechen, so

[27]) Launhardt, Theorie des Trassierens. Heft II. S. 169.

dürfte es bei Gebirgsbahnen doch zweckmäfsig sein, möglichst alle verlorenen Gefälle zu vermeiden und die ganze Strecke tunlichst mit der mafsgebenden Steigung anzulegen.

δ. C. Widerstände der Züge in Steigungen und Krümmungen.

Die Gröfse der Zugkraft zur Bewegung auf wagerechter Bahn hängt ab von den Reibungswiderständen der gleitenden Teile an den Lokomotiven, von den Widerständen der rollenden Reibung der Räder von Lokomotiven und Wagen auf den Schienen, hauptsächlich aber von der Geschwindigkeit, mit der die Bewegung erfolgt. Die ersteren sind von der Bauart der Fahrzeuge abhängig und können nur durch Versuche festgestellt werden, die letzteren sind von der Fläche abhängig, die der Zug der Bewegungsrichtung rechtwinkelig entgegensetzt, und steigen nach physikalischem Gesetze innerhalb gewisser Grenzen mit dem Quadrate der Geschwindigkeit der Bewegung. Auf Grund von Versuchen sind eine grofse Menge von Formeln für diese Widerstände aufgestellt[28]). Als vielfach benutzte Formeln zu ihrer Bestimmung sind die von Clark[29]) und die von Frank[30]) bereits angegeben.

Launhardt[31]) entwickelt für die Widerstandsziffer auf gerader und wagerechter Bahn die Formel:

Gl. 6) . . . . . $w^{t/t} = 0{,}0028 + 0{,}000016\ (v^{m/Sek.})^2$

und setzt

$w = 0{,}0036$ für Güterzüge bei $v = 7^{m/Sek.}$
$w = 0{,}0055$ für Personenzüge bei $v = 13^{m/Sek.}$
$w = 0{,}008$ für Schnellzüge bei $v = 18^{m/Sek.}$.

Der Widerstand in Steigungen wächst mit dem Sinus des Steigungswinkels, kann aber der leichtern Rechnung wegen bis zu sehr starken Steigungen hinauf einfacher durch die Tangente dieses Winkels ausgedrückt werden und wird fast allgemein so festgestellt[32]).

Versuche zur Ermittelung des Widerstandes in den Krümmungen sind von v. Röckl bei den bayerischen Staatsbahnen[33]), von Jähns bei der rheinischen Bahn[34]), von Hoffmann bei den sächsischen Staatsbahnen[35]) und anderen angestellt[36]). Die Formel von v. Röckl[37]) nimmt zwar keine Rücksicht auf den Achsstand der Wagen und auf die Geschwindigkeit der Züge, welche Einfluſs auf den Widerstand haben; sie stimmt aber für die bei den vollspurigen Eisenbahnen vorkommenden mittleren Geschwindigkeiten und Krümmungen gut mit anderen Angaben überein, so mit der von Boedeker[38]) aufgestellten Formel für

---

28) S. Gostowski, Mechanik des Zugverkehres. Wien 1891. S. 86.
29) Band I, 2. Auflage, S. 63.
30) Band I, 2. Auflage, S. 65. Organ 1883. Heft 1—3.
31) Theorie des Trassierens. Heft 2. S. 36.
32) Band I, 2. Auflage, S. 67.
33) Zeitschrift für Baukunde. 1880. S. 542.
34) Organ 1885. S. 39.
35) Organ 1885. S. 204.
36) In Band I, S. 47 Gl. 4 u. 5 mufs im Zähler statt 0,65 650 stehen.
37) In Band I, 2. Auflage, S. 67. Gl. 17).
38) Boedeker, Wirkungen zwischen Rad und Schiene. Hannover 1887. Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereines zu Hannover. 1887. S. 406.

die Widerstandsziffer eines Wagens von 4 m Achsstand in einer Krümmung von Halbmesser R, welche lautet

Gl. 7) . . . . . $w^{t/t} = \frac{0{,}85938}{R^m} - \frac{\sigma^{mm}}{134}$,

worin σ den Spielraum der Radflanschen zwischen den Schienenköpfen bezeichnet.

Ebenso gibt sie in gewissen Grenzen fast gleiche Werte mit der von Scheffler für die braunschweigischen Eisenbahnen angewandten Rechnungsart, nach welcher in einer Krümmung vom Halbmesser r das Steigungsverhältnis um

Gl. 8) . . . . . $\frac{1}{1{,}31\ r^m}$

abgeflacht werden mufs, damit der Zugwiderstand in der krummen Steigung nicht stärker wird, als in der geraden.

Hoffmann stellte auf Grund sehr ausgedehnter Versuche bei den sächsischen Staatsbahnen für den Widerstand von 1 t Gewicht eines Wagens des Achsstandes a^m im Bogen des Halbmessers R^m die Formel

Gl. 9) . . . . . $w_c{}^{kg/t} = 21\ \frac{4\,a^m + (a^m)^2}{R^m - 45}$

auf. Auch diese Formel gibt mit der v. Röckl'schen ziemliche Übereinstimmung.

Bei einem Teile der von der frühern rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft entworfenen Bahnen, so bei den Westerwaldbahnen, ist die Summe der Widerstände aus den verschiedenen Ursachen nach folgender Formel ermittelt:

Gl. 10) . $Z^{kg} = \left(2{,}3 + 0{,}06\ V^{km/St.} + 0{,}006\ \frac{S^{qm}(V^{km/St.})^2}{P^t} + \frac{1000}{E^m} + Y^{kg/t}\right) P^t$

Gl. 11) . . . . $P_1^t = \frac{Z^{kg} - 0{,}006\ S^{qm}\ (V^{km/St.})^2}{2{,}3 + 0{,}05\ V^{km/St.} + \frac{1000 + Y^{kg/t}}{E^m}} - 50.$

Darin ist:

P^t das ganze Gewicht des Zuges, P_1^t das Wagengewicht, Z^{kg} die Summe der Widerstände des ganzen Zuges, $V^{km/St.}$ die Fahrgeschwindigkeit, S^{qm} die Stirnfläche des Zuges (= 5 qm), E^m die Länge der Rampe, auf der 1 m erstiegen wird, $Y^{kg/t}$ ein von der Geschwindigkeit nahezu unabhängiger Widerstand, welchen 1 t Zuggewicht im Bogen erfährt.

Menne und Dörenberger haben nach dieser Formel die Leistungsfähigkeit einer Güterzuglokomotive von 50 t Gewicht und 38570 kg Reibungsgewicht für Steigungen von 1,6 bis 100 ‰ zeichnerisch dargestellt[39]).

Unter Berücksichtigung des Umstandes, dafs der Widerstand in den Krümmungen bei den Zügen beider Fahrrichtungen der Zugkraft entgegenwirkt, während der Widerstand in den Steigungen für die abwärts fahrenden Züge fördernd wirkt, kann die Summe der Widerstände eines Zuges für 1 t Zuggewicht unter Benutzung der v. Röcklschen Formel überschläglich nach folgendem Ausdrucke berechnet werden:

Gl. 12) . . . . . $w^{kg/t} = 24 + \frac{(V^{km/St.})^2}{1000} \pm s^{‰} + \frac{650{,}4}{R^m - 55}$.

---

[39]) Ernst und Korn, Berlin 1875.

In neuerer Zeit hat man den Widerstand durch Einführung von Lenkachsen und Drehgestellen sowie durch Schmierung der Schienen mit Graphit oder Wasser[40]). wesentlich ermäfsigt. Daher sind neuere Versuche in Amerika, Frankreich und Deutschland angestellt, nach deren Ergebnissen folgende Formeln aufgestellt sind[41]):

von Barnes

Gl. 13) . . . . . $w^{kg/t} = 2 + 0{,}0495\ V^{km/St.}$

von Barbier

Gl. 14) . . . $w^{kg/t} = 1{,}6 + 0{,}46\ V^{km/St.} \frac{(V^{km/St.} + 50)}{1000}$ für zweiachsige Wagen,

Gl. 15) . . . $w^{kg/t} = 1{,}6 + 0{,}456\ V^{km/St.} \frac{(V^{km/St.} + 10)}{1000}$ für Drehgestellwagen,

von v. Borries

Gl. 16) . . . . . $w^{kg/t} = 1{,}6 + 0{,}3\ V^{km/St.} \frac{(V^{km/St.} + 50)}{1000}$,

von Crawford

Gl. 17) $w^{kg/t} = 1{,}25 + 00041\ (V^{km/St.})^2$ für vierachsige Wagen mit Drehgestellen.

Für Schmalspurbahnen sind noch nicht viele Versuche angestellt.

Hoffmann gibt auf Grund der bei den sächsischen Staatsbahnen mit 0,75^m Spur angestellten Versuche die Formel:

Gl. 18) . . . . . $w_c^{kg/t} = \frac{40\,a^m + 0{,}4\,R^m}{R^m}$,

worin die Bezeichnung wie in Gl. 9) gewählt ist. Bei diesen Versuchen waren aber alle Wagen mit Lenkachsen versehen, man wird diese Formel daher nur in ähnlichen Fällen anwenden dürfen.

Für den Vergleich des Widerstandes bei verschiedenen Spurweiten gibt Haarmann in seinem Werke „Die Kleinbahnen“ die Zusammenstellung VI, die immerhin als allgemeiner Anhalt dienen kann, obgleich es noch an Versuchen über ihre Zuverlässigkeit fehlt[42]).

Zusammenstellung VI.

Spurweite	Die Widerstandszahl beträgt			
	auf gerader, wagerechter Bahn		in Bogen	in Neigungen
mm	Wagenwiderstand kg/t	Lokomotivwiderstand kg/t	kg/t	kg/t
1435	$1{,}5 + 0{,}0010\ V^2$	$4\sqrt{k} + 0{,}0020\ V^2$	$+ \frac{600}{r-50}$[43])	$\pm s\,‰$
1000	$1{,}7 + 0{,}0013\ V^2$	$4\sqrt{k} + 0{,}0025\ V^2$	$+ \frac{400}{r-25}$	$\pm s\,‰$
750	$2{,}0 + 0{,}0015\ V^2$	$4\sqrt{k} + 0{,}0030\ V^2$	$+ \frac{300}{r-10}$	$\pm s\,‰$
600	$2{,}2 + 0{,}0017\ V^2$	$4\sqrt{k} + 0{,}0035\ V^2$	$+ \frac{200}{r-5}$	$\pm s\,‰$

40) Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen 1895. Nr. 90.

41) Organ 1902. S. 188.

42) „Hütte“ 15. Auflage. Bd. II, S. 31.

43) Für Hauptbahnen. Für Nebenbahnen $\frac{500}{r-30}$

Darin bedeutet:

$V^{km/St.}$ die Geschwindigkeit,

r^{m} den Halbmesser der Bogen,

$s\,^0/_{00}$ die Neigung,

k die Anzahl der starr gekuppelten Triebachsen der Lokomotiven.

Diese Angaben erscheinen besonders bezüglich der Lokomotiven der neueren Bauarten zu hoch; vom Dr. Ing. O. Blum werden dafür folgende Ausdrücke aufgestellt[44]):

Gl. 19) . . . . . bei 1,435^m Spur ist $w_l = 3\sqrt{k} + 0{,}0015\,V^2$.

Gl. 20) . . . . . bei 1,000^m „ ist $w_l = 3\sqrt{k} + 0{,}002\,V^2$.

Gl. 21) . . . . . bei 0,750^m „ ist $w_l = 3\sqrt{k} + 0{,}0025\,V^2$.

Der Widerstand von reinen Zahnradlokomotiven ist aber erheblich gröfser, als ihn diese Formeln angeben. Er wird in der Regel zu $24\,^0/_{00}$ des Gewichtes angegeben, genaue Untersuchungen fehlen noch. Der Widerstand eines Zuges auf Bergbahnen[45]) kann zu etwa $15\,^0/_{00}$ angenommen werden.

Für Lokomotiven mit gemischtem Antriebe[46]) ist der zusätzliche Widerstand nach O. Blum etwa zu $3\,^0/_{00}$ anzusetzen, so dafs man erhält:

Gl. 22) . . bei 2 Triebachsen der Reibungslokomotive $w_l = 3\sqrt{2} + 3 = 7{,}3$ kg/t.

Gl. 23) . . „ 3 „ „ „ $w_l = 3\sqrt{3} + 3 = 8{,}2$ kg/t.

Gl. 24) . . „ 4 „ „ „ $w_l = 3\sqrt{4} + 3 = 9{,}0$ kg/t.

Beispiele für die Benutzung dieser Formeln zur Berechnung der Lokomotivleistungen finden sich in Band I, 2. Auflage, S. 68 und 79, insbesondere ist noch auf die Textabbildung 73 Band I, 2. Auflage, S. 54 zu verweisen, die eine einfache Ermittelung der Widerstände gestattet. Bezüglich der Berechnung von Zahnradlokomotiven wird auf Band IV, 1. Auflage, Abschnitt A und D verwiesen.

1. ε) Die Lage der Bahn zu den berührten Wegen.

Die durchschnittenen Wege sind, soweit sie nicht ganz abgeschnitten werden können, entweder in Schienenhöhe in Wege-Übergängen, oder in Unter- oder Überführungen unter oder über der Bahn hinwegzuführen, worüber in Abschnitt A. V. das Nähere mitgeteilt werden werden wird. Hier sei nur bemerkt, dafs die den Wegen und Bauwerken zu gebende Breite nach der Bedeutung der Wege auf 3 bis 7,5 m eingeschränkt werden kann. Nur in Städten werden gröfsere Weiten erforderlich. Auch die Höhe der Wege-Unterführungen ist nach der Bedeutung der Wege zu bemessen und schwankt bei Fahrwegen zwischen 3 m und 4,4 m auf etwa 3 m benutzbare Breite. Die lichte Weite und Höhe von Wege-Überführungen mufs sich nach der für die betreffende Bahn festgesetzten Umgrenzung des lichten Raumes richten. Wege-Übergänge erhalten womöglich beiderseits der Gleise eine kurze wagerechte Strecke, um das Halten von Fuhrwerken vor ihnen zu erleichtern; den Zugangsrampen gibt man die der Bedeutung der Wege und den örtlichen Verhältnissen und Gewohnheiten entsprechende Steigung.

---

[44]) Doktor-Dissertation von O. Blum, Zeitschrift für Bauwesen, 1903, S. 515.

[45]) Vergleiche Dolezalek, Band IV, 1. Auflage, Abschnitt A, S. 119.

[46]) „ „ „ „ „ „ „ „ S. 161.

Um den Kreuzungswinkel zwischen Bahn und Weg nicht unter 30° sinken zu lassen (T. V. 18), sind oft Wege-Verlegungen und gekrümmte Zuführungen nötig. Auch diese Krümmungen müssen sich nach der Bedeutung der Wege und den örtlichen Verhältnissen richten, wobei besonders die Beförderung von Langholz in Betracht zu ziehen ist.

Im Anschlusse an die über oder unter der Bahn herzuführenden Wege sind häufig Seitenwege herzustellen, die den Zweck haben, die von dem bisherigen Zufuhrwege abgeschnittenen Ländereien zugänglich zu machen, aber auch oft zur Vereinigung mehrerer Wege in gemeinschaftlicher Überführung an einer Stelle dienen. Die Breite solcher Wege bestimmt sich nach den durch sie zu ersetzenden Wegen, wobei bei mehreren der breiteste maßgebend ist. Für einfache Feldwege genügt eine Breite von 3 bis 5 m, wenn sie nicht gleichzeitig als Viehtrift dienen, in welchem Falle sie entsprechend breiter angelegt werden müssen.

Bei Neben- und Kleinbahnen kann man zuweilen auch Wege, die in der ungefähren Richtung der Bahn liegen, als Bahnkörper benutzen, so daß sie nur mit dem Oberbau zu belegen sind. Man spart bei dieser Anordnung Grunderwerb und besondere Zuwegungen zu den Ladestellen, auch kann man die Bahnen auf den Straßen leicht bis in das Herz der Ortschaften führen, wodurch meist lebhaftere Benutzung der Bahn und schnellere Entwickelung des Verkehres begünstigt wird.

Bei derartiger Benutzung öffentlicher Straßen zur Anlage von Bahnen wird man aber die Geschwindigkeit der Züge auf 20 km/St. einschränken müssen, falls der für den Bahnkörper benutzte Teil der Straße nicht durch Gräben, Einfriedigungen, Baumreihen oder ähnliche Mittel von dem andern Teile abgetrennt wird. Ferner soll das Eisenbahngleis in solchen Fällen in der Regel auf einer Seite angeordnet werden, so daß ein möglichst breiter Teil für den Verkehr des Landfuhrwerkes frei bleibt. Dieser letztere Teil braucht aber nur ausnahmsweise so breit belassen zu werden, daß zwei Fuhrwerke neben dem Zuge an einander vorbeifahren können, wenn der Bahnstreifen für Landfuhrwerk benutzbar ist. Neben den am meisten ausladenden Teilen der Lokomotiven und Eisenbahnwagen genügt eine Straßenbreite von 4 m. Ist dagegen der von der Bahn in Anspruch genommene Raum für Landfuhrwerk nicht benutzbar, so muß die für das letztere verfügbare Wegebreite zwischen dem Punkte, bis zu welchem sich das Rad eines Landfuhrwerkes dem Gleise nähern kann und der Begrenzung des Weges auf der der Bahn abgewendeten Seite ungefähr 6 m betragen.

Bei Durchführung der Bahn durch Ortschaften wird das Gleis zweckmäßig möglichst in die Mitte der Straße gelegt, doch soll dabei auf jeder Seite des Bahnzuges zur Benutzung für Landfuhrwerk eine Breite von 4 m zwischen den am weitesten ausladenden Teilen der Fahrzeuge und der Begrenzung des freien Raumes der Straße bleiben. Hierzu ist also bei Vollspurbahnen eine Straßenbreite von $3{,}15 + 2.4 = 11{,}15$ m Breite erforderlich. Wenn diese Breite nicht vorhanden ist, so legt man das Gleis besser auf eine Seite der Straße, wofür eine Breite von 7,7 m ausreichend erscheint. Die Benutzung so enger Straßen durch Bahnen ist aber nur auf kürzere Strecken zulässig, die etwa durch vorspringende Gebäude, Zäune oder dergleichen eingeschränkt sind. Die Anlage vollspuriger Bahnen auf Straßen ist also nur bei einer erheblichen Breite möglich.

Hierzu kommt noch, daß man bei Benutzung der Straßen sehr oft genötigt ist, die in diesen vorhandenen starken Steigungen und Krümmungen für die Bahn

anzunehmen, die bei Herstellung eines eigenen Bahnkörpers vermieden werden könnten. Dadurch werden aber die Betriebskosten erhöht, auch steigen diese zuweilen durch das auf der Strafse gebotene Langsamfahren und endlich wächst die Gefahr der Zusammenstöfse und des Überfahrens. Selbst Feuersgefahr entsteht bei Lage der Bahn auf der Strafse leicht durch das Auswerfen von Funken aus dem Schornsteine oder durch Herausfallen glühender Kohlen aus dem Aschenkasten, wenn sie der Wind gegen die Gebäude treibt. Sind an der Strafse stehende Bäume zu beseitigen, um Raum für die Bahn zu erhalten, so kosten diese auch häufig mehr, als der für eine Bahn erforderliche Geländestreifen, also wird dann auch an Grunderwerb nichts gespart.

Deshalb ist man neuerdings mehr von der Benutzung der Strafsen zurückgekommen und stellt einen eigenen Bahnkörper her, legt diesen aber zur Vermeidung von Durchschneidungen der Grundstücke dicht neben die Strafse, so dafs Strafse und Bahn nur durch einen Graben oder durch eine Baumreihe getrennt sind. Man ist dann von den Steigungen und Krümmungen der Strafse nicht mehr in dem Mafse abhängig, wie im ersten Falle. Man mufs zwar versuchen, an den Stellen, wo Wege von der Strafse abzweigen, oder wo Zufahrten zu Grundstücken neben der Strafse liegen, die Schienen-Oberkante annähernd in die Höhe der Strafsenkrone zu bringen; wenn dies indes an einzelnen Stellen mit den zulässigen Steigungs-Verhältnissen nicht gelingt, so kann man entweder diese Zufahrten an andere Stellen der betreffenden Grundstücke verschieben, wo Bahn und Strafse annähernd in gleiche Höhe zu liegen kommen, oder man legt einen Seitenweg auf der von der Strafse abgewandten Seite der Bahn von dem abgeschnittenen Grundstücke bis zu einem in der Nähe befindlichen Übergange an.

Grofse Unterschiede in der Höhenlage der Bahn gegen die Strafse darf man bei unmittelbarer Nebeneinanderlage beider allerdings nicht einführen, weil sonst zu fürchten ist, dafs die höher liegende Strafse für die niedriger liegende Schneeverwehungen verursacht. Sehr zweckmäfsig wird man eine Bahnlinie in gröfseren Waldbezirken neben vorhandene Strafsen legen, weil man dann keinen neuen Durchbruch durch den Wald anzulegen braucht, der leicht Veranlassung zu Windbrüchen gibt. Im Walde ist man auch mit der Höhenlage der Bahn nicht so ängstlich an die der Strafse gebunden, weil einerseits meist nicht so viele Zufahrten zu dem anstofsenden Gelände vorhanden sind, und weil anderseits Schneewehen dort nicht leicht stattfinden. Die Strafse bildet dann auch gleichzeitig nach der einen Seite hin einen Schutzstreifen, den man wenigstens in Nadelholz-Waldungen gegen Feuersgefahr dringend nötig hat.

1. ζ) Die Lage der Bahn zum Wasser.

Aufserordentlich wichtig für den sichern Bestand des Bahnkörpers, für feste Gleislage und damit für die Höhe der Unterhaltungskosten ist die Trockenhaltung der Bahn. Nach B. O. 8 und T. V. 32 soll die Schienenunterkante aufser bei Bahnstrecken in eingedeichtem Lande in der Regel mindestens 600 mm über den bekannten höchsten Wasserstand gelegt werden. Auch mufs man die Berührung von quelligem und moorigem Gelände bei der Führung der Linie möglichst vermeiden oder doch den Untergrund möglichst entwässern, oder die Wasserzuflüsse zu der Bahn abschneiden oder ableiten, oder für unschädliche Durch-

führung der Wasserläufe durch die Bahn sorgen. Zu diesem Zwecke ist alles Tagewasser, das auf die Bahn fällt, oder von höher gelegenem Gelände darauf fliefst, auf möglichst kurzem Wege und möglichst an denselben Stellen, wo es bisher abgeflossen ist, abzuleiten, weil durch anderweite Abführung leicht Beschwerden der Besitzer der Vorflut-Grundstücke hervorgerufen werden. Jedenfalls mufs man Sorge tragen, dafs oberhalb der Bahn kein Stau des Wassers entsteht, der geeignet ist, den Bahnkörper aufzuweichen oder gar die Bettung zu verschlammen. Daher mufs eine genügende Zahl von Brücken und Durchlässen ausreichender Weite angelegt werden.

In angebauten Gegenden wird man für diese Weiten meistens einen Anhalt an bereits vorhandenen Durchlässen und Brücken in den benachbarten Wegen finden. Der Ingenieur hat daher bei Ausführung der Vorarbeiten die oberhalb und unterhalb der Bahn in den Wegen liegenden Brücken und Durchlässe aufzunehmen, und Erkundigungen über die bei Hochwasser an diesen gemachten Erfahrungen einzuziehen. Solche Ermittelungen werden bei Berücksichtigung der Lage oberhalb oder unterhalb der Bahn und Beachtung etwaiger Zuflüsse zwischen beiden zur Feststellung der Brückenweiten genügen. Dabei ist aber zu beachten, dafs an eine Eisenbahn im Allgemeinen bezüglich der hochwasserfreien Lage und der dauernd sichern Erhaltung ihres Bestandes höhere Anforderungen zu stellen sind, als an Strafsen und Wege, weil die durch die Bahn zu vermittelnden Verkehrsbeziehungen von höherer Bedeutung sind, als die des Strafsenverkehres; auch haben der Bahnkörper und die in ihm enthaltenen Bauwerke sehwerere Lasten zu tragen und gröfsere Erschütterungen auszuhalten, als Strafsen-Körper und -Bauwerke. Sind keine älteren Durchlässe oder Brücken in der Nähe der Bahnkreuzung mit dem betreffenden Wasserlaufe vorhanden, so mufs man die erforderliche Weite der Bauwerke durch weitläufigere Untersuchungen festzustellen suchen und nach Bedarf das Niederschlagsgebiet und die Abflufsmenge und Stromgeschwindigkeit ermitteln [47]).

Auch bei Überschreitung von Flüssen und Strömen ist die gröfsere Wichtigkeit einer Eisenbahn gegenüber anderen Verkehrswegen sorgfältig zu beachten und in der Regel auch auf militärische Anforderungen Rücksicht zu nehmen.

Zur Vermeidung wiederholter Übergänge wird man bei einer Eisenbahn in höherm Mafse, als bei Wegen, bei welchen die nötige Verbindung mit den anstofsenden Feldern oft hinderlich sein kann, den wiederholt zu schneidenden Wasserlauf auch streckenweise auf eine Seite der Bahn verlegen können und dadurch die Anlage von Brücken sparen. Dagegen fordert ein solches Verfahren mehr Grunderwerb und gröfsere Erdarbeiten; auch ist zu berücksichtigen, dafs Durchlässe zur Abführung des Tagewassers von der von dem Wasserlaufe abzuschneidenden Seite der Bahn erforderlich werden.

Die Überschreitung grofser Ströme findet zuweilen behufs Ersparung von Kosten für eine Brücke bei der ersten Bauanlage durch Dampffähren [48]) statt, wodurch sich die Betriebskosten allerdings erheblich steigern.

---

[47]) Röll, Encykl. Bd. V. S. 2249. Franzius und Sonne, Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. 3. Bd. Der Wasserbau. Tiefenbacher, Die Ermittelung der Durchflufsprofile. Wien 1888. Zeitschrift des Hannover'schen Architekten- und Ingenieurvereins. 1875. S. 382. Vortrag von J. Meyer über die Wahl der ökonomisch vorteilhaftesten Öffnungsweite einer Brücke.

[48]) Bd. I. 1. Auflage, Abschnitt A. VI.

b) 2. Besondere Verhältnisse im Flachlande und im Hügellande.

2. *a*) Grundsätze für die Linienführung.

Im Flachlande können die technischen Rücksichten wegen leichten Ausgleiches der Unebenheiten durch Auf- und Abträge den volkswirtschaftlichen meistens untergeordnet werden, während bei Linien im Hügellande mehr Rücksicht auf die technische Möglichkeit der Ausführung genommen werden mufs.

Feste Punkte für die Bahnen im Flachlande bilden in der Regel die für die Stationen ausgewählten Plätze und bei Flufsüberschreitungen die geeignetsten Punkte für die Brücken-Anlage. Diese Stellen kann man in wenig bebauten Gegenden zuweilen durch gerade Linien verbinden, da die Ersparnng an Baukosten bei Umgehung kleinerer Hindernisse häufig durch gröfsere Betriebskosten auf der Mehrlänge aufgewogen werden. Jedenfalls wird man bei Hauptbahnen zur Umgehung kleiner Hindernisse weder starke Steigungen noch scharfe Bogen einlegen dürfen. In der alten Ausgabe der T. V. 3 war demgemäfs auch bestimmt, dafs der Halbmesser der Bogen im flachen Lande womöglich nicht unter 1100 m, im Hügellande nicht unter 600 m, bei Gebirgsbahnen nicht unter 300 m betragen soll. Wenn nun auch nach Einführung zweckmäfsigerer Bauarten der Lokomotiven und Wagen allmälig schärfere Krümmungen anwendbar wurden, so ist doch zu beachten, dafs sie auch jetzt noch durch Vermehrung der Widerstände und Abnutzung der Schienen und Radreifen schädlich wirken.

Während man also bei Hauptbahnen höchstens zur Umgehung von Ortschaften, Kirchen, Begräbnisplätzen, Überschwemmungsgebieten, Sümpfen, Mooren und dergleichen Linien-Verlängerungen und scharfe Bogen zulassen sollte, wird man solche bei Neben- und Kleinbahnen auch zur Vermeidung des Ankaufes einzelner Gebäude, der Berührung oder Durchschneidung wertvoller Grundstücke, behufs Verfolgung bestehender Strafsen bis an die erlaubte Grenze verwenden. Für die Steigungen von Hauptbahnen im Flachlande sollte man die Bremsneigung nicht überschreiten, die Launhardt zu 3,6 ‰ annimmt. Auf geringe Länge bieten allerdings auch steilere Steigungen keine Übelstände für den Betrieb, wenn sie in gehöriger Entfernung von den Stationen liegen, da sie durch das Beharrungsvermögen des in Fahrt befindlichen Zuges überwunden werden. Sie kommen namentlich bei Überschreitung von Flufstälern behufs Verkürzung der zu den Brücken führenden Rampen in Betracht. Bei Bahnen geringerer Bedeutung wird man aber stärkere Steigungen zur Erzielung von Ersparnissen an Baukosten unbedenklich einführen dürfen, denn hier liegt das Bedürfnis schwerer Züge nicht vor, und nur bei solchen tritt mit der Verringerung der Steigung auch eine wesentliche Verringerung der Betriebskosten ein. Allerdings ist dabei stets B. O. 55 über die Zahl der Bremsen eines Zuges zu beachten, da die Ersparung an Bremsen oft die Kosten der Herabminderung der Höchststeigung aufwiegen wird. Man mufs also eine der in jener Bestimmung gegebenen Grenzneigungen für die jeweilige Vermehrung der Bremsenzahl, sobald es sich um Strecken von 1 km und mehr Länge handelt, auch als Grenzneigung für die Linienführung selbst mit Aufwendung einiger Mehrkosten beizubehalten suchen.

Im Allgemeinen liegt in der Ebene eine Bahn besser auf Dämmen, als in Einschnitten, selbst wenn dabei ein Ausgleich der Massen zwischen Auf- und Ab-

trag nicht tunlich sein sollte, ohne zu sehr weiten, also unwirtschaftlichen Förderlängen zu kommen. Die Bahn liegt auf Dämmen trockener und deshalb fester als in Einschnitten, auch sind diese bis zu etwa 3 m Tiefe Schneeverwehungen zu sehr ausgesetzt. Dammböschungen erfordern meist auch geringere Unterhaltungskosten als Einschnittsböschungen.

2. β) Beispiele ausgeführter Bahnen.

Die im Vorstehenden entwickelten Grundsätze sind zum Schaden wirtschaftlichen Betriebes leider bei vielen Bahnen nicht genügend beachtet. So zeigt die Bahn von Wanne nach Bremen, die den sehr bedeutenden Verkehr vom Ruhrkohlenbezirke nach Bremen und Hamburg zu vermitteln hat und, abgesehen von der Überschreitung der Gebirgszüge südlich und nördlich von Osnabrück gröfstenteils durch flaches und nur mäfsig welliges Gelände zieht, einen unberechtigt starken Wechsel von Steigungen und Gefällen und dabei selbst im flachen Lande Steigungsverhältnisse, auf welchen sogar starke Lokomotiven nicht mehr im Stande sind, volle Güterzüge zu befördern. Ein Längsschnitt der Bahn in kleinem Mafsstabe ist in Abb. 1, Tafel I dargestellt und zeigt, dafs die Bahn von Bruch bis Buldern zweimal um 32,4 und 39 m steigt und um 45 und 15 m fällt, wobei stark wechselnde Steigungen bis 1 : 180 und 1 : 150 benutzt sind.

Selbst ohne Lageplan mit Höhen-Angaben ergibt eine überschlägliche Berechnung, dafs man von Bruch bis Recklinghausen und weiter zur Wasserscheide eine gleichmäfsige Steigung von 1 : 215 hätte einführen können, ohne wesentliche Erhöhungen oder Vertiefungen der Bahnkrone; auch hätte man die Wagerechte auf der Wasserscheide nur um etwa 0,7 m tiefer zu legen brauchen. Ähnlich hätte man in der folgenden absteigenden Strecke, sowie in der langen Steigung vor und hinter Dülmen die Neigungen von 1 : 150 und 1 : 180 selbst bei Beibehaltung der gewählten Richtung ohne allzu grofse Vermehrung der Erdarbeiten abflachen können. Auch bei Lemförde und zwischen Barnsdorf und Bremen hätten die vielen verlorenen Steigungen vermieden, oder doch mit einem flachern Steigungsverhältnisse als 1 : 200 überwunden werden sollen. Diese ungünstigen Neigungsverhältnisse bedingen bei starken Zügen die dauernde Benutzung unnötig schwerer Lokomotiven oder die Verwendung von Vorspann-Lokomotiven, die wegen der Zahl und Lage der stark geneigten Stellen teilweise auch auf den langen Zwischenstrecken mitgeführt werden müssen. Rechnet man, dafs jede der nötig gewordenen Vorspannlokomotiven für einen Tag 36 M. kostet, also im Jahre 13140 M., so ergibt das bei einem Zinsfufse von $3\,^1/_2\,\%$ einen Betrag von rund 375000 M. Für jede Vorspann-Lokomotive hätte also der Bau um diesen Betrag teurer werden können ohne Berücksichtigung der Ersparnisse aus der geringern Bremserzahl.

Ähnlich ungünstig sind auch noch andere Bahnen angelegt, wie die Bahn von Hochfeld über Heifsen nach Essen, die ebenfalls als eine der Hauptabfuhrlinien aus dem Ruhrkohlen-Bezirke sehr starken Verkehr hat. Auch im Osten des preufsischen Staates lassen sich solche Beispiele finden, wie Stettin-Danzig.

b) 3. Besondere Verhältnisse im Berglande.

3. a) Grundsätze für die Linienführung.

Für die Linienführung im Berglande sind vor allem die Höhenverhältnisse des Geländes, besonders der Tal- und Gebirgs-Übergänge maſsgebend. Stetige und ununterbrochene Steigungen, soweit sie nicht in scharfen Bögen zu ermäſsigen sind, also durchgehende Anwendung der maſsgebenden Steigung ist für den Betrieb am vorteilhaftesten. Die Unterbrechung der Rampen bei längeren Steigungen durch eine Bahnhofswagerechte kann aber in sofern als vorteilhaft bezeichnet werden, als hier Gelegenheit gegeben ist, das Feuer in Ordnung zu bringen nnd den Kessel mit Wasser zu versehen. Man schrieb früher eine Unterbrechung starker Steigungen auf gewisse Längen sogar vor; so war für den Entwurf der Semmeringbahn festgesetzt, daſs einer Steigung von 1 : 40 auf 3160 m Länge eine wagerechte oder schwach steigende Strecke von etwa 500 m Länge folgen muſste. Jetzt nimmt man keinen Anstand, starke Steigungen auf längere Strecken durchzuführen; bei der Gotthardbahn kommen Steigungen von 26 ‰ auf 8 bis 9 km Länge vor und ähnlich liegen die Verhältnisse bei anderen Alpenbahnen. Man vermeidet vielmehr wagerechte oder schwach steigende Strecken nach Möglickkeit, um die ganze Länge zur Herabminderung des stärksten Steigungsverhältnisses auszunutzen. Besonders sind verlorene Gefälle möglichst zu vermeiden.

Die Steigungsverhältnisse sind für die Eigenart einer Bahn, für die Art, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Betriebes in erster Reihe bestimmend. Starke Steigungen erfordern besonders eingerichtete Lokomotiven, mit der Verstärkung der Steigung wachsen die Kosten für die Beförderung der Züge, für die Abnutzung der Schienen und der Räder in Folge des nötigen Bremsens bei der Talfahrt. Die Fortschaffung einer bestimmten Frachtmenge erfordert mehr Züge, es muſs also mehr tote Last an Lokomotiven und Tendern befördert werden, mehr Lokomotiven, mehr Lokomotivschuppen und mehr oder gröſsere Werkstätten für die Ausbesserung müssen beschafft werden; auch wird auf steilen Strecken früher ein zweites Gleis erforderlich.

Je gröſser also der für eine Bahn zu erwartende Verkehr ist, desto mehr muſs unter Erhöhung der Anlagekosten versucht werden, günstige Steigungsverhältnisse zu erlangen, um dadurch die Betriebskosten herabzumindern. Hat man den vorliegenden Verhältnissen entsprechend eine möglichst vorteilhafte, maſsgebende Steigung ermittelt, so erscheint es zweckmäſsig, alle nicht durch Krümmungen oder Tunnelstrecken verursachten Abflachungen der Steigung zu vermeiden, wenn solche nicht durch zwingende Gründe herbeigeführt werden, denn diese verursachen eine Verlängerung der Strecke und erhöhen damit die Bau- und Betriebs-Kosten.

Ist es ohne Aufwendung erheblicher Kosten nicht möglich, in der gewählten Linie mit dem wünschenswerten gröſsten Steigungs-Verhältnisse auszukommen, und handelt es sich dabei nicht nur um die Einführung stärkerer Steigung auf kurze unschädliche Länge, so hat man die Wahl, ob man die Linie zweckmäſsig verlängert, oder besser die vorgesehene einheitliche Betriebsweise dahin ändert, daſs

stärker geneigte Strecken eingeführt werden, auf welchen entweder die ungeteilten Züge mit Vorspann- oder stärkeren Lokomotiven befördert werden, oder eine Teilung der Züge stattfindet, oder endlich streckenweise eine Zahnstange verlegt wird.

Launhardt berechnet[49]), dafs die kilometrischen Betriebskosten bei einem jährlichen Verkehre von 400000 t Nutzlast und 250000 Reisenden und bei einer mafsgebenden Steigung von 3 ‰ rund 6000 M. im Jahre betragen. Indem er dazu noch 3000 M. für Bahn-Unterhaltung rechnet, bemifst er die Betriebs- und Unterhaltungskosten auf 9 M./m, was bei $3\frac{1}{2}$ % Zinsen einem Werte von 257 M. entspricht. Eine Verlängerung der Bahn um x m würde danach nur vorteilhaft sein, wenn damit eine Verminderung der Anlagekosten um 257 . x M. eintritt. Um etwas dürfte sich dieser Betrag übrigens wohl vermindern, weil auch die Tarife mit der Streckenverlängerung steigen.

Die Linie derartig zu entwerfen, dafs ständig auf längere Strecken Vorspann erforderlich ist, kann nicht empfohlen werden. Die Benutzung von Vorspann-Lokomotiven sollte auf kurze Strecken und auf Ausnahme-Verhältnisse wie nasse Schienen und sehr starken Gegenwind beschränkt bleiben. Denn das Befördern von schweren Zügen durch zwei Lokomotiven kann die Gefahren und Unfälle durch Reifsen der Züge erhöhen. Zudem ist das Mittel teuer, besonders da auf die vollständige Ausnutzung der Zugkraft beider Lokomotiven niemals gerechnet werden kann.

Um wie viel kräftigere Lokomotiven bei Einlegung einer stärkern Steigung erforderlich werden, läfst sich mit Hülfe der Gl. 11 S. 32) berechnen. Wenn die Strecke nur kurz ist, auf welcher eine solche ausgenutzt werden kann, so ist das Mittel ebenfalls verhältnismäfsig kostspielig.

Die Einführung einer gröfsern Zahl von Zügen wird im Allgemeinen wohl nur da in Frage kommen können, wo es sich um längere Strecken und um so grofse Höhenunterschiede und so stark ansteigendes Gelände handelt, dafs eine Längenvermehrung sehr schwierig zu erreichen ist, also bei eigentlichen Gebirgsbahnen. Bei solchen kann aber eine Teilung der Bahn in verschiedene Strecken mit flacherer und stärkerer Steigung, welche von verschieden starken Güterzügen, womöglich ganzen und halben Zügen, befahren werden, von Vorteil sein (S. 29). Auch bei einfacheren Verhältnissen kann sich eine Teilung der Züge da empfehlen, wo bessere Ausnutzung der Güterwagen zu erzielen ist, und wo es sich um eine andernfalls verhältnismäfsig sehr bedeutende Verlängerung der Linie handeln würde, so dafs die Zahl der zu leistenden Zugkilometer durch Vermehrung der Züge nicht erheblich steigt.

Neuerdings wendet man bei sehr starken Steigungen öfter, als bisher Zahnstangen an, nachdem sich solche Anlagen auf der Linie Blankenburg-Tanne im Harze[50]), auf der Höllentalbahn im Schwarzwalde seit 1887, bei der Eisenerz-Vordenberger Bahn in Steiermark seit 1891, bei der Brünigbahn, in Indien, zur Verbindung von Beirut mit Damaskas und bei mehreren anderen Bahnen bestens bewährt hat.

---

[49]) Launhardt, Theorie des Trassierens. Heft 2. S. 204.

[50]) Organ 1886, S. 138. 1887, S. 189. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1887, S. 16. Müller, Grundzüge des Eisenbahnwesens. Berlin 1895, S. 63 und 130.

Man hat zwar eine Reibungsbahn auf den Ütliberg bei Zürich noch mit einer Steigung von 70 ‰ und die von Wädenswyl nach Einsiedeln mit 50 ‰ ausgeführt, indes sind die Leistungen besonders der Dampf-Lokomotiven bei solchen Steigungen zu gering, um einen nennenswerten Verkehr bewältigen zu können[51]). Bei welcher Steigung die untere wirtschaftlich berechtigte Grenze für eine Zahnstangenbahn liegt, kann nur auf Grund der Verkehrstärke, sowie der Kosten für den Unterbau der Bahn ermittelt werden[52]). O. Blum gibt in seiner oben genannten Arbeit[53]) den Gang einer solchen Berechnung an. Im Allgemeinen dürften 40 ‰ Steigung als Grenze für Reibungsbahnen anzusehen sein. Mit Zahnstangen nach den Bauarten Riggenbach oder Abt hat man schon Steigungen bis zu 250 oder 300 ‰ überwunden[54]), bei der Pilatusbahn hat Locher sogar für eine liegende, beiderseits verzahnte Stange ein Steigungsverhältnis von 480 ‰ angewendet[55]).

Die Kosten einer solchen Bahn erhöhen sich allerdings gegen eine Reibungsbahn durch die Anwendung der Zahnstange, und zwar je nach dem von der Steigung abhängigen Zahndrucke um etwa 22000 bis 28000 M/km, der Unterbau ist aber meist billiger, weil man sich mit der Linie der Höhenlage des Geländes besser anschliefsen kann, da man in der Verteilung der Steigung auf die einzelnen Strecken mehr freie Hand hat, und auch die Krümmungshalbmesser mehr von der Bauart der Betriebsmittel, als von der Spurweite abhängen. Man hat schon Zahnbahnen der verschiedensten Spurweiten von Vollspur bis zu 0,69 m herab gebaut und Krümmungen bis zu 35 m herab verwendet.

Die Kosten einer Zahnbahn werden namentlich dadurch wesentlich herabgesetzt, dafs sie wegen der Möglichkeit der Anwendung viel stärkerer Steigungen oft erheblich kürzer wird, als eine Reibungsbahn. Hierdurch vermindern sich nicht nur die Bau-, sondern auch die Betriebskosten.

Während die Kosten für Gebirgsbahnen, die hier in Betracht zu ziehen sind, für 1 km in runden Zahlen betrugen:[56])

Semmeringbahn	1020000 Mk.
Gotthardbahn	813000 „
Arlbergbahn	476000 „
Brennerbahn	400000 „

belaufen sich die Kosten von Zahnstangenbahnen auf:

Vitznau-Rigi	322000 Mk.	Spurweite 1,435 m
Arth-Rigi	330000 „	
Schynige Platte	319000 „	Spurweite 0,80 m
Wengernalpbahn	180000 „	
Monte Generoso	172000 „	
Brienzer Rothorn	193000 „	
Glion-Naye	222000 „	

51) S. Zeitschrift für Kleinbahnen 1899, S. 315.
52) Band IV, 1. Auflage, S. 161.
53) Zeitschrift für Bauwesen, 1903, S. 515.
54) Band IV, 1. Auflage, Abschnitt A, S. 33 und 46.
55) Band IV, 1. Auflage, Abschnitt A, S. 53.
56) O. Blum, Doktor-Dissertation, Berlin 1903, S. 8.

und bei Bahnen mit gemischtem Betriebe, die also nur teilweise mit Zahnstange versehen sind, stellen sich die Baukosten auf:

Eisenerz-Vordenberg	476000 Mk.	
Höllentalbahn	250000 „	Spurweite 1,435 m
Harzbahn	148000 „	
Brünigbahn	124000 „	
Visp-Zermatt	125000 „	Spurweite 1,000 m
Berner Oberland-Bahn . . .	112000 „	
Sarajevo-Konjica	96800 „	Spurweite 0,760 m

Die Zugförderungskosten für gleiche Längen der Bahn erhöhen sich zwar bei Anwendung des Zahnrades sehr stark; gleichwohl sind die Ausgaben im Ganzen meistens geringer, als sie für eine Reibungsbahn mit den üblichen Steigungen sein würden, denn die Länge der Strecke wird durch Anwendung der Zahnstange sehr abgekürzt.

Die Geschwindigkeit, mit der solche Bahnen befahren werden können, ist nur gering und beträgt je nach den Steigungen 5 bis 15 km/St., im Durchschnitte 10 km/St; ebenso können die Zahn-Lokomotiven auf den zwischenliegenden Reibungstrecken nur mit einer gröfsten Geschwindigkeit von 12 bis 18 km/St. fahren, wenn die Achsen für Zahnrad- und Reibungs-Betrieb gekuppelt sind. Die Reisegeschwindigkeit wird indes dadurch wegen der grofsen Abkürzung der Bahn manchmal doch nicht vermindert[57]).

Als Vorteile der Zahnbahnen sind noch anzuführen, dafs die Betriebskosten bei Bahnen mit gemischtem Betriebe nur wenig schwanken, wenn die Reibung- oder Zahnstangen-Steigungen geändert werden, so dafs man sich mit der Bahnlinie viel mehr dem Gelände anschmiegen und dadurch manche Kunstbauten vermeiden oder vereinfachen, auch dadurch sich den Ortschaften mehr nähern und gröfsern Verkehr hervorrufen kann. Auch gewinnt man die Möglichkeit, ohne grofse Verlängerung der Linie an einer Wasserscheide höher hinauf zu steigen und damit nicht nur an Länge eines etwa erforderlichen Scheiteltunnels, sondern auch an Bauzeit und Bauzinsen zu sparen. Ferner sind bei Zahnbahnen Schneeverwehungen dem Betriebe nicht so gefährlich, wie bei Reibungsbahnen, weil die Zahnradmaschine an der Zahnstange einen so festen Rückhalt findet, dafs sie sich durch hohe Schneemassen mit verhältnismäfsig geringer Kraft durcharbeitet. Endlich sinkt bei Reibungsbahnen die Zugkraft rasch, wenn die Schienen schlüpfrig sind; bei Bahnen gemischter Bauart ist dagegen der Zahndruck unbeeinflufst durch Wind und Wetter.

Als Nachteil besteht eigentlich nur der Übelstand, dafs man die Bahn nicht einheitlich mit den anderen Reibungsbahnen betreiben kann, so dafs man genötigt ist, für ausnahmsweise eintretenden stärkern Verkehr, wenn die Bahn etwa als Aufmarschlinie im Kriegsfalle einen sehr starken Verkehr bewältigen soll, einige Zahnlokomotiven in Vorrat zu halten, die im gewöhnlichen Verkehre nicht voll ausgenutzt werden. Die anderen Einwände, die gegen die Anlage von Zahnbahnen vielfach hervorgehoben werden, wie, dafs sie starkem Verkehre nicht gewachsen, oder dafs sie für lebhaften Schnellzugverkehr nicht geeignet seien, sind unbegründet, denn die Anwendung der Zahnstange hindert nicht im mindesten

57) Band IV, 1. Auflage, Abschnitte A und D.

eine schnelle Zugfolge, und einerseits fahren Schnellzüge auf Gebirgsbahnen überhaupt nur langsam, anderseits kommt die langsamere Fahrt auf Zahnbahnen wenig in Betracht, weil die Reisezeit wegen der grofsen Abkürzung der Strecke meist doch nicht verlängert wird.

3. β) Beispiele ausgeführter Bahnen.

Bei der Anlage der Köln-Gielsener Bahn hat man die auf S. 29 und 40 dargelegten Gesichtspunkte in bemerkenswerter Weise zur Geltung gebracht (Längenschnitt Abb. 3 Taf I). Die Bahn gehört mit Ausnahme der Anfangstrecke von Deutz nach Siegburg zu den Gebirgsbahnen; sie verfolgt bis Betzdorf das Siegtal und vermeidet mit Ausnahme einiger weniger Punkte bei Hennef und zwischen Blankenburg und Eitorf verlorene Steigungen ganz, überwindet diese wenigen aber mit ganz flacher Gegenneigung. Auch ist das Steigungsverhältnis 1 : 250 mit Ausnahme einiger weniger Strecken nicht überschritten. Die beiden Strecken zwischen dem Hoppegartener Tunnel und Schladern, sowie zwischen Scheuerfeld und Betzdorf, wo zur Ersparung von Erdarbeiten das Steigungsverhältnis 1 : 200 angewendet ist, müssen zwar als Fehler hezeichnet werden, sie erfordern aber wegen ihrer geringen Länge in der Regel keine Vorspann-Lokomotive, sondern werden durch Verlangsamung der Fahrt überwunden. Auf die Steigungsverhältnisse der Strecke Betzdorf-Dillenburg ist im Abschnitte A II c, 1 (S. 53) näher eingegangen.

Bei Bahnen mit geringem Verkehre, also namentlich bei Neben- oder Kleinbahnen, wird man häufig die Rücksichten auf billigen Bau diejenigen auf billigen Betrieb überwiegen lassen, denn hier kommt vor allem die schon auf S. 38 erwähnte Tatsache zur Geltung, dafs, wenn das Bedürfnis schwerer Züge nicht vorliegt, mit der Verringerung der Steigung auch keine Verringerung der Betriebskosten eintritt.

Als ein Beispiel dieser Art soll hier auf die Strecke von Hilchenbach nach Lützel der Nebenbahn von Creuzthal nach Marburg näher eingegangen werden (Taf. II). Die Bahn ersteigt rund 210 m und ist zu diesem Zwecke, obgleich die Luftlinie zwischen beiden Enden nur 5,6 km beträgt, in sehr sachgemäfser Weise zu einer Länge von etwa 11,7 km mit einer durchgängig beibehaltenen mafsgebenden Steigung von 22 ‰ entwickelt. Es ist dabei auch den vergröfserten Widerständen in den Krümmungen Rechnung getragen, indem das Steigungsverhältnis in diesen je nach Gröfse des Halbmessers abgeflacht ist. Dabei sind die auszuführenden Arbeiten sehr erheblich geworden, da ganz bedeutende Einschnitte und Dämme, viele Wege-Unter- und Überführungen, und mehrere Tunnel herzustellen waren, die sich durch eine anderweite Führung der Linie mit derselben mafsgebenden Steigung kaum hätten ermäfsigen lassen.

Auf der Strecke wurden im Jahre 1895 in jeder Richtung täglich mit Ausnahme der Sonn- und Feiertage gefahren: Zwei Personenzüge, zwei gemischte Züge und zwei Güterzüge.

Die Personenzüge sollen hier aufser Betracht bleiben, da sie in der erforderlichen Stärke auch auf stärkeren Steigungen gefahren werden können. Von gemischten und Güterzügen sind bergauf befördert: In 730 Zügen 21557 Achsen, oder in jedem Zuge durchschnittlich 29,5 Achsen und in 679 Zügen 14100 Achsen, oder in jedem Zuge durchschnittlich 28 Achsen.

Nimmt man den Zug zu 30 Achsen an und das Gewicht jeder Achse im Durchschnitte zu 7,5 t, so betrug das Gewicht der Wagen eines Zuges

$30 \cdot 7{,}5 \ldots = 225$ t,

dazu das Gewicht von Lokomotiven und Tender . . $= 65$ t

die Last eines Zuges . . . . . $= 290$ t

Für eine Geschwindigkeit von 15 km/St ist der Widerstand in der wagerechten Geraden nach Gl. 1), Band I, 2. Auflage, S. 63.

$$290 \cdot w = \left(2{,}4 + \frac{15^2}{1300}\right) \cdot 290 = 7126 \text{ kg}$$

und so grofs mufs mindestens auch die Zugkraft der Lokomotive sein.

Wollte man die Züge teilen, also 8 statt 4 fahren, so erhielte man bei Verwendung derselben Lokomotive ein Zuggewicht von $112{,}5 + 65 = 177{,}5$ t, das mit derselben Geschwindigkeit noch auf einer mafsgebenden Steigung von

$$s = \frac{7126}{177{,}5} - \left(2{,}4 + \frac{15^2}{1300}\right) = 37{,}5\,{}^0/_{00} = 1 : 26{,}7$$

befördert werden könnte.

In Krümmungen von 200 m Halbmesser, wie sie in der Linie vorkommen, müfste dies Steigungsverhältnis nach der v. Röckl'schen Formel[58]) etwa um $4{,}5\,{}^0/_{00}$, also auf $33{,}0\,{}^0/_{00}$ ermäfsigt werden.

Um zu ermitteln, in wie weit es möglich ist, auf dieser Bahn mit mäfsigem Verkehre die schon recht günstige Linienführung behufs Ermäfsigung der Baukosten dem Gelände noch mehr anzupassen, ohne dabei die Betriebskosten zu erhöhen, ist in den Lageplan Tafel III eine der Einfachheit halber mit einer gleichmäfsigen Steigung von $33{,}3\,{}^0/_{00}$ von Hilchenbach bis Vormwald, der Zwischenstation zwischen Hilchenbach und Lützel, durchgeführte Linie eingetragen, die also bei einer Vergleichung eine noch bessere mafsgebende Steigung ergeben würde, als die berechnete, da sie nur wenige starke Krümmungen von 200 m Halbmesser enthält. Hinter der Station Vormwald ist diese Linie an die ausgeführte wieder angeschlossen, da sich die Linie zwischen da und Lützel auch mit Anwendung stärkerer Steigungen nur wenig verbilligen läfst. Höchstens könnten der Tunnel zwischen St. 84 und 87 und die Ausbiegung bei dem Tunnel zwischen St. 94 und 96 etwas abgekürzt werden.

Die Länge der abgeänderten Linie beträgt fast genau 5 km; diese würde, da sie mit Ausnahme der Strecken von St. 1 bis 7 und von St. 36 bis 50 fast genau der Leitlinie (S. 49) folgen kann, höchstens 110000 M./km kosten, während die ausgeführte Linie in dem betreffenden Teile 8 km lang ist und nicht unter 200000 M./km kostete. Bei Ausführung der neuen Linie würden also mindestens $1600000 - 550000 = 1050000$ Mk. erspart worden sein.

Der Betrieb wäre alsdann etwa so zu gestalten gewesen, dafs die Lokomotive die Güter- und gemischten Züge von Hilchenbach nach Vormwald in zwei Teilen befördert hätte, und zwar so, dafs die voraus zu befördernde Hälfte eines gemischten Zuges reiner Güterzug wurde und die Hälften hier zu einem Zuge vereint worden wären. Die Lokomotive hätte dann zwischen Hilchenbach und Lützel an einem Tage statt $2 \cdot 11{,}7 = 23$ km, $4 \cdot 4{,}5 + 2 \cdot 3{,}7 = 25{,}4$ km zu fahren gehabt,

[58]) Band I, 2. Auflage, S. 67, Gl. 17).

was sie wohl ohne Weiteres und mit ganz geringen Mehrkosten hätte leisten können. Wollte man aber auch annehmen, dafs die Beschaffung einer besondern Lokomotive für die Mehrleistung nötig wäre, so würde diese bei 40 M. täglicher Kosten einer starken Lokomotive und $3\,^1/_2\,\%$ Zinsen einen Wert von etwa 417000 Mark darstellen. Aufserdem würde auf den Stationen Hilchenbach und Vormwald noch je ein weiteres Gleis von je etwa 200 m nutzbarer Länge für die Aufstellung der zweiten Zughälften erforderlich gewesen sein, die einen Kostenaufwand von etwa 15000 bis 20000 Mark erfordert hätten. Es wären also immer noch mindestens $1\,050\,000 - (417\,000 + 20\,000) = 613\,000$ Mark und die dauernden Unterhaltungskosten für 3 km schwieriger Bahnstrecke erspart worden. Bei dieser Betrachtung ist allerdings die Möglichkeit wesentlicher Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Bahn namentlich im Kriegsfalle unberücksichtigt geblieben.

Als ein Beispiel einer dem vorhandenen Verkehre nicht entsprechenden Linienführung sei die Bahn von Rothe Erde bei Aachen nach Ulflingen erwähnt (Abb. 4, Tafel I.) Diese hat sehr wechselnde Steigungen bis zu 1 : 60, ohne dafs in den Bogen von 300 m und 350 m Halbmesser eine Ermäfsigung eingeführt wäre. Dabei wechseln namentlich auf der Strecke von Lammersdorf bis St. Vith Steigungen und Gefälle so häufig, dafs auf der ganzen Strecke trotz langsamer Fahrt entweder nur kurze Züge gefahren werden können, oder durchweg Vorspann geleistet werden mufs. Die ungünstige Linienführung hat dazu genötigt, schon bei einem Verkehre von 12 Zügen in jeder Richtung Nachtdienst einzurichten, und bei weiter steigendem Verkehre mufste das zweite Gleis auf mehreren Strecken hergestellt werden.

II. c) Ausführung von Vorarbeiten.

c) 1. Allgemeine Vorarbeiten und Vorschriften für deren Darstellung.

1. *α*) Grundsätze für die Ausführung allgemeiner Vorarbeiten.

Als Grundlage der allgemeinen Vorarbeiten benutzt man zweckmäfsig die besten vorhandenen Übersichtskarten der Gegend. Für Deutschland kommen für den vorliegenden Zweck besonders die Mefstischblätter der Generalstabskarte im Mafsstabe 1 : 25000 in Betracht, die mit Schichtenlinien gleichen Höhenabstandes versehen ein vollständiges Bild der Gegend bieten. In solchen Gegenden, wo derartige Karten nicht vorhanden sind, mufs man sich mit Karten im Mafsstabe von 1 : 50000 oder auch 1 : 100000, den sogenannten Generalstabskarten, begnügen. Diese können allerdings nur als Notbehelf gelten, besonders da sie nur vereinzelte Höhen-Angaben enthalten. Für manche Gegenden findet man aber

Höhenangaben in Büchern und kann hiernach die Karten vervollständigen[59]). Wo man auch solche Angaben nicht hat, wird man doch durch aufmerksame Prüfung der Karten in Bezug auf die Lage der Ortschaften, der Wasserscheiden, der Richtung der Wasserläufe, der Wege und etwa vorhandener Eisenbahnen und Kanäle und unter Berücksichtigung der im Vorhergehenden entwickelten Gesichtspunkte für die Führung von Eisenbahnlinien genügenden Anhalt gewinnen, um einige Linien in die Karten eintragen zu können, die für die Ausführung in Frage kommen. Dabei ist neben Beachtung der schon früher entwickelten Gesichtspunkte eine Linie, die ein Tal verfolgt und nicht auf der Talsohle selbst bleiben kann, möglichst auf den flachern, oder den Hang zu legen, der am wenigsten von Seitentälern unterbrochen ist, keinen quelligen Untergrund hat und von dem aus die Schichten in den Talhang einfallen, auch ist die Überschreitung von Tälern an möglichst enger Stelle und nicht in der Nähe von Mühlen vorzusehen.

Die so aufgetragenen Linien wird man zunächst bereisen, um sich an Ort und Stelle von der Vollständigkeit der Karten und der Ausführbarkeit der Linien zu überzeugen und die zweckmäfsigste der in Frage stehenden Linien auszuwählen. Wo dabei die Höhenlage einzelner Punkte entscheidend und noch unbekannt ist, auch durch den Augenschein nicht leicht in Vergleich gestellt werden kann, wird man zweckmäfsig einige Aufnahmen mit dem Aneroid-Barometer machen. Eine solche Reise ist zugleich möglichst zu benutzen, um mit den Ortsbehörden die günstigste Lage der Stationen zu vereinbaren, wobei die unter II, b, 1. β S. 24 angegebenen Gesichtspunkte zu beachten sind.

In ebenem Gelände wird man eine Linie an der Hand der erwähnten Karten, so genau, wie dies für den allgemeinen Entwurf überhaupt erforderlich ist, meist schon nach einmaliger Begehung und nach einigen wenigen Ergänzungsaufnahmen feststellen können. Da in den meisten Staaten aber die Darstellung des Entwurfes in gröfserm Mafsstabe verlangt wird, in Preufsen 1 : 10000, so wird man sich hierzu zunächst noch Karten in solchem Mafsstabe verschaffen müssen, in Preufsen Kataster-Übersichtskarten, und diese durch Nachtragen etwa fehlender Gebäude, Wege und Wasserläufe vervollständigen, deren Lage in Bezug auf andere Punkte man durch Abschreiten genügend genau feststellen kann. Man hat sich ferner die Gebäude besonders zu merken, die mit Stroh oder Schindeln oder sonst feuergefährlich eingedeckt sind[60]), sucht möglichst günstige Stellen für Überschreitung von gröfseren Flüssen auf, sowie für das etwa unvermeidliche Durchschneiden von Seen oder Mooren, und hat überhaupt alle unter II, b, S. 23

---

[59]) Nivellements der Trigometrischen Abteilung der Landesaufnahme, herausgegeben bei E. S. Mittler und Sohn, Berlin.

Müller-Köpen, Höhenbestimmungen der Königlich Preufsischen Landesaufnahme.

von Decken, Orographische und hydrographische Übersicht der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen, sowie einiger angrenzender Gegenden.

Auch hat die trigometrische Abteilung der Landesaufnahme in Preufsen an wichtigen Gebäuden in Ortschaften und an Strafsen eine gröfsere Zahl von Höhenpunkten bezeichnen, und ein Verzeichnis darüber im Buchhandel erscheinen lassen.

[60]) Nach einem Ministerial-Erlasse vom 4. XII, 1847 müssen in Preufsen nicht feuersicher eingedeckte Gebäude umgedeckt werden, wenn sie nicht mindestens um die 1,5 fache Dammhöhe vermehrt um 38 m von der nächsten Schiene zu liegen kommen. Bei Nebenbahnen ist letzteres Mafs später auf 25 m ermäfsigt.

In den meisten anderen Staaten ist das Mafs geringer, häufig auf 20 m festgesetzt.

angeführten allgemeinen und besonderen Gesichtspunkte für die Anlage von Bahnen zu beachten.

Ist auf diese Weise die Linie im Allgemeinen festgelegt, so erübrigt nur noch die Anfertigung eines Längennivellements, um den Entwurf für die Einholung der Genehmigung zum Bau seitens der Behörden vorschriftsmäfsig darstellen zu können. Dabei kann man sich, um Beschädigung an Privateigentum zu vermeiden, häufig mit einem Nivellement der geschnittenen und in der ungefähren Richtung der Bahn liegenden Wege- und Wasserläufe begnügen, deren Höhenlage fast allein für die Höhenlage der Bahn mafsgebend ist. Die Höhenlage sonstiger hierfür oder für die Kosten wichtiger Punkte kann man durch Nivellieren an den Grundstücksgrenzen entlang feststellen.

Wo indes genügende Mittel für die Ausführung der Vorarbeiten zur Verfügung stehen, tut man gut, die auf den Karten festgelegte Linie im Felde abzustecken und zu nivellieren, damit man die in der Regel auf Grund des allgemeinen Entwurfes festzustellenden Baukosten möglichst genau erhält.

Dieses Nivellement wird in verzerrtem Mafsstabe, etwa auf Netzpapier, aufgetragen und dann die Höhenlage der Bahn unter Festhaltung der gegebenen festen Punkte und unter Beibehaltung des mit Rücksicht auf die Gröfse des zu erwartenden Verkehres und der gegebenen Zugkraft angenommenen gröfsten Steigungs-Verhältnisses so gewählt, dafs Wege und Wasserläufe in günstiger Höhe geschnitten werden und annähernd ein Ausgleich zwischen den erforderlichen Ab- und Aufträgen stattfindet. Sollten sich wider Erwarten grofse Erdarbeiten oder ungünstige Durchschneidungen der Wege und Wasserläufe ergeben, so wird man die Linie durch Verschieben noch zu verbessern suchen. Allzu peinlich braucht man indes bei dem allgemeinen Entwurfe noch nicht nach den günstigsten Verhältnissen zu suchen, damit man um so sicherer einzelne bei der Veranschlagung übersehene, die Kosten beeinflussende Punkte durch bei besserer Durcharbeitung des Entwurfes an anderen Stellen zu erzielende Ersparnisse ausgleichen kann.

Erheblich schwieriger, als im Flachlande, ist die zweckmäfsigste Linie im Gebirge oder in stark welligem Gelände zu finden. Hier hängt die Linie weit mehr von den Höhenverhältnissen des Geländes, als von der Art der Durchschneidung der Wege, Wasserläufe oder gröfseren Grundstücke ab; hier sind deshalb ausgedehnte Höhen-Aufnahmen nötig.

Man wird also in der ungefähren Richtung der nach Vorstehendem in eine Übersichtskarte eingetragenen Linien zunächst ein Höhennetz anfertigen, wobei keine sehr grofse Genauigkeit erforderlich ist. Für die Auftragung dieses Höhennetzes ist bei starkem Höhenwechsel und vielen Einzelheiten des Geländes ein Mafsstab von 1 : 5000 bis 1 : 2500 zu empfehlen, während unter einfachen Verhältnissen ein solcher von 1 : 10000 genügt.

In engen Tälern kann, falls deren Benutzung zweifellos ist, die Ausdehnung dieses Höhennetzes in der Breite sehr beschränkt werden, in breiten Tälern und mehr noch in unregelmäfsig gebildetem hügeligem Gelände mufs es aber oft sehr weit ausgedehnt werden, damit die vorteilhafteste Linie darin gefunden werden kann.

Am einfachsten liegt der Fall wenn beide Endpunkte der Bahn in einem und demselbem Talzuge liegen. Aus dem Unterschiede in der Höhenlage der beiden

Endpunkte der Bahn erhält man unter Berücksichtigung der anzulegenden Stationen das günstigste Steigungsverhältnis, welches ohne künstliche Längen-Entwickelung zu erreichen ist.

Dann ist zu untersuchen, ob es vorteilhaft ist, das berechnete Steigungsverhältnis gleichmäfsig durchzuführen, oder ob es sich nicht etwa zur Ersparung von Baukosten empfiehlt, das Steigungsverhältnis teils zu verstärken, teils abzuflachen, jedenfalls ist aber zu prüfen, wie sich eine Linie mit der aus dem Gefälle des Tales im Allgemeinen berechneten Steigung gestaltet. Ist dieses Steigungsverhältnis 1 : m und ist h der Abstand zweier benachbarter Schichtenlinien des Planes, so mufs die Länge der Strecken zwischen zwei solchen Linien = h . m sein, also bei 2 m Schichten-Abstand und einem Steigungsverhältnisse von $\frac{1}{125} = 250$ m. Diese Länge trägt man von einem als feststehend zu betrachtenden Punkte einer Höhenlinie ausgehend und der allgemeinen Bahnlinie folgend, durch Umschlagen eines Zirkels derartig in den Plan ein, dafs jede Zirkelspitze die nächste Schichtenlinie trifft. Da, wo eine Station zu liegen kommt, also eine Wagerechte einzulegen ist, mufs eine entsprechende Länge übersprungen werden. An Stellen, wo die Schichtenlinien sehr stark gekrümmt sind und namentlich, wo Seitentäler einmünden, folgt man nicht diesen, sondern geht ungefähr mit dem zulässigen kleinsten Halbmesser auf die entsprechenden höheren oder niedrigeren Linien über. Die so gewonnenen Punkte werden durch eine gebrochene oder flach gekrümmte Linie, die Null- oder Leitlinie der Bahn, verbunden. Diese wird bei stark welligem oder bergigem Gelände in der Regel stärker gekrümmt sein, als es für eine Eisenbahnlinie erwünscht ist. Man mufs daher mit Hülfe von Lineal und Bogen-Lehren bis zu dem als zulässig erachteten kleinsten Halbmesser herab eine Linie suchen, die sich der Leitlinie so genau, wie möglich anschliefst. Dabei sind auch die sonstigen, auf die Führung der Linie Einflufs übenden Punkte zu berücksichtigen, wie sie vorstehend unter II b, 1 bis 3, S. 23 bis 40, aufgeführt sind. Je genauer das Anschmiegen an die Leitlinie gelingt, desto geringer werden die Erdarbeiten ausfallen. Jede Abweichung bergwärts verursacht Abtrag, talwärts Auftrag. Beide sind möglichst auszugleichen. Bei einiger Übung wird man einen ungefähren Ausgleich schon aus dem Lageplane erkennen können. Zur Darstellung des Entwurfes und zur Berechnung der zu bewegenden Erdmassen mufs man aber doch einen nach den Schichtenhöhen ermittelten Längen-Schnitt auftragen. Dieser gibt dann ein übersichtlicheres Bild der vorliegenden Verhältnisse, und wenn Massenausgleich danach nicht stattfindet, wird man die Linie je nach Bedarf noch etwas höher oder tiefer zu schieben haben. Hierbei darf man aber nicht an dem Grundsatze festhalten, dafs ein Massenausgleich unter allen Umständen stattfinden mufs, denn es kann sehr wohl vorkommen, dafs es billiger und zweckmäfsiger ist, die Bodenmassen eines Einschnittes, der sich besonderer Verhältnisse halber nicht verkleinern läfst, in der Nähe auszusetzen, als sie in einen zu diesem Zwecke anzulegenden Damm zu schütten, denn durch letzteres vergröfsern sich die Beförderungsweiten für den Boden oft sehr stark und damit auch die Kosten, auch verteuert die Anlage oder Vergröfserung des Dammes die Kosten für Grunderwerb und Bau wegen der nur durch hohe Rampen oder eine Wege-Unterführung zu ermöglichenden Verbindung der beiderseits liegenden Teile von Grundstücken, während für den Aussetzboden häufig ein Grundstück dicht neben dem Einschnitte billig erworben werden kann.

In ähnlicher Weise kann es oft billiger und zweckmäfsiger sein, die Bodenmassen für einen nicht zu vermeidenden Damm aus Seitenentnahme statt aus einem sonst nicht erforderlichen, oder behufs Gewinnung von Boden zu vergröfsernden Einschnitte zu gewinnen. Durch letztere Maſsnahmen können auch die Unterhaltungskosten leicht wachsen.

Bleibt die Leitlinie immer in der Nähe der Talsohle, steigt das Tal also ziemlich gleichmäfsig, so wird man auch die Bahn zweckmäfsig der Talsohle folgen lassen. Wechselt aber das Längengefälle stark, so wird, wenn der obere Teil des Tales stärker fällt, als der untere, die mit gleichmäfsiger Steigung entworfene Linie sich auf einem Teile der Strecke über die Talsohle erheben und an einen der Seitenhänge anzulehnen sein, fällt aber der obere Teil des Tales schwächer als der untere, so wird die Linie auf einem Teile der Strecke in die Talsohle einschneiden, und es wird selten angängig sein, die Talsohle und den das Tal durchfliefsenden Wasserlauf um ein ausreichendes Maſs zu senken. Streckenweises Unterfahren der Bachsohle durch einen Tunnel ist aber meist sehr kostspielig. Zuweilen kann es zwar gelingen, durch Längen-Entwickelung vor dem Eingange in das Tal oder in einem am untern Ende des Tales liegenden Seitentale eine gewisse Höhe zu gewinnen, von der ausgehend es tunlich ist, die durchschnittliche Steigung durchzuführen, ohne die Talsohle senken zu müssen, wie dies im untern Teile der Westerwaldbahn, auf der Strecke Engers-Limburg, im Brexbachtale möglich war. Dort bot das breite und ziemlich stark ansteigende Rheintal zwischen Engers und Sayn Gelegenheit vor dem Eintritte in das schmale Brexbachtal schon eine Höhe von nahezu 30 m über der Talsohle zu erklimmen, und mit diesem Vorsprunge war es dann möglich, die untere mit einer durchschnittlichen Neigung von 1 : 35 ansteigende Talstrecke mit der durchschnittlichen Steigung 1 : 60 zu durchfahren, ohne die Sohle des Baches vertiefen zu müssen. Die teilweise Führung der Linie hoch am Berghange war auch deshalb vorteilhaft, weil die sehr scharfen Biegungen des Tales bei einer Linienführung in der Sohle die Anlage zahlreicher Einschnitte und Tunnel erfordert hätte, die nunmehr verringert und verkürzt werden konnten.

In der Regel wird aber, namentlich bei nicht stark gekrümmten Tälern, eine nur wenig über der Talsohle liegende Linie billiger werden, als eine hoch am Bergabhange hinziehende; auch kann eine solche Talbahn mit nach oben hin der Talsohle entsprechend stärker werdenden Steigungsverhältnissen unter Umständen in betriebstechnischer Hinsicht ganz zweckmäfsig sein, beispielsweise wenn deren Fortsetzung über die Wasserscheide hinüber aussichtslos ist, und der Verkehr nach oben hin abnimmt, so dafs auf jeder Zwischenstation einige Wagen ausgesetzt werden und der Zug bei der Bergfahrt von Station zu Station leichter wird, die Lokomotive also mit Aufwendung derselben Kraft den Zug in stärkeren Steigungen befördern kann.

Eine solche Linienführung zeigt die Bahn Betzdorf-Daaden (Abb. 2, Tafel I), eine Zweigbahn der Köln-Gieſsener Bahn, deren Steigung von Station zu Station von 1 : 100 auf 1 : 70, 1 : 68 und 1 : 54 zunimmt.

Meist wird man aber mit solchen Verhältnissen nicht rechnen können, sondern auf eine mögliche Fortsetzung der Bahn Bedacht nehmen müssen. Man hat in solchen Fällen eine vergleichende Berechnung aufzustellen, ob man am zweckmäfsigsten mit Rücksicht auf die Verminderung der Betriebskosten unter

Beibehaltung der maſsgebenden Steigung die Bahn streckenweise hoch am Hange führen soll, oder ob man die Linie so lange wie möglich auf die Talsohle legt, und an den steilen Strecken entweder die zu schweren Züge teilt, oder die Steigung durch künstliche Längenentwickelung herabmindert, oder endlich streckenweise eine Zahnstange anwendet.

Wenn die durch eine Bahn zu verbindenden Punkte durch einen Gebirgszug getrennt sind, so daſs die Linie über einen oder mehrere Höhenrücken, Wasserscheiden, geführt werden muſs, so sind zunächst die für die Überschreitung dieser Höhenrücken nach Grundriss und Höhenlage günstigsten Punkte aufzusuchen. In der Regel sind dazu die tiefsten Einsenkungen der Wasserscheidelinien, Sättel oder Pässe, zu wählen, deren oft mehrere in Frage kommen. Zuweilen kann aber Überschreitung an einem höher liegenden Punkte besser sein, wenn die Bodenverhältnisse dort etwa günstiger sind, oder eine erhebliche Abkürzung der Linie erreicht werden kann.

In solchem Falle sind also nicht nur ausgedehnte Höhen-Aufnahmen, sondern auch Bodenuntersuchungen erforderlich. Selbst geübte Ingenieure werden selten in der Lage sein, unter mehreren, einander nahe liegenden, möglichen Übergangstellen ohne sorgfältige Messungen die beste zu wählen. Mit Hülfe eines Aneroids kann man indes immerhin die Höhenlage verschiedener in Frage kommender Einsenkungen ermitteln, worauf dann für die voraussichtlich zweckmäſsigste Übergangstelle ausgedehntere Höhen-Aufnahmen und auf Grund dieser Schichtenpläne zum Entwerfen der Linie anzufertigen sind. Die zweckmäſsigsten Höhenlagen für die Überschreitung der Wasserscheiden geben in der Regel feste Punkte für die Führung der Linie. Es wird aber nicht immer möglich sein, die Linie mit derselben gleichmäſsigen Steigung zu beiden Seiten der Wasserscheiden zu entwickeln, vielmehr wird man öfter für die beiden Seiten je eine besondere maſsgebende Steigung festsetzen müssen, was bei in beiden Richtungen verschieden starkem Verkehre auch wirtschaftlich gerechtfertigt ist.

Die Berechnung der maſsgebenden Steigung kann auf folgende Weise geschehen. Hat man die Lasten ermittelt, die höchstens an einem Tage über die Wasserscheide zu fördern sind, will man dazu Lokomotiven von gegebener Zugkraft verwenden und sollen diese im Stande sein, die Last in einer bestimmten Zahl von Zügen mit festgesetzter Geschwindigkeit zu fahren, so kann man nach Gl. 17, Band I, 2. Auflage, S. 67 die Steigung berechnen, die der Linie höchstens gegeben werden darf.

Sind über eine Bahn in einer Richtung jährlich etwa 150 000 t Güter zu befördern, was im Durchschnitte bei der auf den preuſsischen Staatsbahnen vorkommenden Wagenbelastung der Beförderung einer Rohlast von 2,333. 150 000 = 350 000 t entspricht[61]), und sollen diese Güter nur an den Wochentagen, also in 300 Tagen durch täglich 3 Züge gefahren werden, so hat jeder einzelne Zug $\frac{350\,000}{3.\,300} = 389$ t zu fördern.

Soll hierzu eine $^3/_3$ gekuppelte Tender-Lokomotive mit 42 t Gewicht benutzt werden, so wird jeder Zug 389 + 42 = 431 t schwer.

---

[61]) S. Launhardt, Theorie des Trassierens. S. 43.

Wird die Geschwindigkeit der Züge zu 20 km/St. angenommen, so erhält man, wenn eine solche Lokomotive eine Zugkraft von 4379 kg entwickelt, nach Gl. 17, Band I, 2. Auflage, S. 67 und bei Gleichsetzung der Zugkraft mit dem Zugwiderstande:

$$4379 = 431 \left(2{,}4 + \frac{20^2}{1000} + s + \frac{650}{R^m - 55}\right).$$

Setzt man $s + \frac{650}{R^m - 55} = x$, so erhält man als Widerstand in Steigung und Krümmung und als maßgebende Steigung für die Strecke

$$x = \frac{4379}{431} - \left(2{,}4 + \frac{20^2}{1000}\right) = 8{,}8^{kg/t} = 8{,}8\,‰.$$

Bei einer solchen Bahn darf also das Steigungsverhältnis von 8,8 ‰ in gerader Linie nicht überschritten werden, und wenn Krümmungen von 400 m Halbmesser vorkommen, so muß das Steigungsverhältnis in diesen um $\frac{650{,}4}{400-55} = 1{,}9$, also auf 8,8 — 1,9 = 6,9 ‰ ermäßigt werden. Gewöhnlich wird man gut tun, dieses Steigungsverhältnis noch weiter herabzumindern, weil es in Wirklichkeit nicht möglich ist, alle Züge ganz gleich zu belasten.

Wird die Länge der Strecke vom Anfangspunkte bis zur Wasserscheide größer, als es die angenommene maßgebende Steigung verlangt, so kann man diese entweder ermäßigen und erlangt damit die Möglichkeit, auch noch wachsenden Verkehr zu bewältigen, oder man kann da, wo es zur Ersparung von Baukosten am zweckmäßigsten erscheint, flachere Steigungen einführen.

Wo aber die Länge für eine Linie mit der maßgebenden Steigung nicht hinreicht, und wo der Bergrücken zu breit ist, um ihn ohne allzu große Kosten in geringerer, noch mittels der maßgebenden Steigung zu erreichender Höhe mit einem Tunnel zu durchfahren, wird man eine Zugteilung einführen, oder durch geeignete Mittel eine Verlängerung der Linie herbeiführen, oder eine Zahnstange verwenden müssen.

Linie für Zugteilung.

Eine Zugteilung wird namentlich dann in Frage kommen, wenn die betreffende Strecke nur so lang ist, daß die darauf verwendete Lokomotive die größere Zahl von Zügen noch fahren kann, ohne überbürdet zu werden, und nicht so kurz, daß eine etwa zur Hülfe bei Beförderung der geteilten Züge beschaffte Lokomotive nicht voll ausgenutzt wird.

Die einer solchen Strecke zu gebende Steigung ermittelt man nach derselben Formel, nach welcher oben die maßgebende Steigung berechnet ist. Unter Annahme derselben Last, derselben Lokomotive und derselben Geschwindigkeit der geteilten Züge erhält man also, da jeder Zug $\frac{389}{2} + 42 = 236{,}5$ t schwer wird, die Gleichung

$$4379 = 236{,}5 \left(2{,}4 + \frac{20^2}{1000} + s + \frac{650}{R^m - 55}\right) \text{ oder für}$$

$s + \frac{650}{R^m - 55} = x$ die maßgebende Steigung $x = \frac{4379}{236{,}5} - \left(2{,}4 + \frac{20^2}{1000}\right) =$

$$15{,}7^{kg/t} = 15{,}7\,‰.$$

In gerader Linie darf also das Steigungsverhältnis von 15,7 ‰ auf der Strecke, auf der die geteilten Züge fahren sollen, nicht überschritten werden.

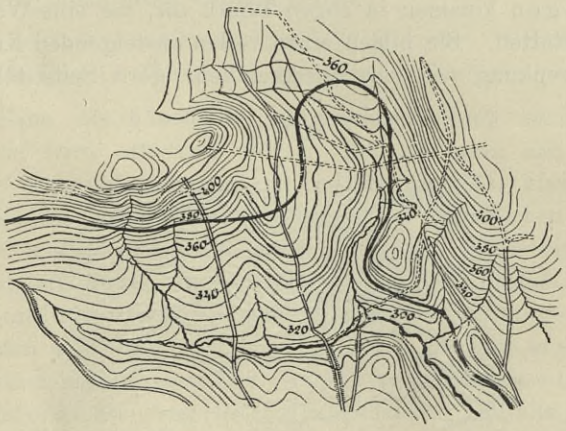
Läfst sich dieses Steigungsverhältnis in dem betreffenden Gelände ohne zu grofse Arbeiten gewinnen, so kann dies Verfahren selbst dann noch von Vorteil sein, wenn sich aus der gröfsern Zugzahl für die die Wasserscheide übersetzende Strecke die Notwendigkeit der Ausführung des zweiten Gleises ergeben sollte. Ein Beispiel solcher Anlage zeigt die Köln-Gieſsener Bahn, wo die Täler der Sieg und Dill bis Betzdorf und Dillenburg, abgesehen von unerheblichen Ausnahmen, mit Steigungen von 1 : 250 bis 1 : 200 verfolgt werden, während die Übersetzung der Wasserscheide Steigungen von 1 : 100 und 1 : 80 aufweist (Abb. 3, Tafel 1). Demgemäfs werden die bis Betzdorf und Dillenburg von einer Lokomotive beförderten Züge in zwei Teilen, oder ausnahmsweise auch ungeteilt mit Vorspann über die Wasserscheide gefahren. Ein solches Verfahren bedingt allerdings die Herstellung besonderer Gleisanlagen auf den die wechselnde Betriebsweise vermittelnden Bahnhöfen. Daraus werden aber um so geringere Mehranlagekosten entspringen, je reicher diese Bahnhöfe in Anbetracht ihres Orts- oder etwaigen Übergangs-Verkehres ohnehin ausgestattet werden müssen.

Künstliche Längenentwickelung der Linie.

Zieht man eine Längenentwickelung vor, so kann diese je nach der Geländegestaltung und der Bodenbeschaffenheit entweder durch Ausfahren von Seitentälern oder durch Schleifenbildung im Haupttale oder durch Bildung von Schlingen oder endlich durch Anwendung von Spitzkehren geschehen.

Beim Ausfahren benutzt man in Tälern mit verschieden starkem Längsgefälle ein Seitental, möglichst von solcher Breite, dafs man mit einem Bogen des geringst zulässigen Halbmessers wenden kann (Textabb. 3). Im Notfalle wird

Abb. 3.



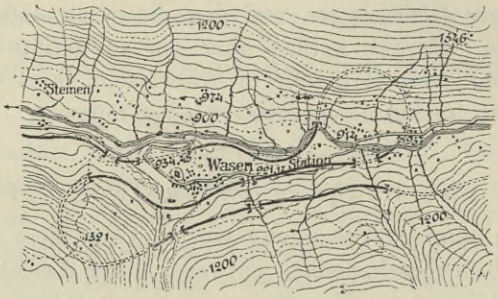
Mafsstab 1 : 50000. Ausfahren eines Seitentales.

man allerdings bei dieser Wendung oder beim Ein- oder Ausschwenken aus dem Tale auch einen Tunnel anlegen müssen. Auch lassen sich zwei nahe aneinander liegende Seitentäler dazu benutzen, wenn der zwischenliegende Höhenzug mit einem nicht allzu grofsen Einschnitte oder Tunnel durchbrochen werden kann.

Durch ein solches Ausfahren von Seitentälern läfst sich auch deren Übersetzung an ihrer Mündung in das Haupttal vermeiden und daraus zuweilen selbst eine Kostenersparung erzielen. Diese Art der Längen-Entwickelung ist vorzugsweise bei der Semmering- und bei der Brennerbahn angewendet.

Die Schleifenbildung benutzt man zweckmäfsig da, wo die Breite des Tales an der Stelle, an der die Linie nahezu in die Talsohle einschneidet, eine Umkehr mit einem Halbkreise kleinsten Halbmessers ermöglicht, ohne in die Talwandungen allzutief einschneiden zu müssen. Die umkehrende Linie folgt, immer steigend, dem gegenüberliegenden Hange soweit, bis wieder eine Erbreiterung,

Abb. 4.

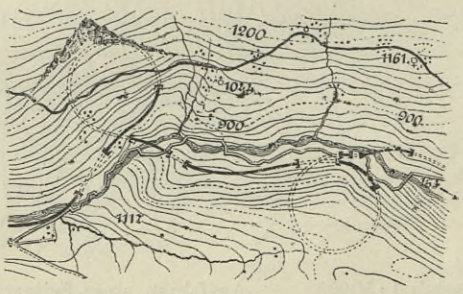


Mafsstab 1 : 50 000. Schleifenbildung im Haupttale.

meist durch ein einmündendes Seitental verursacht, eine abermalige Wendung zur aufsteigenden Richtung des Tales ermöglicht. Die Linie wird also in der betreffenden Strecke in drei nahezu gleichlaufenden Zügen in verschiedener Höhe geführt. Diese Art der Linienführung ist bei der Schwarzwaldbahn und bei der Gotthardbahn angewendet (Textabb. 4).

Die Schlingen kommen in engen Tälern vor, die eine Wendung im offenen Gelände nicht gestatten. Sie bilden einen vollen ansteigenden Kreis. Man benutzt zwar zur Abschwenkung wie zur Wiedereinkehr gern Seitentäler, um die Linie

Abb. 5.

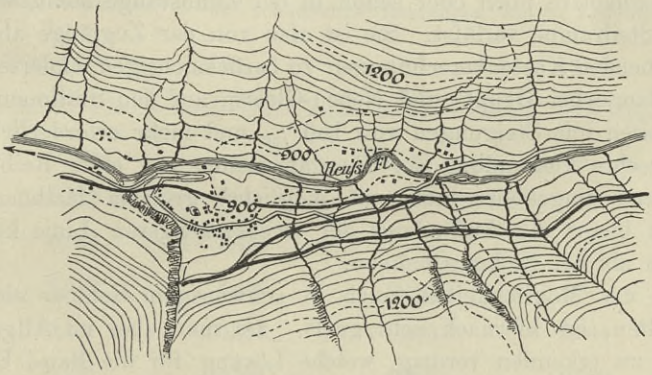


Mafsstab 1 : 50 000. Schlinge am Haupttale mit Kehrtunnel.

in diesen möglichst lange offen führen zu können, sie sind aber auch ganz ohne Vorhandensein von Seitentälern ausgeführt und bilden dann Kehrtunnel. Sie kommen namentlich bei der Gotthard- und Albula-Bahn vor (Textabb. 5).

Die Spitzkehren (Textabb. 6) bilden zwar die billigste Art der Höhengewinnung, allein ihr Betrieb ist wegen der mehrfachen Kopfstationen umständlich und selbst gefährlich. In Deutschland sind die einfache Spitzkehre bei Elm in der Ersteigung der Wasserscheide zwischen Main und Fulda, sowie eine doppelte in der Kleinbahn Steinhelle-Medebach, Kreis Brilon, dazu zu rechnen. In Österreich kommen sie auf der Strecke Klostergrab-Moldau vor, ferner in Peru auf der Lima-Oroya-Bahn, in Australien in den Blue-Mountains, und auf einigen Bahnen Nordamerikas [62]).

Abb. 6.



Mafsstab 1 : 37500. Spitzkehre.

Um solche Anlagen zweckmäfsig entwerfen zu können, sind sehr ausgedehnte Aufnahmen des Geländes erforderlich, denn der Möglichkeiten der Anlage gibt es in der Regel viele, der Kostenunterschied zwischen ihnen ist aber häufig sehr bedeutend, so dafs sich die Aufstellung mehrerer Entwürfe und eine vergleichende Berechnung zwischen ihnen wohl bezahlt macht.

Künstliche Überwindung von Steigungen.

Billiger im Baue, als künstliche Längenentwickelung ist in der Regel eine Zahnbahn, denn sie wird erheblich kürzer und sie kann sich, weil sie nicht mit gleichmäfsiger Steigung angelegt zu werden braucht, auch viel mehr der Höhenlage des Geländes anschliefsen, während bei künstlichen Verlängerungen der Linie mit der mafsgebenden Steigung oft grofse Erdarbeiten, Tunnel und Brücken erforderlich sind. Bei Bahnen für gemischten Betrieb sind die Kosten im Ganzen um so niedriger, je höher die Steigung der Steilrampe ist. Die Unterschiede in den Kosten sind aber nicht sehr erheblich, und man kann die Steigungen der Steilrampe daher innerhalb gewisser Grenzen möglichst dem Gelände anpassen, während die mafsgebende Steigung bei Reibungsbahnen nur aus ganz zwingenden Gründen geändert werden darf. Das Verhältnis zwischen den Steigungen der Reibungs- und der Zahnbahn [63]) mufs mindestens 1 : 2 und darf höchstens 1 : 2,67 sein, wenn die Lokomotive für gemischten Betrieb gleichmäfsig ausgenutzt werden

[62]) The economic theory of the location of railways Arthur Mellen Wellington. New-York, John Wiley & Sons, 1887.

[63]) Band IV, 1. Auflage, Abschnitt A, S. 161.

soll. Bei vielen der ausgeführten Bahnen trifft dies allerdings nicht zu, vielmehr ist bei der als Reibungsbahn ausgebauten Strecke eine flachere Steigung angewendet, als hiernach zweckmäfsig wäre, allein es sind dies in der Regel Bahnen für Vergnügungszwecke, bei denen der Nachteil durch Fahren mit gröfserer Geschwindigkeit auf der flachern Reibungstrecke wieder ausgeglichen werden kann.

Allzu häufig mit Reibung- und Zahn-Strecken zu wechseln, ist schon aus dem Grunde nicht zweckmäfsig, weil jede einzelne Zahnstrecke am obern und untern Ende mit Rücksicht auf die Ausrundung der Gefällwechsel und die sichere Ein- und Ausfahrt der Züge eine Verlängerung erhalten mufs, die so bemessen ist, dafs die Lokomotive noch oder schon in der Zahnstange steht, wenn das Ende des Zuges die Steilrampe verläfst. Sie ist also von der Zuglänge abhängig. Das ist bei vergleichenden Kostenberechnungen zu berücksichtigen, anderseits aber auch, dafs die Zahnstange bei Haupt- und Neben-Gleisen auf den Stationen wegfällt, da sie nur bei Gleisen mit Steigungen von 150 $^0/_{00}$ und mehr erforderlich ist.

Die senkrechte Ausrundung der Übergangstellen von einer Reibung- zu einer Zahn-Strecke und umgekehrt mufs mit möglichst grofsem Halbmesser angelegt werden. Sonst bietet die Auffindung der zweckmäfsigsten Linie keine gröfseren Schwierigkeiten als bei Reibungsbahnen.

Die Zahl der Möglichkeiten, auch in schwierigem Gelände eine brauchbare Linie zu erhalten, ist hiernach sehr grofs. Da man aber im Allgemeinen nicht ohne Weiteres zu erkennen vermag, welche Lösung für die Bau-, Unterhaltungs- und Betriebs-Kosten im Ganzen das beste Ergebnis liefert, so wird man für eine wichtige Bahn in schwierigem Gelände in der Regel mehrere Entwürfe aufzustellen, für jeden einzelnen diese Kosten zu ermitteln und sich so für eine der Linien zu entscheiden haben[64]).

Für einen bestimmten Verkehr und für eine gegebene Zugkraft berechnet Launhardt[65]) das zweckmäfsigste Steigungsverhältnis zwar unmittelbar, hat dabei aber so viele vorläufige Annahmen zu machen, und kommt zu so verwickelten Formeln, dafs diese wohl selten angewendet werden dürften, zumal sie für den Einzelfall doch nicht zuverlässig sind. Auch hebt er selbst hervor, dafs es nicht nötig ist, das gefundene Steigungsverhältnis allzu ängstlich beizubehalten, da eine Abweichung um 10 $^0/_{00}$ die Betriebskosten noch nicht in bemerkenswerter Weise erhöht.

Einen bessern Anhalt dürften die von Launhardt[66]) zum Vergleiche der Betriebskosten von Linien mit verschiedenen Steigungen entwickelten Formeln gewähren, obgleich diese ebenfalls auf angenommene Durchschnittswerte gegründet sind, die meistens auf den statistischen Nachrichten der preufsischen Staatsbahnen beruhen, und sich für den Einzelfall ändern werden. Da die Formeln aber nicht die wirklichen Betriebskosten im Ganzen angeben sollen, sondern nur die auf der freien Strecke ohne Unterhaltungs- und Bahnhofs-Kosten erwachsenden, die bei Berechnung vergleichender Betriebskosten mehrerer Strecken mit verschiedenen

---

64) Im Organ 1895, S. 70 findet man eine Liste strategischer Bergbahnen, wonach die Baukosten für 1 km einer vereinigten Reibungs- und Zahn-Bahn durchschnittlich bedeutend niedriger sind, als diejenigen einer Reibungsbahn Die Frage, welche von beiden vorzuziehen ist, kann nur für den einzelnen Fall entschieden werden.

65) Theorie des Trassierens. Heft 2. S. 146.

66) Theorie des Trassierens. Heft 2. S. 57.

Steigungsverhältnissen allein in Betracht kommen, so werden sie genügenden Anhalt für solche Vergleiche bieten.

Launhardt gibt für die Betriebskosten eines tkm Rohlast der Güterzüge in Pf. die Zusammenstellung VII.

Zusammenstellung VII.

Mafsgebende Steigung s ‰	Betriebskosten für 1 tkm				
	auf unschädlichen Steigungen s_0	auf schädlichen Steigungen und in Krümmungen $s_1 + c$			
	Pf.	6‰ Pf.	10‰ Pf.	15‰ Pf.	25‰ Pf.
0	0,288	—	—	—	—
3,6	0,337	—	—	—	—
6	0,366	0,402	—	—	—
10	0,410	0,447	0,509	—	—
15	0,458	0,498	0,563	0,644	—
25	0,539	0,581	0,651	0,739	0,914

Daraus wird die Annäherungsformel

Gl. 25) . . . . $k = 0{,}24 + 0{,}010\, s + 0{,}007\, (s_1 + c)$ entwickelt,

worin s die mafsgebende Steigung in ‰

s_1 die schädlichen Steigungen in ‰

c die Widerstände in den Krümmungen in kg/t

bedeuten, dabei mufs für unschädliche Steigungen $s_1 + c = w = 3{,}6$ kg/t gesetzt werden.

Für die Betriebskosten für 1 tkm der Personenzüge in Pf. gibt Launhardt folgende Werte an:

Zusammenstellung VIII.

Mafsgebende Steigung s ‰	Betriebskosten für 1 tkm			
	auf unschädlichen Steigunden s_0	auf schädlichen Steigungen und in Krümmungen $s_1 + c$		
	Pf.	10‰ Pf.	15‰ Pf.	25‰ Pf.
0	0,784	—	—	—
5,5	0,893	—	—	—
10	0,945	1,037	—	—
15	0,986	1,081	1,187	—
25	1,035	1.135	1,246	1,468

Daraus wird die Annäherungsformel

Gl. 26) . . . . . $k = 0{,}73 + 0{,}008\,s + 0{,}022\,(s_1 + c)$

entwickelt, wobei für unschädliche Steigungen $s_1 + c = w = 5{,}5$ einzusetzen ist.

Da sich das Verhältnis der unter Ausschluſs von Lokomotiven und Tendern bestimmten Rohlast zur Nutzlast nach den von Launhardt benutzten statistischen Nachrichten der preuſsischen Staatsbahnen gleich 2,33 : 1 ergibt und nach derselben Quelle zur Beförderung einer Person 1,33 t Rohlast fortgeschafft werden müssen, so ergeben sich hiernach die Betriebskosten für das Nutz-tkm

Gl. 27) . . . . $k = 0{,}56 + 0{,}0233\,s + 0{,}0397\,(s_1 + c)$

und für das Personen-km

Gl. 28) . . . . , $k = 0{,}973 + 0{,}0107\,s + 0{,}0293\,(s_1 + c)$.

Diese Formeln gelten indes nur für die Annahme gleichen Verkehres in beiden Richtungen der Bahn; für einen in beiden Richtungen ungleichen Verkehr entwickelt Launhardt[67]) noch die Formeln:

für den Fall, daſs die maſsgebende Steigung in der Hauptverkehrsrichtung liegt:

Gl. 29) . . . . . $K = \frac{2\,b}{1 + r}\,.\,T.k$

für den Fall, daſs die maſsgebende Steigung in der entgegengesetzten Richtung liegt:

Gl. 30) . . . . . $K = \frac{2\,(b + r - 1)}{1 + r}\,.\,T.k,$

worin b das Verhältnis der Rohlast ausschlieſslich der Lokomotive und des Tenders zur Nutzlast, also die Ladeziffer,

r das Verhältnis der Verkehrsmenge der Nebenrichtung zu der der Hauptrichtung und

T die Anzahl der jährlich in beiden Richtungen zusammen beförderten t Nutzlast bedeuten.

Für die Berechnung der Betriebskosten auf Zahnbahnen fehlen noch zuverlässige statistische Angaben. Sie schwanken mit der Gröſse des Verkehres und der Steigung sehr. O. Blum hat in seiner mehrfach erwähnten Abhandlung unter bestimmten Annahmen vergleichende Berechnungen zwischen Reibungs- und Zahn-Bahnen und Bahnen gemischter Bauart aufgestellt, welche als Anhalt für solche Berechnungen dienen können[68]).

Hat man für Linien mit verschiedenen Längen und Steigungen die Werte der vorstehenden Gleichungen ermittelt, so kann man für den Fall, daſs die Baukosten für alle etwa gleich sind, aus dieser Zahl sogleich auf die Güte der einzelnen Linie schlieſsen. Sind die Baukosten aber ebenfalls verschieden, so hat man die Vergleichszahlen für die jährlichen Betriebskosten zu kapitalisieren, den betreffenden Baukosten für jede Linie hinzuzuzählen und nach den sich daraus ergebenden Summen die zweckmäſsigste Linie zu wählen.

Zu erwähnen ist hier noch, daſs man auch die sogenannte „virtuelle Länge“ zum Vergleiche von Linien verschiedener Länge und verschiedener Steigungs- und Krümmungs-Verhältnisse benutzen kann. Man versteht darunter die Länge, welche

---

[67]) Theorie des Trassierens, Heft 2, S. 68.

[68]) Siehe auch Zeitschr. f. Kleinb. 1899, S. 315. Reibungs- und Zahnrad-Bahnen von Zezula. Dolezalek, Band IV, 1. Auflage, Abschnitt A.

eine Bahn von gegebenen Steigungs- und Richtungs-Verhältnissen erhalten müfste, um dieselben Betriebs-Kosten oder Betriebs-Ersparnisse zu verursachen, wie die untersuchte Linie. Die Betriebskosten-Veränderung wird also durch Längenveränderung gemessen. Das Verhältnis der „virtuellen Länge“ zur wirklichen nennt man „virtuelle Längenziffer“.

Über die Gestaltung der Bahn, die man als Grundlage für den Vergleich benutzen soll, ist man indes nicht einig.

Lindner[69]) nimmt eine gerade wagerechte Bahn als Grundlage an und hat den Vorteil der Einfachheit für sich. Dabei bleibt aber die mafsgebende Steigung unberücksichtigt, die für die Zuglänge und damit auch für die Betriebskosten von wesentlicher Bedeutung ist.

Schübler[70]) und nach ihm Launhardt nehmen dagegen als Einheit eine Flachlandbahn an, deren mafsgebende Steigung die Grenze der unschädlichen Steigung ist. Dies gibt aber ziemlich verwickelte Rechnungen, und da man dabei die Berechnung der Betriebskosten doch nicht vermeiden kann, so erscheint die Benutzung der virtuellen Längen für neu anzulegende Bahnen zum Vergleiche nicht vorteilhaft, um so weniger, als die Baukosten dabei nicht berücksichtigt werden.

Dagegen könnte man die virtuelle Länge vielleicht mehr als bisher zur Festsetzung der Tarife benutzen, indem man für Bahnen mit den Betrieb erschwerenden Verhältnissen die virtuelle Länge als Tariflänge benutzt[71]).

1. β) Vorschriften für die Darstellung allgemeiner Vorarbeiten.

In den meisten Staaten bestehen Bestimmungen über die Art, wie die Entwürfe von Bahnen zur Vorlage bei den Behörden darzustellen sind. In Preufsen sind für die allgemeinen Vorarbeiten im Mai 1897 folgende Bestimmungen erlassen:

a) Der Bahnzug ist in einer Übersichtskarte, etwa in einer Generalstabskarte, im Mafsstabe 1 : 100000 durch eine zinnoberrote Linie darzustellen. Für Gebiete, wo diese Karten fehlen, ist eine der besten vorhandenen Karten von entsprechendem Mafsstabe zu verwenden. Die Bahnlinie ist in km einzuteilen, die Bezifferung ist in Abständen von 5 oder 10 km einzuschreiben.

b) Der Höhen- und Lageplan der nächsten Umgebung der Bahnlinie ist nach gegebenem Muster im Mafsstabe von 1 : 10000 für die Längen und 1 : 500 für die Höhen aufzutragen. Die Höhenlage der Grundlinie über N. N. ist anzugeben; auch müssen die Profile von dem Landmesser unterschrieben und die Zeit der Aufnahme bemerkt werden.

c) Die geplante Bahnanlage ist unter Angabe der in ihr erforderlich werdenden gröfseren Bauwerke in einem Erläuterungsberichte näher zu beschreiben.

d) Die Höhe des Kostenaufwandes ist durch einen allgemeinen Überschlag nachzuweisen, der sich in folgende Titel gliedert:

Tit. I. Grunderwerb und Nutzungsentschädigung einschliefslich der dadurch entstehenden Kosten.

---

69) Die virtuelle Länge und ihre Anwendung auf Bau und Betrieb der Eisenbahnen, eine von A. Lindner, Zürich 1879.

70) Schübler, Über den Begriff der virtuellen Länge und die praktischen Anwendungen derselben. Centralbl. der Bauverwaltung 1884.

71) Ein Beispiel der Benutzung der virtuellen Länge zur Berechnung der Betriebskosten findet man in der Zeitschrift des Arch.- und Ing.-Vereines zu Hannover, 1885, S. 337 in dem Aufsatze von Wendland, Betriebsergebnisse der Bahn von Paulinenaue nach Neu-Ruppin.

Tit. II. Erd-, Fels- und Böschungsarbeiten, sowie Futtermauern zur Herstellung des Bahnkörpers einschliefslich derjenigen für Wege, Übergänge und so weiter, nebst den zur Ausführung erforderlichen Gerätschaften.

„ III. Einfriedigungen, jedoch ausschliefslich derjenigen der Bahnhöfe.

„ IV. Wege-Übergänge einschliefslich der Unter- und Überführungen von Wegen und Eisenbahnen nebst allem Zubehör.

„ V. Durchlässe und Brücken.

„ VI. Tunnel.

„ VII. Oberbau nebst allen Nebensträngen und zugehörigen Ausweichungen.

„ VIII. Signale nebst den dazu gehörigen Buden und Wärterwohnungen.

„ IX. Bahnhöfe und Haltestellen nebst allem Zubehöre an Gebäuden, ausschliefslich Werkstatt-Anlagen aller Art.

„ X. Werkstatt-Anlagen.

„ XI. Aufserordentliche Anlagen, als Flufsverlegungen, Durchführung durch Festungswerke.

„ XII. Betriebsmittel.

„ XIII. Verwaltungskosten.

„ XIV. Insgemein.

„ XV. Etwaige Ausfälle einer Strecke auf Kosten der Baugelder.

„ XVI. Zinsen während der Bauzeit.

„ XVII. Kursverluste.

„ XVIII. Erste Ausrüstung des Sicherheits-Bestandes.

Die Tit. XV bis XVIII fallen bei Bahnen für Rechnung des Staates weg.

e) In einer Denkschrift ist der Zweck der geplanten Bahn anzugeben und die Lage der Bahn zu den Kreisen und Regierungsbezirken darzulegen, auch sind die wirtschaftlichen und Verkehrsverhältnisse des zu erschliefsenden Landstriches zu erötern und etwaige Leistungen Beteiligter anzugeben.

f) Eine Ertragsberechnung und ein Betriebsplan sind beizufügen.

Für die preufsisch-hessischen Staatsbahnen ist bei Aufstellung des Kostenanschlages und des Erläuterungsberichtes folgendes zu beachten:

A. Allgemeiner Kostenansehlag.

1. Die Einteilung soll vorstehender Gliederung unter tunlichster Beschränkung der Zahl der Positionen und Unterpositionen entsprechen [72]).
2. Die soweit als angängig zur Ermittelung der einzelnen Positions- und Unterpositions-Beträge als Grundlage einzuführende Bahnlänge ist auf Zehntel km abzurunden.
3. Die Summe jedes Titels ist durch Einsetzung eines Betrages für unvorhergesehene Arbeiten auf mindestens volle Hundert und die des ganzen Anschlages durch entsprechende Bemessung des Titels „Insgemein“ auf volle Tausend Mark abzurunden.
4. Die Kosten für den zum Bau der Bahn einschliefslich aller darauf stehenden Gebäude und Nebenanlagen erforderlichen Grund und Boden nebst allen Nebenkosten für Wirtschaftserschwernisse und dergleichen, überhaupt alle dem Enteignungsgesetze unterliegenden Erwerbungen und Entschädigungen, ferner die bei fremden Behörden erwachsenden Kosten für Regelung und Durchführung des Grunderwerbes und die Kosten für zu versetzende, umzubauende oder umzudeckende Gebäude, soweit sie im Feuergebiete der Bahn liegen, sind auszuwerfen. Auch sind die Grunderwerbskosten für die einzelnen Kreise besonders anzugeben. Die bereits im Besitze des Fiskus befindlichen Flächen sind ebenso, wie die von der Bahn nur zur Mitbenutzung beanspruchten Flächen von Landstrafsen und öffentlichen Wegen von der Veranschlagung auszuschliefsen.

[72]) Erlafs vom 27. März 1882.

5. Die Kosten für die Erdbewegung, für besondere Bauaufsicht, Schachtmeistergeld, Geräte, Fördermittel und dergleichen sind mit denen für Böschungsarbeiten vereint in einer Position zu berechnen.
6. Für Durchlässe und Brücken unter 10 m Lichtweite genügt die Angabe der Kosten für 1 km Bahnlänge, gröfsere Bauwerke sind unter Beifügung von Skizzen und besonderen Überschlägen einzeln aufzuführen.
7. Die Kosten jedes Tunnels und die der Gleise sind nach laufenden Metern zu veranschlagen.
8. Im Anschlage genügt für jeden Bahnhof die Angabe der Kostensumme, die indes durch eine Nachweisung der auszuführenden Bauten und deren Kosten zu erläutern ist
9. Sofern nicht andere Bestimmungen getroffen werden. ist für Werkstattanlagen und Betriebsmittel für 1 km Bahnlänge ein Betrag von 2500 M. einzusetzen[73]).
10. Bei den aufserordentlichen Anlagen sind auch die Kosten in Ansatz zu bringen und besonders ersichtlich zu machen, die auf Grund des Eisenbahnpostgesetzes vom 20. 12. 1875 von der Eisenbahnverwaltung voraussichtlich zu tragen sein werden.
11. Die Höhe der Verwaltungskosten einschliefslich der Kosten für Leitung und Durchführung des Grunderwerbes, für Vermessung und Abgrenzung durch Eisenbahnbeamte sowie einschliefslich der Kosten für Abnahme der Oberbauteile ist bis zu 10 % der Titel I bis XII und XIV anzunehmen[74]).

B Der Erläuterungsbericht soll eine Darlegung der bei Ausführung der allgemeinen Vorarbeiten leitend gewesenen Gesichtspunkte, und bei verschiedenen in Frage kommenden Linien die für jede geltend zu machenden Vor- und Nachteile, sodann eine nähere Beschreibung der dem Entwurfe zu Grunde gelegten Linie, und aufser den zur technischen Beurteilung nötigen Angaben eine nach den Titeln des Kostenanschlages zu ordnende ausreichende Begründung, sowohl der veranschlagten Gegenstände, als auch der in Ansatz gebrachten Preise enthalten. Aufserdem ist eine Nachweisung der Neigungen uud Krümmungen der Bahn beizufügen.

C. Bei Erörterung der wirtschaftlichen Bedeutung der Bahn für die durchschnittene Gegend und die berührten Orte sind namentlich die zu erwartenden Vorteile eingehend zu erörtern. Soweit es sich dabei um Zahlen-Angaben handelt, sind die neuesten amtlichen, in Anmerkungen näher zu bezeichnenden, statistischen Ermittelungen zu Grunde zu legen. Die Ertragsberechnung ist unter gleichzeitiger Berücksichtigung der voraussichtlichen Rückwirkungen auf den Verkehr der bestehenden Staats- oder für Rechnung des Staates verwalteten Eisenbahnlinien aufzustellen, der ziffermäfsigen Veranschlagung der Einnahmen und Ausgaben bedarf es dabei nicht.

Die Bestimmungen können im Wesentlichen auch bei den Entwürfen für Privatbahnen als Anhalt dienen; indes wird der Grunderwerb nur dann nach den einzelnen Kreisen zu trennen sein, wenn diese die erforderliche Fläche zu stellen verpflichtet sind.

In den übrigen deutschen Staaten und in anderen Kulturländern bestehen ähnliche Bestimmungen[75]).

---

[73]) Erlafs vom 8. Oktober 1881.

[74]) Erlafs vom 16. November 1895.

[75]) S. Heusinger von Waldegg, Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. 1. Bd. 1. Abteilung.

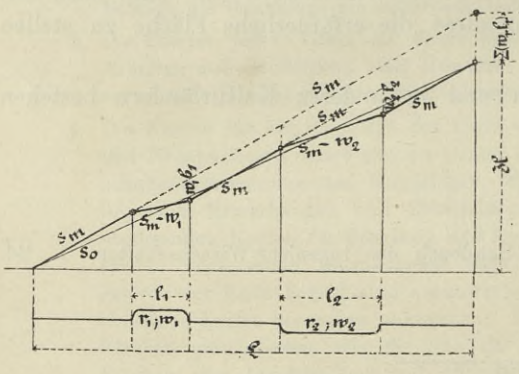
c) 2. Ausführliche Vorarbeiten und Vorschriften für deren Darstellung.

Die ausführlichen Vorarbeiten werden meistens erst begonnen, wenn die Genehmigung zum Bauen einer Bahn auf Grund der vorgelegten allgemeinen Vorarbeiten erteilt ist. Die behufs beschleunigter Inangriffnahme des Baues etwa schon früher gefertigten ausführlichen Vorarbeiten können verloren sein, weil aus der Erlaubnis zur Anfertigung von Vorarbeiten noch kein Anrecht auf Ausführung des Baues entspringt. Die zur Anfertigung der ausführlichen Vorarbeiten erforderlichen genaueren Aufnahmen des Geländes können sich in der Regel auf ein viel engeres Gebiet beschränken, als bei den allgemeinen Vorarbeiten, da durch diese der Zug der Linie schon annähernd bestimmt ist. Man steckt diese Linie zunächst meist ohne Krümmungen als Vieleck ab, nimmt die Umgebung nach Lage und Höhe auf und trägt diese Aufnahmen in Karten im Maßstabe von 1 : 2500 oder 1 : 1000 ein, die entweder bei Behörden, den Katasterämtern, zu erhalten, oder aufzunehmen sind. In die Karten werden, wo dies nötig ist, die Schichtenlinien eingezeichnet und dann wird die Linie, wie bei Ausführung der allgemeinen Vorarbeiten näher beschrieben, mit den als zweckmäßig oder möglich festgestellten Steigungsverhältnissen entworfen. Dabei ist das Steigungsverhältnis auf den Strecken mit der maßgebenden Steigung in den Krümmungen, sowie in langen schlecht gelüfteten Tunneln entsprechend den früher angegebenen Formeln ermäßigen, was man bei den allgemeinen Vorarbeiten in der Regel noch unterläßt. Die nötige Ermäßigung kann man nach Goering[76]) leicht zeichnerisch darstellen.

Bezeichnet $w_r^{kg|t}$ den durch die Krümmungen erzeugten zusätzlichen Widerstand, l_r die Länge der einzelnen Bogen, L die ganze Länge der mit der gleichen maßgebenden Steigung zu entwerfenden Strecke, $s_o^{0/00}$ die vorläufig angenommene maßgebende Steigung, so ist die für die gerade Linie maßgebende Steigung

Gl. 31) . . . . . $s_m^{0/00} = s_o^{0/00} + \frac{\Sigma\left(w_r^{kg|t} . l_r\right)}{L}$.

Abb. 7.



Mittelung der Steigungsermäßigung.

Die Hypothenuse der ganzen Länge L und der ganzen Höhe H als Katheten gibt die Steigung s_o an. Verlängert man H um $\Sigma(w_r . l_r)$, so stellt die geradlinige Verbindung des neugefundenen Höhenpunktes mit dem Anfangspunkte der Steigung das Verhältnis s_m dar (Textabb. 7). Indem man nun dieses in den geraden Strecken durchführt und am Ende jeder Krümmung den zugehörigen Höhenverlust $w_r l_r$ von der zu s_m gleichlaufenden Richtung herabsetzt, erhält man das gebrochene Steigungsverhältnis, mit dem die Linie zu entwerfen ist.

[76]) S. Röll's Encykl. Bd. I. S. 2444.

Aufser auf die Erzielung einer Linie mit möglichst geringen Erdarbeiten wird man alsdann noch mehr, als bei den allgemeinen Vorarbeiten auf den Untergrund der Bahn, auf die Art des zu bewegenden Bodens, auf die Richtung und Höhenlage der zu schneidenden Wege und Wasserläufe achten, und in dieser Beziehung unter Umständen Anlafs zur Änderung der Richtung oder Höhenlage der Bahn finden. Besonders wird man häufig vorziehen, etwas gröfsere Erdarbeiten auszuführen, als befestigte Wege auf längere Strecken zu verlegen, da solche Verlegungen meist ziemlich kostspielig sind.

Besondere Erwägung erfordert auch die Frage, ob man Wege, die an der Schnittstelle etwa 2 bis 3 m tiefer oder höher liegen, als S. O., in Schienenhöhe kreuzt, oder unter- oder überführt. Man hat zweifellos früher der Vermeidung schienenfreier Kreuzungen im Allgemeinen nicht genug Beachtung geschenkt, da man die Verkehrsentwickelung unterschätzte. Wenn irgend angängig, sollte man mindestens bei Hauptbahnen und Wegen von erheblicherer Bedeutung Unter- oder Überführungen herstellen[77]). Weiter ist zu erwägen, ob man bei Bauwerken, bei welchen der gegebene Höhenunterschied zwischen Bahn und Weg oder Bachsohle nur die Anwendung eiserner Träger gestattet, nicht durch Änderung der Höhenlage der Bahn, des Weges, oder Baches eine solche Höhe gewinnen kann, dafs die Herstellung eines gewölbten Bauwerkes oder eines solchen in Beton-Eisen möglich wird. Gewölbte Bauwerke sind meist in der Unterhaltung wesentlich billiger, sodafs sich die Aufwendung einer etwas höhern Bausumme für die Ausführung lohnt. Eisenbeton-Brücken sind kaum teuerer als eiserne, und bedürfen fast keiner Unterhaltung[78]).

Bei Gebirgsbahnen ist ferner noch genauer zu untersuchen, als bei den allgemeinen Vorarbeiten, ob man nicht statt eines tiefen Einschnittes einen Tunnel herstellt. Dies hängt namentlich von der zu durchfahrenden Bodenart, der Neigung, die den Böschungen bei Ausführung eines Einschnittes gegeben werden müfste, und dem Umstande ab, ob etwa eine oder mehrere Wege-Überführungen in der betreffenden Strecke erforderlich sind. In letzterm Falle wird sich schon bei mäfsiger Tiefe die Herstellung eines Tunnels statt eines Einschnittes empfehlen. Im Ganzen kann man annehmen, dafs die Grenze des offenen Einschnittes bei einer eingleisigen Vollspurbahn bei etwa 15 bis 16 m Tiefe liegt. Bei einer Schmalspurbahn wird sie entsprechend niedriger, bei einer zweigleisigen Vollspurbahn höher, etwa bei 23 bis 25 m Tiefe liegen.

Endlich ist noch zu überlegen, ob man statt hoher Dämme nicht besser Brücken herstellt. Dies empfiehlt sich besonders bei eingleisigen Bahnen dann, wenn Wege-Unterführungen, oder Bachbrücken in ähnlicher Gröfse darin erforderlich sind, schon bei ganz mäfsigen Auftragshöhen. Eine vergleichende Berechnung wird fast immer ergeben, dafs in solchen Fällen die Ausführung eines hohen Brückenbauwerkes schon bei 6 bis 7 m Auftragshöhe der Ausführung eines schlauchförmigen Bauwerkes, wie solche unter hohen Dämmen oft ausgeführt sind, vorzuziehen ist, besonders bei schlechtem Untergrunde, der künstliche Gründung erfordert. Bei gröfserer Höhe der Aufträge tritt der Vorteil der Ausführung von hohen Bauwerken statt Dämmen noch in weit höherm Mafse hervor, denn die Kosten wachsen bei einer eingleisigen Vollspurbahn und noch mehr bei einer

77) Weikard und Ebert, Organ 1903, S. 209, 231, 243.
78) Weikard und Ebert, Organ 1903, S. 209.

Schmalspurbahn mit jedem Meter Höhe bei Dämmen viel bedeutender, als bei Bauwerken.

Hat man auf Grund dieser Erwägungen die Linie festgelegt, so ist sie im Felde abzustecken, zu stationieren und zu nivellieren, auch sind Querprofile rechtwinkelig zu ihr aufzunehmen zur Ermittelung der für die Herstellung der Bahn zu bewegenden Erdmassen. Diese Aufnahmen sind vorschriftsmäfsig aufzutragen behufs Einholung der für den Bau erforderlichen Genehmigung seitens der Behörden, welche die Landespolizei wahrzunehmen und die Aufsicht über Bauten für öffentliche Zwecke zu führen haben. (S. 22).

Für die Darstellung des ausführlichen Entwurfes sind ebenfalls in allen Kulturstaaten bestimmte Vorschriften gegeben.

In Preufsen sollen die einzureichenden ausführlichen Vorarbeiten bestehen in:

a) einer nähern Darstellung der Lage und des Nivellements der Bahn,
b) den Entwürfen zu den Futtermauern, den Wege-Übergängen und den Brücken,
c) desgleichen zu den Tunneln und den sonstigen aufserordentlichen Bauwerken,
d) der Darstellung des Oberbaues,
e) den Entwürfen zu den Anlagen der Bahnhöfe,
f) einem ausführlichen Erläuterungsberichte.

Die unter b) bis e) aufgeführten Vorlagen werden in der Regel erst nach geschehener landespolizeilicher Festsetzung der Bahnlinie ausgearbeitet und eingereicht und gehören überhaupt nicht in den Abschnitt über Linienführung. Daher werden hier nur noch die weiteren Bestimmungen bezüglich der Punkte a) und f) mitgeteilt:

a) Lage- und Nivellementspläne.

1. Für die ganze Bahn findet eine fortlaufende Einteilung nach km statt. Die Pläne werden nach dieser Einteilung bearbeitet und Lageplan und Längenschnitt dabei in der Regel auf einem und demselben Blatte untereinander dargestellt. Behufs gröfserer Übersichtlichkeit werden mehrere Blätter, die, soweit es die Krümmungen der Bahn zulassen, zusammen 3 bis 4 km umfassen können, klappenförmig zusammen geklebt. Ein Unterbrechen der Bahnlinie und des Lageplanes ist hierbei nur dann statthaft, wenn dadurch die Lage der Teile gegen einander nicht zweifelhaft wird
2. Zu dem Lageplane und den Längen des Nivellements ist ein Mafstab von 1 : 2500 anzuwenden; die Höhen im Längenschnitte sind nach einem 10mal gröfsern Mafsstabe aufzutragen.
3. Die Bahnlinie ist in Stationen von 100 m Länge mit Unterabteilungen von 50 m einzuteilen, die mit vom Anfangspunkte der Bahn ab fortlaufenden Ziffern bezeichnet werden; jede fünfte Station wird im Längenschnitte noch durch eine stärker ausgezogene Ordinate hervorgehoben. Die km sind mit römischen Ziffern unter dem betreffenden Stationszahlen, unter dem Bogenbande die ganzen und Zehntel-km einzutragen.
4. Die Lage der zwischen den Stationspunkten etwa noch erforderlichen Ordinaten ist durch das Einschreiben ihrer Entfernung von dem vorliegenden Stationspunkte festzustellen, desgleichen die Bogen- Anfangs- und Endpunkte und die Gefällwechsel.
5. Die Lagepläne sind einem gegebenen Muster entsprechend in einer Breite von 250 m zu jeder Seite der Bahn herzustellen; die Gestaltung des Geländes ist, soweit es zur Beurteilung der gewählten Richtung und Höhenlage der Bahn erforderlich ist, durch Schichtenlinien von 5 bis 1 m Höhenabstand anzugeben. Der Bahnkörper ist mit allen seinen Nebenanlagen, als Wege-Übergängen und -Verlegungen, Seitenwegen, Brücken, Seitengräben vollständig einzutragen. Alles Bestehende ist mit schwarzen Linien zu zeichnen und schwarz zu beschreiben. Der Bahnkörper dagegen sowie alle Entwürfe sind mit Zinnoberrot einzutragen und zu beschreiben. Auf jedem Blatte mufs die Nordlinie angegeben werden.

6. In die Nivellementspläne sind die Entwürfe gleichfalls mit Zinnoberrot einzuzeichnen, ebenso sind die Wege- und Bahnhofs-Anlagen, die Höhen des Bahnkörpers, sowie der Auf- und Abträge und die Neigungen rot anzugeben, während die Brücken, Durchlässe, Wasserstandsverhältnisse und die Seitengräben der Bahn blau anzugeben sind. Alle bestehenden Gegenstände werden auch in den Nivellementsplänen schwarz dargestellt.
7. Die höchsten und die niedrigsten Stände aller Gewässer, die auf die Bahnanlage von Einfluſs sind, sowie deren Fachbäume und Pegel, die Beschaffenheit der Bodenarten, die Tiefen der von der Bahn berührten Moore und Brüche, die Türschwellen der der Bahn nahe liegenden Gebäude und alle Festpunkte, an welche das Nivellement angeschlossen ist, insbesondere die Schienenhöhe eines bestimmten Punktes auf den nächsten Eisenbahnhöfen müssen in den Längenschnitten vollständig bezeichnet sein.
8. Alle Höhen sind auf den Normalnullpunkt der Berliner Sternwarte (N. N. Amsterdamer Pegel) zu beziehen, nach Bedarf ist auf den einzelnen Blättern die wagerechte Grundlinie um je volle 10 m höher zu legen, was in den Längenschnitten anzugeben ist. Die Höhen sind jedoch überall auf Normalnull zu beziehen.
9. Um den Übergang von einem Blatte zum andern deutlich zu erkennen und zu beurteilen, sind am Anfange und Ende jedes Blattes mindestens 100 m lange Strecken des folgenden und des vorhergehenden Blattes, jedoch nur in einfachen schwarzen Linien mit darzustellen.
10. Vor der vorläufigen Feststellung der Pläne beispielsweise in Folge der landespolizeilichen Prüfung einzutragende Änderungen sind in blauer, nachher einzutragende in grüner Farbe darzustellen. Eisenbahnanlagen, die durch die Einführung oder Kreuzung von Kleinbahnen und Privatanschluſsbahnen nötig werden, sind in gelber Farbe einzutragen.
11. Alle Pläne sind in der rechten obern Ecke mit einer fortlaufenden Blattnummer zu versehen[79]).

f) Erläuterungsbericht und Kostenanschläge.

Im Erläuterungsberichte sind der Zweck der Bahn, die Beschaffenheit des Geländes, die hiernach ermittelte Richtung darzulegen, auch sind die Neigungs- und Krümmungsverhältnisse zu erörtern. Demnächst ist die Anordnung und Bauweise der entworfenen Bauwerke nach den Titeln des Überschlages vollständig zu erläutern. Alle örtlichen Verhältnisse, die auf den Bahnbau von Einfluſs sind, sowie die Zeit, in der man den Bahnbau zu vollenden beabsichtigt, müssen gleichfalls aufgeführt werden.

Die allgemeinen Vorarbeiten, auf Grund deren die Genehmigung erteilt ist, sind den ausführlichen beizufügen Mit Erlaſs vom 28. Juli 1895 ist endlich noch bestimmt, daſs den ausführlichen Entwürfen einer Bahnlinie ein Übersichtsnivellement mit zugehörigem Bogenbande beizufügen ist, bei welchem für die Längen je nach der Dichtigkeit der Brechpunkte ein Maſsstab von etwa 1 : 100000 oder 1 : 50000, für die Höhen ein solcher von 1 : 1000 zu wählen ist.

Über die Bestimmungen in anderen Staaten sind ebenfalls im Handbuche der Ingenieur-Wissenschaften von Heusinger von Waldegg, I. Band, 4. Abteilung, vielfache Angaben enthalten, auch hat die Zeitschrift für Kleinbahnen solche Bestimmungen veröffentlicht.

---

[79]) Im Übrigen sind bei Anfertigung der Pläne die Bestimmungen des Zentral-Direktoriums der Vermessungen im preuſsischen Staate vom 20. Dezember 1879 über die Anwendung gleichmäſsiger Bezeichnungen für topographische und geometrische Karten, Pläne und Risse zu beachten.

A. III. Anforderungen des Betriebes an die Gestaltung und Einteilung der Bahn.

Bearbeitet von **Paul.** †

III. a) Zahl der Gleise.

Man unterscheidet im Allgemeinen ein- und zweigleisige Bahnen, bei besonders starkem Verkehre werden auch drei-, vier- und selbst noch mehrgleisige Bahnen nötig.

Nach den T. V. 1. soll in den Entwürfen zu eingleisigen Eisenbahnen, bei welchen die Notwendigkeit der spätern Herstellung des zweiten Gleises nicht ausgeschlossen scheint, auf dessen Anlage von vorn herein in angemessener Weise Bedacht genommen werden.

Die auf einer eingleisigen Bahn zu befördernde Frachtmenge ergibt sich aus der möglichen Zugstärke, der zulässigen oder möglichen Geschwindigkeit und der Entfernung der Kreuzung-Stationen. Durch Vermehrung dieser und durch Anwendung stärkerer Lokomotiven kann man also die Herstellung des zweiten Gleises oft noch hinausschieben, ebenso auch durch Einrichtung des Nachtdienstes. Dieser kostet indes zuweilen ebenso viel oder mehr, als die Verzinsung der Anlage und die Unterhaltung eines zweiten Gleises. Man mufs also vor Errichtung des Nachtdienstes bei einer eingleisigen Bahn in dieser Beziehung zunächst eine vergleichende Berechnung anstellen und dabei beachten, dafs eine zweigleisige Bahn mehr, als das Doppelte zu leisten vermag, als eine eingleisige, denn man kann die durch Einrichtung von Blockstellen zwischen den Bahnhöfen zu erzielende raschere Zugfolge auf einer zweigleisigen Bahn besser ausnutzen, als auf einer eingleisigen. Durch Einführung des Nachtdienstes kann dagegen nur selten die doppelte Verkehrsmenge befördert werden, weil der Tagesdienst sich meist schon über mehr als zwölf Stunden erstreckt.

An Grunderwerb für das zweite Gleis ist bei der Bahnanlage nur ein zusätzlicher Streifen von 3,5 m Breite erforderlich, für welchen Kosten für Durchschneidungen und Wirtschafts-Erschwernisse in der Regel nicht zu zahlen sind. Dieser Mehrerwerb ist also verhältnismäfsig billiger, als der Erwerb für ein Gleis, jedenfalls aber wesentlich billiger, als der Ankauf in späteren Jahren, weil der Preis des Landes in der Nähe vorhandener Bahnen erfahrungsgemäfs erheblich steigt, selbst wenn es unbebaut bleibt. Bis zur Verwendung zu Bahnzwecken wird es durch Verpachtung immerhin einen mäfsigen Zins bringen, auch kann es da, wo aus irgend einem Grunde die Einschnitts- und Damm-Massen sich nicht genau ausgleichen, zum Unterbringen von Aussatzmassen oder zur Entnahme von fehlendem Boden benutzt werden, wodurch der Ankauf besonderer Flächen vermieden wird.

Steht die Notwendigkeit der Herstellung eines zweiten Gleises in näherer Zeit zu erwarten, so richtet man wohl die gröfseren Kunstbauten, wie Tunnel und Brücken gleich für zwei Gleise her, wenigstens führt man bei den Brücken den Grundbau für eine zweigleisige Anlage aus, versieht sie aber nur auf einer Seite mit fertigen Flügeln, während man an der andern Seite die Widerlagsmauern für die zweite Brückenhälfte treppenförmig in solcher Weise aufmauert, dafs sie für die erste Brückenhälfte als schräg abfallende, gerade Flügel dienen. Zuweilen stellt man sogar den ganzen Unterbau mit Ausnahme etwa der eisernen Träger für das zweite Gleis fertig, wobei der Vorteil der billigern Herstellung der Erdarbeiten erreicht wird, denn die spätere Verbreiterung des Erdkörpers ist immer kostspieliger, als dessen Anlage von vornherein. Namentlich hat man die Tunnel meist gleich zweigleisig hergestellt, weil deren spätere Verbreiterung schwierig ist. Indes haben neuere Erfahrungen gezeigt, dafs zwei eingleisige, in einiger Entfernung von einander ausgeführte Tunnel in manchen Fällen kaum so teuer werden, wie ein zweigleisiger. Auch geben die Ingenieure Grandjean und Williams ein Verfahren für den Ausbau eines eingleisigen zu einem Zwillingstunnel an, das sich unter Umständen bei nicht zu langen Tunneln mit Vorteil anwenden lassen dürfte [80]). In neuerer Zeit ist die Ausführung des Simplontunnels bemerkenswert, bei dem zunächst ein eingleisiger Tunnel fertig gestellt, daneben aber ein Stollen in der Lage des zukünftigen zweiten eingleisigen Tunnels angelegt ist, der während des Baues zu Bau- und Lüftungs-Zwecken nutzbar gemacht wurde.

Zuweilen kommt es auch vor, dafs nur ein Teil einer Strecke zweigleisig hergestellt werden mufs, während der übrige eingleisig verbleiben kann. Dies kann erforderlich werden, wo eine Strecke mit schwachen Steigungen in eine solche mit starker Steigung übergeht, also durch Teilung der Züge deren Vermehrung eintritt.

Nach der B. O. 12 und der T. V. 30 dürfen Doppelgleise auf der freien Bahnstrecke nicht weniger, als 3,5 m Mittenabstand haben, ein drittes Gleis mufs von dem zunächst liegenden mindestens 4 m entfernt sein und dieses Mafs gilt auch für den Abstand mehrerer Gleispaare.

Wenn dem Entwurfe zwar eine zweigleisige Bahn zu Grunde gelegt, die Bahn aber zunächst nur eingleisig ausgeführt werden soll, so ist zu untersuchen, welches der beiden Gleise zunächst herzustellen ist. Man braucht nicht für die ganze Strecke dasselbe Gleise durchzuführen, kann vielmehr zwischen den einzelnen Stationen oder auch auf freier Strecke damit wechseln, um an Erdarbeiten zu sparen und bessern Ausgleich der Massen zu erzielen. Bei dem spätern Ausbaue des zweiten Gleises werden dann allerdings mehrfach Verschiebungen des bereits im Betriebe befindlichen Gleises stattfinden müssen. Die Linienführung drei- oder viergleisiger neuer Bahnen wird wohl nur in sehr grofsen Städten oder sehr dicht bebauten gewerblichen Gebieten in Frage kommen und hängt dann von so vielen rein örtlichen Einflüssen ab, dafs weitere allgemein gültige Gesichtspunkte, als die schon dargelegten, nicht wohl aufzustellen sind.

---

[80]) Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins zu Hannover. 1879. S. 302. Organ 1895 S. 39 u. 53. Simplon-Tunnel.

III. b) Zahl, Länge und Ausstattung der Bahnhöfe.

Die gröfste Entfernung zweier auf einander folgender Stationen ist vom Standpunkte des Betriebs-Dienstes bedingt durch den Bedarf von Ausweiche- und Zugfolge-Stellen, sowie durch den Verbrauch der Lokomotiven, da die Ergänzung der Vorräte in der Regel nur während des Haltens der Züge geschieht. Man hat zwar in England und Amerika an einzelnen Stellen die Einrichtung getroffen, dafs Lokomotiven während der Fahrt Wasser nehmen können (Band I, 1. Auflage, S. 336), aber dergleichen Anlagen sind nicht getroffen worden, um die Anlage von Stationen zu sparen, sondern um häufiges Anhalten von Schnellzügen zu vermeiden. Im Allgemeinen werden aber die Stationen, wenigstens in entwickelten Gegenden, aus Verkehrs-Rücksichten in viel kleineren Abständen angelegt werden müssen, als zur Versorgung der Lokomotiven erforderlich ist; ihre Lage und Zahl ergibt sich daher in erster Linie aus dem Verkehrsbedürfnisse der anliegenden Ortschaften, sowie aus dem Bedürfnisse an Kreuzung- und Überholung-Stationen.

Die Entfernung von Ausweichestellen einer eingleisigen Bahn ist nach der Gröfstzahl der in bestimmter Zeit zu fahrenden Züge zu bemessen Sollen innerhalb 14 Stunden in jeder Richtung 15 Züge mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 25 km/St. und einem durchschnittlichen Stations-Aufenthalte von 8 Minuten gefahren werden, so erhält man die gröfste Entfernung x der Kreuzungstellen aus der Gleichung

Gl. 32) . . . . . $2\left(\frac{60}{25} \cdot x + 8\right) . 15 = 14 . 60$, also

Gl. 33) . . . . . $x = (28 - 8) . \frac{25}{60} = 8^1/_3$ km.

Man wird indes gut tun, die Stationen etwas näher aneinander zu legen, weil die Züge sich in der Regel nicht in so ganz gleichen Zeiträumen folgen können, wie dies in der Berechnung angenommen ist. Nach der B. O. 14 kann das Reichseisenbahn-Amt die Anlage von Kreuzungstationen und Zugfolgestellen verlangen, aber in keiner geringern Entfernung, als 8 km.

Für die Steigerung des Verkehres und der Einnahmen empfiehlt es sich, möglichst viele Stationen anzulegen, da diese nicht nur fast allein die Einnahme-Quellen für eine Bahn bilden, sondern weil durch sie auch der Verkehr und der Wohlstand der von der Bahn durchschnittenen Gegend gehoben wird; indes findet die Zahl der Stationen ihre Grenze in den Kosten und den Zeitverlusten, die das Anhalten und Wieder-Anfahren der Züge und der Aufenthalt in den Stationen verursachen, sowie in den Anlage-, Unterhaltungs- und Verwaltungskosten.

Die Kosten für das Anhalten, die sich aus der Abnutzung der Schienen und Räder beim Bremsen, aus dem dabei und bei dem Aufenthalte und dem Wieder-Anfahren der Züge enstehenden Zeitverluste, besonders aber aus den Kosten für die erhöhte Anfahr-Zugkraft zusammensetzen, sind je nach der Gröfse der Züge, nach den Steigungsverhältnissen der Bahn und nach der Länge des Aufenthaltes verschieden. Launhardt berechnet die Kosten bei Hauptbahnen im grofsen

Durchschnitte zu 1,5 Mk. für jedes einzelne Halten[81]). Bei Nebenbahnen und bei Kleinbahnen fallen sie geringer aus.

Die Anlage- und Unterhaltungs-Kosten der Stationen sind je nach ihrer Ausdehnung verschieden.

Nach der B. O. 6 werden in Deutschland als Stationen alle Betriebstellen bezeichnet, auf denen Züge des öffentlichen Verkehres regelmäfsig anhalten; Stationen mit mindestens einer Weiche für den öffentlichen Verkehr gelten betriebstechnisch als Bahnhöfe, Stationen ohne solche Weiche als Haltepunkte.

Bei Erwägung der Frage, ob überhaupt eine Station anzulegen ist, sind zunächst nur die Kosten der allereinfachsten Anlagen in Rechnung zu stellen; erst wenn diese bejaht ist, wird es sich darum handeln, zu ermitteln, wie die Ausstattung zu wählen ist.

Haltepunkte verursachen sehr geringe Kosten. Es wird sich meistens nur um Anlage eines kurzen Bahnsteiges und um eine kleine Wartehalle handeln, die sogar häufig noch entbehrt werden kann, wenn es möglich ist, den Haltepunkt in der Nähe einer Wirtschaft anzulegen, deren Besitzer den Verkauf der Fahrkarten übernimmt, und den Reisenden einen Warteraum zur Verfügung stellt.

Erheblich gröfser sind die Anlagekosten für einen Bahnhof mit Wagenladungsverkehr, indem daselbst ein oder mehrere Nebengleise und meist auch eine befestigte Ladestrafse anzulegen ist. Bei nur geringem Verkehre kann man aber auch bei einfachen Bahnhöfen von der Anstellung eines besondern Beamten absehen und die Abfertigung der Güter und Fahrkarten einem Bewohner des Ortes gegen geringe Vergütung, oder einem Streckenwärter für gewisse Stunden des Tages übertragen. Dadurch können sich die Verwaltungskosten so vermindern, dafs man schon einem sehr mäfsigen Verkehrsbedürfnisse durch Anlage eines Bahnhofes entgegen kommen kann. Unter Umständen werden sich sogar die Anlieger zur Übernahme der Kosten für Stationen bereit finden. So konnten auf der nur 51,68 km langen Kleinbahn von Flensburg nach Kappeln 26 Stationen angelegt werden, weil für 22 die Gemeinden, oder einzelne Besitzer die Kosten der Anlage übernahmen, wodurch sich die Anlagekosten der Bahn sehr niedrig halten liefsen.

Bei Ermittelung des Verkehres einer anzulegenden Station hat man zu untersuchen, ob dieser einen Verkehrszuwachs für die Bahn bedeutet, oder ob er nicht auch ohne Anlage der Station den benachbarten Stationen zufallen würde.

Sind keine anderen Anhaltspunkte für die Höhe des Zuwachses an Verkehr vorhanden, so kann er auf Grundlage des auf S. 6 entwickelten Verfahrens ermittelt werden, indem man annimmt, dafs die im Umkreise von etwa 3 km von der anzulegenden Station wohnende Bevölkerung, die ohne dies zur weitern Verkehrszone anderer Stationen gehören würde, bei Anlage der Station in die engere der neuen rücken, also einen gröfsern Anteil an dem Bahnverkehre nehmen wird. Der aus der Anlage der Station für das Bahn-Unternehmen zu erwartende Mehrertrag kann hiernach auf Grund der auf S. 6 bis 10 gemachten Angaben abgeschätzt werden.

---

[81]) Launhardt, Theorie des Trassierens. Heft 2. S. 178.

Die Länge der Bahnhöfe hängt von der Stärke der auf der Bahn verkehrenden Züge ab, die wieder wesentlich von den Steigungsverhältnissen der Bahn beeinflufst wird.

Das Neigungsverhältnis von Bahnhofsgleisen soll abgesehen von Verschiebegleisen nicht mehr, als 1 : 400 betragen (B. O. 7).

Wo die Beförderung ganzer Militärzüge von 110 Achsen verlangt wird, müssen die Kreuzungsgleise einer Station nach der B. O. 14 mindestens 550 m lang sein, bei halben Militärzügen genügt eine Gleislänge von 290 m. Nach der B. O. 54 dürfen Güterzüge nicht mehr als 120 Wagenachsen stark sein, nur für einzelne Linien von Hauptbahnen mit besonders günstigen Steigungs und Richtungs-Verhältnissen und ausreichenden Bahnhofsanlagen kann die Achsenzahl mit Genehmigung der Landesaufsichtsbehörde bis auf 150 erhöht werden. Nach der T. V. 156 sind Züge von 150 Achsen allgemein, ausnahmsweise sogar solche von 200 Achsen zulässig. Für Güterzüge von 120 Achsen mufs die Länge der Kreuzungsgleise je nach der Art der Hauptfrachten und der davon abhängigen Bauart der Wagen 500 bis 600 m, für solche von 150 Achsen 600 bis 660 m betragen.

Bei sehr grofsen, besonders bei Verschiebe-Bahnhöfen, wo man eine gröfsere Zahl von Einfahrgleisen für Güterzüge hat, bedarf man einer noch längern, als der aus den Gleislängen selbst ermittelten Wagerechten, weil die Verbindungen der Gleise unter einander, die Weichenstrafsen, eine grofse Länge in Anspruch nehmen. Es ist zwar nach der B. O. und den T. V. zulässig, die Enden der Ausweichgleise und die Weichenstrafse in eine anschliefsende Steigung zu legen, im Allgemeinen wird man aber suchen, eine möglichst lange Bahnhofswagerechte anzulegen, weil das sowohl den Betrieb, als auch die verschiedene Ausnutzung der Gleise, namentlich aber auch spätere Erweiterungen erleichtert. Für Bahnen mit geringerm Verkehre und namentlich für Schmalspurbahnen wird häufig eine Länge von 200 bis 250 m genügen, zuweilen braucht man aber noch nicht 100 m. Nach den Grz. für L. 97 soll die Zahl der in einem Zuge laufenden Achsen bei Vollspur 120, bei 1 m Spur 80, bei 75 und 60 cm Spur 60 nicht überschreiten. Die B. O. 14 bestimmt ferner, dafs auch da, wo ausnahmsweise die für Militärzüge geforderten Ausweichstellen nicht mit den Verkehrstationen zusammentreffen, ihre rechtzeitige Herstellung wenigstens dadurch zu sichern ist, dafs der Bahnkörper und die Bettung in einer für zwei Gleise ausreichenden Breite angelegt und der erforderliche Vorrat an Oberbauteilen und Signaleinrichtungen bereit gehalten wird.

Die Breite der Bahnhöfe richtet sich namentlich nach der Zahl der anzulegenden Gleise. Diese kann bei Zwischenstationen von Neben- und Kleinbahnen oft auf zwei beschränkt werden, wobei ein Teil des zweiten Gleises durch besondere Weichenverbindungen als Ladegleis nutzbar gemacht wird. Bei Hauptbahnen sollen die Zwischenstationen nach den T. V. 35 in der Regel aufser den beiden Hauptgleisen mindestens noch ein drittes und den Raum für ein viertes Gleis erhalten. Wenn für den anfänglichen Verkehr nicht vier Gleise erforderlich sind, legt man aufser den beiden Hauptgleisen zunächst das vierte und später erst das dritte Gleis an, damit die am äufsersten Gleise anzulegende Ladestrafse sogleich ihre endgültige Lage erhalten kann.

Bei gröfseren Zwischenbahnhöfen und bei lebhaftem Verkehre auf der Strecke sind neben den Hauptgleisen oft noch ein oder zwei Nebengleise zum Überholen von Güterzügen, aufserdem meist mindenstens zwei Gleise für den Ortsverkehr an-

zulegen. Es empfiehlt sich, wenigstens den Platz für die Zahl der Gleise reichlich zu bemessen, damit die Anlagen bei etwaigem Verkehrszuwachse noch erweiterungsfähig sind, ohne den Ankauf von Gelände zu fordern. Wenn ein lebhafter Betrieb zu erwarten steht, wird man auch mindestens an einem Bahnhofsflügel durch Anlage eines Ausziehgleises die Möglichkeit wahren, das Ein-, Aus- und Umsetzen von Wagen unbehindert durch die gleichzeitige Ein- und Ausfahrt von Zügen bewirken zu können.

Führen mehrere Eisenbahnen in denselben Bahnhof, so sind sie derart mit einander zu verbinden, dafs der Übergang von Zügen in der für die betreffende Bahn zugelassenen Stärke rasch und leicht von Bahn zu Bahn erfolgen kann. Auch sind auf solchen Bahnhöfen ebenso, wie auf Lokomotiv-, Haupt- und Wechsel-Stationen, Lokomotivschuppen mit den Nebenanlagen, wie Feuerlöschgruben, Kohlenbühnen und sonstigem Zubehöre vorzusehen.

Bei grofsen Bahnhofsanlagen pflegt man für den Personen-, den Güter- und den Verschiebe-Dienst je besondere Bahnhöfe anzulegen, trennt auch wohl die Anlagen für die Abwickelung des eigentlichen Verkehres von den engeren Betriebsanlagen, besonders von den Anlagen für den Lokomotivdienst.

Der Mittenabstand der Gleise soll auf Bahnhöfen abgesehen von Überladegleisen nach der B. O. 12 und den T. V. 38 nicht weniger, als 4,5 m, und bei Gleisen, zwischen denen Bahnsteige liegen, mindestens 6 m betragen. Die genannten Bestimmungen lassen aber für durchgehende Hauptgleise, zwischen denen keinen Bahnsteig anzulegen ist, ferner für kleinere Bahnhöfe von Hauptbahnen und für Nebenbahnen Erleichterungen zu. Ebenso können die Abstände bei Kleinbahnen und Lokalbahnen eingeschränkt werden (Grz. f. L. 32 vergl. auch C. II, 1).

Die an den Empfangsgebäuden liegenden Hauptbahnsteige beeinflussen gleichfalls die Breite der Station, sie sind nach den T. V. 47 zweckmäfsig nicht unter 7,5 m Breite anzulegen. Für Hauptbahnhöfe wird aber eine gröfsere Breite empfohlen; bei Nebenbahnen begnügt man sich mit 6 m.

Für die Breite der Stationen ist aufserdem noch die Anordnung der Hochbauten, namentlich der Empfangsgebäude und der Güterschuppen, sowie der Ladestrafsen mafsgebend. Die Ausdehnung der Empfangsgebäude wird je nach dem zu erwartenden Verkehre verschieden anzunehmen sein. Bei Haltepunkten wird eine Wartehalle von 3 bis 4 m Tiefe genügen, während auf Bahnhöfen für das Empfangsgebäude eine Tiefe von 6 bis 15 m erforderlich ist.

Bei Bahnhöfen mit geringem Güterverkehre wird der Güterschuppen in der Regel an das Empfangsgebäude angebaut, sodafs der Bahnhofsvorstand die Arbeiten der Güterabfertigung mit besorgt. Wenn aber besondere Güterabfertigungs-Beamte angestellt werden müssen, wird der Güterschuppen zweckmäfsig vom Empfangsgebäude getrennt, weil bei stärkerm Verkehre die vor dem Güterschuppen verkehrenden Fuhrwerke den Personenverkehr stören. Ob man den Güterschuppen in solchem Falle auf der Seite des Empfangsgebäudes an einem besonders dafür anzulegenden Nebengleise, oder auf der gegenüber liegenden Seite der Gleise errichtet, hängt vorzugsweise von den örtlichen und Betriebsverhältnissen ab.

Die Anlagen für den Eilgut- und häufig auch die für den Vieh-Verkehr pflegt man aber meistens auf der Seite des Empfangsgsbäudes anzulegen, weil diese Güter vielfach mit Personenzügen befördert werden, und daher durch eine solche Anlage das Ein- und Ausladen, sowie das Ansetzen von Wagen erleichtert

wird. Immerhin wird man aber die Anlagen so zu gestalten haben, dafs die Beförderung dieser Güter auch mit besonderen Eilgüterzügen erfolgen kann.

Aufserdem sind je nach der Bedeutung des Bahnhofes noch offene Ladebühnen, Umladehallen und Rampen vorzusehen, die in geeignete Verbindung mit dem Güterschuppen und der Ladestrafse zu bringen sind.

Die Breite der Ladestrafsen wird je nach der Stärke des Verkehres zweckmäfsig zu 7 bis 14 m gewählt; man geht zwar zuweilen bis auf 5 m herab, genügt dann aber dem Bedürfnisse kaum. Bei Anordnung der Strafse zwischen zwei Ladegleisen mufs man deren Breite aber auf 14 bis 16 m und, wenn das Landfuhrwerk nach den örtlichen Gewohnheiten bei Querstellung zur Ladestrafse aus- und einlädt, auf mindestens 18 m steigern.

Weiteres Eingehen auf die Bahnhofsgestaltung mufs an dieser Stelle unter Hinweis auf die Abschnitte C II bis IV unterbleiben. Hier sei nur darauf hingewiesen, dafs es sich empfiehlt, schon bei der Linienführung und beim ersten Bahnentwurfe auf eine auskömmliche Erweiterungsfähigkeit aller Bahnhofsanlagen Bedacht zu nehmen. In je ausgiebigerm Mafse das geschieht, um so bescheidener können unter Umständen bei knappen Baumitteln die ersten Anlagen gehalten werden.

III. c) Abstände der Lokomotiv- und Wasserstationen, deren Gröfse und Leistungsfähigkeit.

Die gröfste Entfernung der Lokomotivstationen hängt wesentlich von dem Verbrauche der Lokomotiven an Kohlen ab, denn das Einnehmen von Kohlen auf einer Unterwegstation bedingt einen zu langen Aufenthalt. Man wird daher in Abständen, die dem Verbrauche des Kohlenvorrates einer Lokomotive entsprechen, Lokomotivstationen errichten, deren Entfernungen somit von der Tendergröfse und den Verkehrs- und Betriebs-Verhältnissen der Strecke abhängen. Brosius und Koch[82]) geben für diese Entfernung die Formel:

Gl. 34) $$S^{km} = 1000 \frac{K^{kg}}{R^{kg}} \cdot \frac{w^{kg|t} + x^{0|00}}{w^{kg|t} + y^{0|00}}$$

an, worin K den Kohlenvorrat, R das Reibungsgewicht der Lokomotive, w den Zugwiderstand in gerader und wagerechter Strecke, x die stärkste in der Strecke vorkommende Steigung und y die mittlere Bahnneigung zwischen beiden Kohlenstationen bezeichnet.

Ebenso hängt der Abstand der Wasserstationen von dem Inhalte des Wasserbehälters und von der auf der Strecke zu entwickelnden Zugkraft ab. 1 kg guter Kohle verdampft durchschnittlich etwa 6,2 kg Wasser (Band I, 2. Auflage, S. 83 und 115), so dafs der Wasserverbrauch einer Lokomotive den an Kohlen mindestens um das 6,2fache übersteigt. Da aber durch den Dampf viel Wasser mitgerissen wird, und sonst noch verschiedene Verluste eintreten, so ist auf den 8fachen Bedarf an Wasser zu rechnen. Die Entfernung der Wasserstationen von einander darf demnach höchstens betragen:

Gl. 35) $$S_1^{km} = \frac{D^{kg}}{K^{kg}} \cdot \frac{S^{km}}{8}$$

wenn D den Wasservorrat bezeichnet.

[82]) Brosius und Koch, Der äufsere Eisenbahnbetrieb. Wiesbaden 1893. II. Bd. S. 62.

Zusammenstellung XIII, Band I, 2. Auflage S. 83 gibt an, wie sich der Kohlen- und Wasser-Verbrauch bei Lokomotiven verschiedener Bauart und bei verschiedenen Geschwindigkeiten nach Versuchen Lochners in Erfurt gestaltet, dort ist auch angegeben, wie der Kohlen- und Wasser-Verbrauch für eine bestimmte Strecke auf Grund der Zusammenstellung zu berechnen ist.

Der Inhalt der Kohlen- und Wasser-Behälter ist bei Lokomotiven verschiedener Einrichtung sehr verschieden. Der Kohlen-Vorrat steigt bei Lokomotiven mit besonderm Tender von 3,5 bis zu 6 t, bei Tenderlokomotiven ist er wesentlich geringer und beträgt nur etwa 1 t bis 2,5 t und bei Schmalspur-Lokomotiven nur 0,5 t bis 1,5 t. Die Wasserbehälter fassen bei Lokomotiven mit besonderm Tender etwa 8 bis 16 cbm, in einzelnen Fällen noch etwas mehr, bei Tenderlokomotiven etwa 3,5 bis 4,5 cbm, bei Schmalspur-Lokomotiven 0,5 bis 2 cbm (vergl. auch Band I, 2. Auflage, A. I. K. S. 474).

Wenn man indes nur die hiernach zu berechnende Zahl von Wasserstationen anlegen wollte, so könnten in aufsergewöhnlichen Fällen leicht grofse Verlegenheiten entstehen, wenn der Brunnen einer Wasserstation in besonders trockener Jahreszeit nicht ergiebig genug wäre, wenn das Wasserpumpwerk einer solchen schadhaft würde, oder der Wasserverbrauch der Lokomotive während der Fahrt sich ungewöhnlich hoch stellt. Man wird daher gut tun, die nach Vorstehendem berechnete Zahl der Wasserstationen zu verdoppeln, sodafs beim Versagen einer von ihnen, oder bei ungewöhnlichem Wasserverbrauche keine Betriebstörungen entstehen. Auch die Zahl der Kohlen- und Lokomotiv-Stationen ist in der Regel gröfser anzunehmen, als sie sich nach dem Vorstehenden ergibt.

Auf jedem gröfsern Bahnhofe mit erheblichem Verschiebedienste, namentlich aber an den Kreuzungspunkten mehrerer Bahnen, wo meist Bereitschafts-Lokomotiven aufgestellt werden müssen, werden Lokomotivstationen einzurichten sein. Auch bei nur kurzen Bahnen, die durch besondere Lokomotiven betrieben werden, mufs mindestens auf einer Endstation eine solche angelegt werden. Ferner sind an den Fufspunkten stark geneigter Strecken behufs Stellung von Vorspann-Lokomotiven Schuppen vorzusehen.

Die Lokomotivschuppen müssen für etwa 20 bis 25 % mehr Lokomotiven Raum bieten, als auf der betreffenden Station für den eigentlichen Fahr-, Verschiebe- und Bereitschafts-Dienst gleichzeitig aufzustellen sind, weil regelmäfsig ein gewisser Teil der Lokomotiven behufs Auswaschens in Ruhe steht. Auch ist es nötig, auf Erweiterungsfähigkeit der Lokomotivschuppen Bedacht zu nehmen. Unter allen Umständen sollte man aber danach streben, die Lokomotiven nicht zu sehr zu vereinzeln, sondern sie an möglichst wenigen Punkten zu vereinigen, weil dabei die Aufsicht besser durchzuführen, ein Wechsel der Besetzung leichter zu erreichen, auch die Unterbringung bei Vereinigung in gröfseren Schuppen billiger ist; endlich ist auch ihre Ausnutzung in der Regel eine bessere, weil die Zahl der Bereitschafts- und Ruhe-Lokomotiven verhältnismäfsig geringer wird.

Als Wasserstation kann man sich da, wo man sehr billig bauen mufs, auf einen Brunnen oder einen Quell- oder Bach-Behälter und eine Pulsometer-Anlage beschränken, mittels deren sich die Lokomotiven selbst das Wasser in den Tender pumpen. Für diese Arbeit ist aber ein ziemlich langer Aufenthalt erforderlich, auch ist das Wassernehmen bei nur geringer Beschädigung des Pulsometers untunlich. Man stellt daher meist in einer gewissen Höhe über Schienen-Oberkante

einen oder mehrere Wasserdehälter auf, in die das Wasser mangels natürlichen Zuflusses entweder durch eine auf der Station dauernd, oder für längere Zeit beschäftigte Lokomotive, durch geeignete stehende Maschinen, durch Windräder, oder bei kleiner Anlage auch mit der Hand gepumpt wird.

Diesen Behältern gibt man zweckmäfsig einen Fassungsraum von mindestens der Hälfte des Bedarfes eines Tages, man bemifst ihre Gröfse aber auch nach dem ganzen Bedarfe während 14 Stunden gewöhnlicher oder während 4 Stunden höchst möglicher Betriebsbeanspruchung. Bei Bahnhöfen mit geringem Wasserbedarfe und feststehenden Maschinen macht man sie zweckmäfsig so grofs, dafs sie den Bedarf für mehrere Tage decken, um die Maschine nicht immer in Gang halten zu müssen, und mit einem Maschinenwärter für die Bedienung mehrerer Stationen auszukommen.

Bei Berechnung des Wasserbedarfes ist zu beachten, dafs man auf den Stationen, wo sich Lokomotivschuppen befinden, aufser dem Wasser, das zum Befördern der Züge nötig ist, auch noch solches zum Auswaschen der Lokomotiven braucht. Dieses Auswaschen ist je nach der Reinheit des Speisewassers in Fristen von 6 bis 14 Tagen erforderlich; man bedarf dazu jedesmal etwa 16 bis 20 cbm Wasser. Ferner wird den Wasserstationen oft Wasser zu anderen Zwecken, wie zum Reinigen von Wagen, zum Besprengen der Bahnsteige, der Lade- und Zufahr-Strafsen entnommen, auch das ist bei Feststellung des Bedarfes zu berücksichtigen. Die Höhe der Wasserbehälter über Schienen-Oberkante mufs nach der Geschwindigkeit, mit der die Füllung des Tenders geschehen soll, sowie nach der Länge und Weite der Rohrleitung bestimmt werden; sie schwankt bei vollspurigen Bahnen zwischen einer Sohlenhöhe von 7 und 15 m und beträgt bei den preufsischen Staats-Eisenbahnen mindestens 10 m. Bei Röhren von 15 bis 20 cm Lichtweite können dabei dem Krane in der Minute etwa 1 bis 2,5 cbm Wasser entnommen werden. Bei Schmalspurbahnen, wo die Lokomotiven oder die Tender nicht so viel Wasser fassen und in der Regel mehr Zeit zum Wassernehmen haben, kann man engere Röhren und geringere Höhen wählen.

Nach der B. O. 15 und den T. V. 60 sollen Wasserstationen in solchen Abständen und mit solcher Leistungsfähigkeit angelegt werden, dafs die reichliche Versorgung der Lokomotiven mit gutem Wasser gesichert ist. Auch sollen bei Hauptbahnen nach der B. O. 15 Wasserkräne, die zur Speisung von Lokomotiven fahrplanmäfsiger Züge dienen, in der Minute mindestens 1 cbm Wasser liefern.

Oft wird zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kriegsfalle eine viel reichlichere Anlage für Wasserstationen gefordert, als sie für den gewöhnlichen Verkehr nötig sein würde.

Beim Aufsuchen der geeignetsten Punkte für die Anlage der Wasserstationen mufs man nicht allein auf eine ausgiebige, von etwaigen Rechten Dritter freie Wassermenge sehen, sondern auch ein Wasser zu gewinnen suchen, das nicht zu Kesselsteinbildung Veranlassung gibt. Im Allgemeinen ist weiches, besonders Flufswasser dem harten Quell- und Brunnenwasser vorzuziehen. Kann man die Verwendung schlechten Wassers nicht umgehen, so sind Reinigungs-Anlagen[83]) erforderlich.

[83]) Band II, 1. Auflage, C. III. c. 3. η, S. 676.

A. IV. Lage der Bahn zum Hochwasser, Schutzmafsregeln gegen Wasserschäden, Rutschungen, Frostwirkungen, Felsstürze, Feuersgefahr und Schnee.

Bearbeitet von **Schubert.**

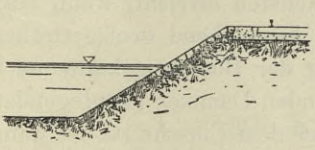
IV. a) Lage der Bahn zum Hochwasser, Schutzmafsregeln gegen Wasserschäden.

a) 1. Sicherung der Aufträge und Brücken.

Nach der B. O. § 8 soll die S. U. abgesehen von Strecken in eingedeichten Gebieten mindestens 600 mm über dem höchsten Wasserstande liegen. S. Lg.

Bei der Festlegung der Höhe der Bahnkrone mufs aber nicht nur diese Bestimmung beachtet, sondern auch dafür gesorgt werden, dafs die die Durchflufsöffnungen der Wasserläufe überspannenden Bauteile, besonders etwaige Eisenüberbauten, über Hochwasser liegen, auch mufs der Stau berücksichtigt werden, der bei Überschreitung eines Überschwemmungsgebietes durch den Bahnkörper hervorgerufen wird. Ferner ist zu verhindern, dafs der Bettungskörper durch Wellenschlag, oder in Folge etwaigen Setzens des Auftrages vom Hochwasser bespült wird. In solchen Fällen ist eine seitliche Befestigung durch Trockenmauerwerk geboten (Textabb. 8). Im Allgemeinen braucht zwar die Dammböschung

Abb. 8.

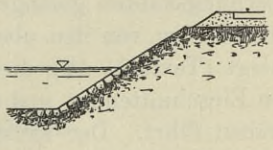


Mafsstab 1 : 350.
Dammschutz gegen Wasser durch Trockenmauern.

Abb. 9.

Mafsstab 1 : 350.
Dammschutz gegen Wasser durch Weidenpflanzung.

Abb. 10.

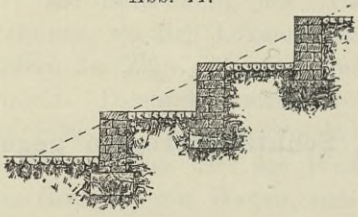


Mafsstab 1 : 350,
Dammschutz gegen Wasser durch Pflaster.

nur dann besonders befestigt zu werden, wenn das Hochwasser an ihr mit gröfserer Geschwindigkeit entlang fliefst; eine durch die Seitenangriffe des Wassers herbeigeführte ungleichmäfsige Gestalt der Dammkrone ist aber bei Eisenbahnen viel bedenklicher, als bei sonstigen Wegen, weil sie leicht das Gleis unfahrbar machen

kann. Man mufs daher bezüglich des Schutzes der Dammböschungen gegen Hochwasser erhöhte Anforderungen stellen und erreicht eine wirksame Sicherung durch Weidenpflanzungen, oder, falls auch Eisgang zu erwarten steht, durch Steinpflaster (Textabb. 9 und 10). Auch bezüglich der Sicherung der Brücken gegen Auskolkungen, Unterspülungen und Hinterwaschungen[84]) ist bei Eisenbahnbauten eine weiter gehende Umsicht geboten, als bei Strafsen, weil die Bedeutung des Verkehrsweges eine gröfsere ist, und weil es sich in der Regel auch um höhere Verkehrslasten, also auch um gröfsere Belastungen der Bausohle handelt. Ausreichend tiefe Gründung und sorgfältige Befestigung der an die Brücken anschliefsenden Böschungen, besonders der Sohlen der Wasserläufe innerhalb und unterhalb der Bauwerke ist daher dringendes Erfordernis.

Abb. 11.



Mafsstab 1 : 350.
Treppensohle von Wasserläufen.

Abb. 12.

Mafsstab 1 : 350.
Schutzgraben über dem Einschnittsrande.

Die Sohlen stark abfallender Gewässer gestaltet man am besten treppenförmig, (Textabb. 11) wodurch zugleich das Mitführen des Gerölles eingeschränkt und dieses aufgehalten wird[85]).

a) 2. Sicherung der Einschnitte.

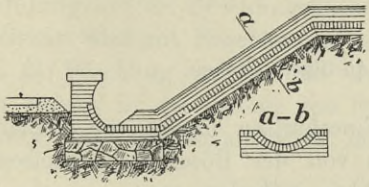
Gegen Hochwasser der Flüsse und Wasserläufe pflegen die Einschnitte im Allgemeinen schon durch ihre Lage geschützt zu sein. Dagegen müssen sie unter Umständen zur Sicherung der Gleislage gegen starke Zuflüsse in Folge bedeutender Niederschläge und bei plötzlicher Schneeschmelze gesichert werden. Am wirksamsten ist es, die Einschnitte so zu gestalten, dafs das Wasser überhaupt nicht an die Böschungskanten gelangen kann. Dieses wird am einfachsten erreicht, wenn man 2 m bis 4 m von den oberen Böschungskanten entfernt hinreichend grofse Gräben anlegt (Textabb. 12), diese mit stetigem Gefälle entlang der Böschungskante nach den Einschnittenden und dort in die seitlich des anstofsenden Dammes anzulegenden Gräben führt. Der Erdkörper zwischen dem Graben und dem Einschnitte ist dann gegen Beschädigung durch Wasser besonders sorgfältig zu sichern.

Kann die Leitung des Wassers die Böschung hinab in den Bahngraben ausnahmsweise nicht vermieden werden, so geschieht dies über gemauerte Treppen oder in Mulden. Da das Wasser in letzteren eine grofse Geschwindigkeit erhält, mufs die gegenüberliegende Grabenböschung und besonders der Bettungskörper

[84]) Band III, 1. Auflage, Erste Hälfte, S. 9.
[85]) Centralbl. der Bauverw. 1895. S. 259.

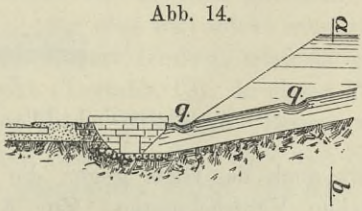
durch eine Schutzmauer gegen Auswaschungen gesichert werden (Textabb. 13). Eine fernere Gefahr bieten bei starken Niederschlägen die eingeschnittenen Wegerampen, insofern sie die von weiter her kommenden Abflufswasser aufnehmen und in den Einschnitt leiten. Dadurch kann sehr leicht eine Unterwaschung des Gleises hervorgerufen werden, hauptsächlich wenn die Wege ausgefahren und ihre Seitengräben unzureichend sind, denn dann fliefst das Wasser im Wege entlang

Abb. 13.



Mafsstab 1 : 300. Böschungsmulde

Abb. 14.



Mafsstab 1 : 300.
Querschläge in Wegerampen.

Abb. 15.

Mafsstab 1 : 300.
Talseitiger Graben für Wegerampen.
Schnitt a—b, Textabb. 14.

und kommt ungehindert in das Gleis, wo es ihm leicht ist, seine zerstörende Wirkung auszuüben. Fürsorge wird getroffen durch Anlage mehrfacher Querschläge in der Fahrbahn des Weges (Textabb. 14), sowie Abführung des von oberhalb kommenden Wassers in einem auf der Talseite des Weges anzulegenden Graben (Textabb. 15), wodurch zugleich eine Entlastung des Seitendurchlasses im Bahngraben erreicht wird. Zu letzterm Zwecke kann auch eine Verbindung der beiderseitigen Bahngräben durch einen offenen oder Röhrendurchlafs von Vorteil sein. Aufserdem mufs die innere Böschung des Bahngrabens und der Bettungskörper gegen den Anprall des Wassers geschützt werden.

IV. b) Schutzmafsregeln gegen Eis.

Hier sollen nur die Eisbildungen kurz erwähnt werden, die in quelligen Einschnitten bei anhaltendem Froste unter Umständen störend für die Gleiserhaltung werden können. Quellen im Einschnitte werden, sofern sie an der Böschungsfläche zu Tage treten, am besten in frostsicherer Tiefe abgefangen und bis zum Graben geführt. Letztern mufs man dann mit alten Schwellen oder Deckreisig frostsicher abdecken und das Wasser bis zu einer Stelle leiten, wo die Eisbildungen dem Gleise nicht mehr nachteilig werden. Ähnlich ist zu verfahren, wenn Gräben an

sich quellig sind. In manchen Fällen ist es zweckmäfsig, in solchen Gräben grofse Drainröhren anzuordnen und die Gräben bis S. O. vollzuschütten (Textabb. 16). Dadurch erreicht man nicht nur frostsichere Abführung des Quellwassers, sondern

Abb. 16.

Mafsstab 1 : 300. Drainrohre in quelligem Graben.

sichert auch das Gleis gegen die in solchen Einschnitten häufig vorkommenden seitlichen Verdrückungen. Zur Abführung des von der Böschung abfliefsenden Tagewassers genügt in den meisten Fällen ein kleiner Graben.

IV. c) Sicherungen gegen Rutschungen und Frostwirkungen.

Die Ursachen der Rutschungen sind darin zu suchen, dafs sich entweder zuerst die Wirkung der Schwere durch die Aufhebung des Gleichgewichtes mittels Fortnahme des Bodens bei Einschnitten geltend macht, dadurch Zusammenhalt und Reibung des Bodens verringert wird und nachher die Abrutschungen durch Tage- oder Sicker-Wasser hervorgerufen werden, Einschnittsrutschungen[86]), oder dadurch, dafs der ursprünglich im Gleichgewichte befindliche Boden, etwa eine Dammschüttung, durch Tagewasser zuerst in seinem Zusammenhalte gelöst wird und dann der Schwere nachgebend abrutscht, Dammrutschungen[87]).

Aufserdem sind noch die Bewegungen zu erwähnen, die durch die Bewegung des Untergrundes, Schlamm, Moor (Textabb. 1), quelliges Gelände, namentlich bei Dämmen hervorgerufen werden.

Die allgemeinen Mafsregeln zur Verhütung von Rutschungen gehören in das Gebiet des hier nicht zu behandelnden Erdbaues und die zur Beseitigung eingetretener Rutschungen zu treffenden Mafsregeln sind an anderer Stelle[88]) besprochen. Hier sind daher nur die Regeln näher zu erörtern, die beeinflufst durch die Eigenart einer Eisenbahn bei der Erbauung einer solchen zu befolgen sind, damit dem Eintreten von Erdbewegungen von vornherein vorgebeugt werde.

86) Band III, 1. Hälfte, 1. Auflage, S. 2.
87) „ „ „ „ „ „ S. 6.
88) Band III, 1. Auflage, S. 1.

c) 1. Sicherung der Einschnitte und Anschnitte[89]).

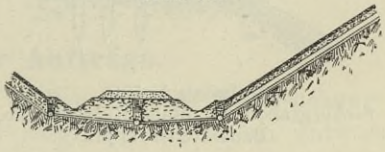
Da die ruhige und sichere Gleislage wesentlich von der ungestörten Entwässerung des Oberbaues abhängt, so mufs dem Zurückgehen oder Zufallen der Gräben sorgfältig vorgebeugt werden.

Bei Einschnitten, in denen der Boden im Ganzen mehr oder weniger wasserführend ist, durchzieht man die Böschung entweder bis zu einer gewissen Tiefe mit Drainröhren (Textabb. 17), Bauart Lalaune, oder man legt solche schräg oder netzförmig auf die Böschungsfläche (Textabb. 18), Bauart Ledru, oder die ganze Böschung wird mit Buschbau, „Faschinen", bedeckt (Textabb. 19). In diesen Fällen wird die Böschung nachher mit Mutterboden oder Rasen überdeckt. Besser, wenn auch teuerer ist die Anlage von Steinbekleidungen (Textabb. 20), oder von Steinpfeilern aus Trockenmauerwerk mit dazwischen gespannten Bögen (Textabb. 21).

Abb. 17.

Mafsstab 1 : 500.
Trokenlegung von Einschnittsböschungen.
Bauart Lalaune.

Abb. 18.

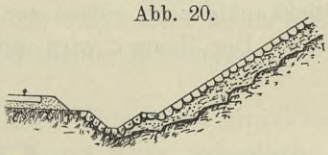


Mafsstab 1 : 500,
Trockenlegung von Einschnittsböschungen.
Bauart Ledru.

Abb. 19.

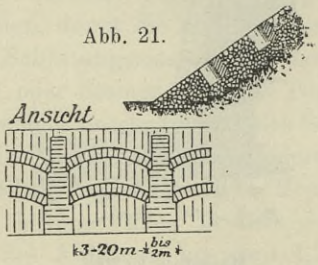
Mafsstab 1 : 500.
Trockenlegung von Einschnittsböschungen
mittels Buschbaues.

Abb. 20.



Mafsstab 1 : 500.
Trockenlegung von Einschnittsböschungen
durch Steinbekleidung

Abb. 21.



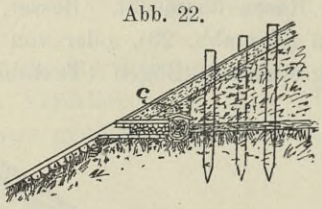
Mafsstab 1 : 500.
Trockenlegung von Einschnittsböschungen
durch Steinpfeiler.

Besonders störend kann es werden, wenn auf einer undurchlässigen eine ausgesprochen wasserführende Schicht liegt, die in der Böschung, im Einschnittsgraben, oder wohl gar den Bahnkörper unterfahrend an der Talseite des ein- oder ange-

[89]) Die Rutschungen bei Eisenbahnen und Strafsen von A. v. Kaven. Bergmann, Wiesbaden 1883.

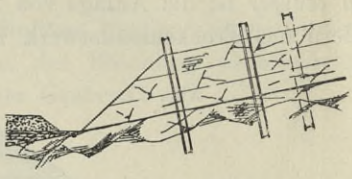
schnittenen Hanges ausgeht. Hier können gefährliche Verdrückungen und Hebungen des Gleises eintreten, wie das an vielen Stellen der Moselbahn[90]), ferner bei Elm, auf der Strecke Malsfeld-Lollar[91]) und an anderen Stellen in ausgedehntem Mafse vorgekommen ist. Man mufs in solchen Fällen zu umfassenden Entwässerungen des ganzen Hanges durch Stollenanlagen schreiten und die Stollen womöglich so im Zickzack gegen einander führen, dafs die dazwischen liegenden, trocken gelegten Erdkörper den oberen Massen als Widerlager dienen. Bei Pünderich an der Moselbahn hat man sogar, um ein Anschneiden eines solchen Hanges zu vermeiden, und auch weil ein aufzuschüttender Damm Rutschungen befürchten liefs, einen langen Viadukt darüber hinwegführt[92]).

Abb. 22.



Mafsstab 1 : 500.
Sickergraben vor einer Rutschfläche, Bauart Sarilly.

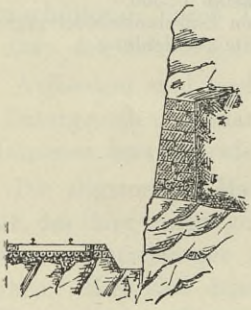
Abb 23.



Mafsstab 1 : 500.
Festnageln angeschnittener Felsschichten.

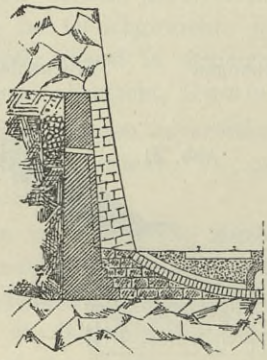
Bei einfacheren Verhältnissen kann man sich damit begnügen, am Fufse der wasserführenden Schicht einen gröfsern Keil vollständig abzugraben, vor die wasserführende Schicht einen Sickerkanal zu legen und nach Bedarf von diesem aus Stichkanäle nach aufsen zur Böschungsfläche zu führen (Textabb. 22), Bauart Sarilly. Der Raum c wird mit widerstandsfähigem Boden ausgefüllt und fest gestampft, damit er der hinterliegenden Schicht genügende Stützung bieten kann. Auch kann man den obern, zum Abrutschen geneigten Teil der Böschung durch eingerammte Pfähle auf dem unterliegenden festnageln. In der Anlehnung an das zuletzt genannte Mittel lassen sich die Schichten auch bei Felseinschnitten, deren Schichten in Gefahr bringender Neigung gegen den Einschnitt einfallen, durch eingegrabene und verstampfte oder vergossene Walzeisen, Eisenbahnschienen oder Betonpfeiler unter sich und mit den unterliegenden, nicht abgeschnittenen Lagen in innigen Zusammenhang bringen (Textabb. 23).

Abb. 24.



Mafsstab 1 : 300.
Ausmauerung der Köpfe loser Felsschichten.

Abb. 25.



Mafsstab 1 : 300.
Sohlengewölbe als Böschungstütze.

[90]) Zeitschr. f. Bauwesen 1883. S. 421. Zeitschr. des Architekten- und Ingenieurvereines zu Hannover. 1883. S. 63, auch S. 509.

[91]) Zeitschr. f. Bauwesen. 1885. S. 200.

[92]) Zeitschr. f. Bauwesen. 1884. S. 141.

Finden sich zwischen einzelnen Felsschichten Wasseradern oder weiche, zu Rutschungen oder Verwitterung neigende Schichten, so ist neben sorgfältiger Abführung des Wassers dafür zu sorgen, dafs nicht Gleis und Graben durch den Nachsturz der überliegenden Felsschichten verschüttet werden. Man räumt die weiche Schicht auf eine hinreichende Tiefe aus, und führt an deren Stelle eine Mauer auf (Textabb. 24).

Sollte eine unter Felsen lagernde Tonschicht gröfsere Mächtigkeit besitzen und bis zur Einschnittsohle hinabreichen, so kann es sich unter Umständen empfehlen, die beiderseits aufzuführenden Mauern durch ein Sohlengewölbe gegenseitig abzustützen (Textabb. 25).

Über diejenigen Mafsnahmen, welche nötig sind, um in Toneinschnitten ruhige, frostsichere Gleislage zu erhalten, wird in Abschnitt B. III. das Nähere mitgeteilt werden.

---

c) 2. Sicherung der Aufträge.

Auch an den für Aufträge bestimmten Stellen ist eine Untersuchung des Untergrundes geboten. Quelliges Gelände ist sorgfältig vorher zu entwässern. Wasseradern und Quellen sind zu fassen und sicher weiter zu führen.

Besondere Beachtung verdienen Torf- und Moorboden. Damit nicht später plötzliche Senkungen eintreten, ist es ratsam, das Moor womöglich vorher auszuheben und durch tragfähigen Boden zu ersetzen. Diese Vorsicht ist besonders bei niedrigen Dämmen geboten, bei denen die Last der Züge sonst leicht plötzliches Einsinken ganzer Dammstrecken, verbunden mit seitlichen Erhebungen des Moores hervorrufen.

Bei hohen Dämmen, deren Gewicht den weichen Untergrund hinreichend zusammenpreſst, bei denen auch das Gewicht des Zuges keine wesentliche Mehrbelastung des Untergrundes hervorruft, ist vorherige Beseitigung des Moores nicht nötig. Es empfiehlt sich jedoch, die Schüttung hier, wie bei allen Dämmen auf unsicherm Untergrunde in dünnen Lagen, womöglich unter Anwendung von Lokomotivbetrieb vorzunehmen, damit die Zusammenpressung des Moores von vornherein eingeleitet wird. Die Schüttungsmasse selbst darf nur aus widerstandsfähigem Boden, am besten aus Sand oder Steinen, nie aus Torf bestehen.

Überhaupt ist die besondere Beschaffenheit des Schüttungsbodens zu beachten. Kies, Sand und festes Gestein bedingen keine besonderen Vorsichtsmafsregeln; Ton, Lehm und andere der Verwitterung ausgesetzte Bodenarten sind mit Sand und Kies zu untermischen und keinen Falles in den obern, den Einwirkungen des Frostes unterworfenen Teil des Auftrages bis etwa 1,20 m unter S. U., womöglich überhaupt nicht in den Dammkörper zu bringen, da sie bei strenger Kälte sonst durch den Frost aufgetrieben, oder durch andauernden Regen aufgeweicht werden und die Gleislage nachteilig beeinflussen[93]).

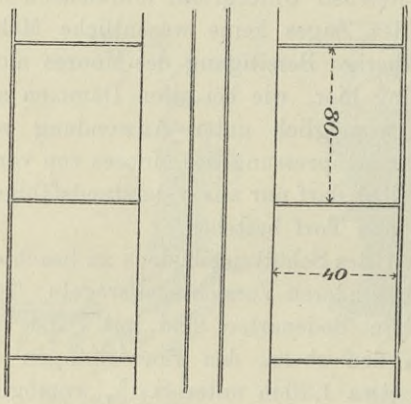
[93]) Vergl. Abschnitt B. III.

IV. d) Feuerschutz und Sicherung gegen Windbruch.

Über die Abstände, welche die Gebäude von der Bahn einhalten sollen, und über deren Sicherung in feuerpolizeilicher Beziehung gegen das Flugfeuer der Lokomotiven bestehen in den einzelnen Ländern besondere landespolizeiliche Bestimmungen. Für Preufsen sind die betreffenden Vorschriften im Eisenbahn-Verordnungsblatte 1893 veröffentlicht; sie bestimmen, dafs leicht entzündliche Gegenstände, die nicht durch feuerfeste Bedachung oder durch sonstige Schutzvorrichtungen gegen das Eindringen von Funken oder glühenden Kohlen gesichert sind, nicht in geringerer Entfernung, als 38 m von der Mitte des nächsten Gleises gelagert werden dürfen. Liegt die Eisenbahn auf einem Damme, so tritt zu der Entfernung von 38 m noch die 1,5fache Dammhöhe hinzu. In Österreich sind die durch den Ministerialerlafs vom 24. Mai 1882 Z. 2523/M. I gegebenen Bestimmungen mafsgebend.

In den T. V. 27 ist bestimmt, dafs in Waldungen, Heiden und trockenen Mooren längs der Bahn zur Sicherheit gegen Brände ein Streifen wund zu halten, oder nur in solcher Weise zu benutzen ist, dafs die Fortpflanzung des Feuers gehindert wird. Die Breite des Streifens ist nach der Örtlichkeit zu bestimmen. Zweckmäfsig ist es, zu beiden Seiten der Bahn 8 m bis 16 m breite Streifen von Holz zu räumen, falls nicht die Bahn so tief einschneidet, dafs die Böschungsbreite den Schutzstreifen weit übertrifft, oder vermöge der Bodenbeschaffenheit der betreffenden Flächen infolge Abholzens deren Versandung zu befürchten ist. Ferner sind 40 m von der Bahn entfernt innerhalb des Holzbestandes Sicherheitsgräben mit 0,6 m Sohlen- und 2,6 m Bordbreite entlang der Bahn und rechtwinkelig dazu in Entfernungen von 80 m abermals Gräben nach den Sicherheitstreifen zu ziehen und von jedem Aufwuchse frei zu halten (Textabb. 26), um das vor dem Graben etwa ausbrechende Feuer örtlich zu begrenzen. Auch eine etwaige Pflanzendecke auf dem Waldstreifen zwischen Sicherheitstreifen und Graben ist möglichst zu entfernen, weil das Bodenfeuer immer am gefährlichsten ist. Neuerdings wird von Forstleuten vielfach vorgeschlagen, den eigentlichen Schutzstreifen, der bisher von Waldbäumen entblöfst wurde, doch mit solchen zu besetzen, diese Anpflanzungen aber so zu behandeln, dafs der Feuersgefahr entgegen getreten wird. Besonders beachtenswert sind die Vorschläge von Kienitz[94]), mit dessen Verfahren im Gebiete der preufsischen Staatsbahnen ausgedehnte Versuche gemacht werden. Er will die Schutzstreifen in besonderer Weise mit Kiefern bepflanzen, da sich die Aufforstung mit Laubholz besonders bei dem magern Boden der norddeutschen Kiefernwaldungen nicht bewährt hat.

Abb. 26.



Feuerschutzstreifen.

[94]) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1901, 8. Heft.

Um den Lokomotivführer darauf hinzuweisen, dafs er das Feuer der Lokomotive da, wo Feuersgefahr für die Umgebung vorliegt, möglichst vorsichtig behandelt, pflegt man an den Telegraphenstangen längs der Bahn in Höhe des Führerstandes als Merkmal einen 1 m hohen Streifen mit weifser Ölfarbe anzustreichen.

Zur Sicherung gegen Windbruch schreiben die T. V. vor, dafs Holzbestände, die einen das Bahngleis gefährdenden Umbruch befürchten lassen, zu fällen sind.

IV. e) Schneeschutzanlagen.

e) 1. Schneestürme.

In den letzten Jahrzehnten ist es durch planmäfsig verteilte Beobachtungen gelungen, über die die Schneestürme erzeugenden Vorgänge genauern Aufschlufs zu erhalten, nach denen die Wetterkarten zusammengestellt werden.

Die in Textabb. 27 dargestellte Wetterkarte zeigt die Luftdruck- und Witterungs-Verhältnisse in Europa am 15. Januar 1881. Die eingezeichneten elliptischen Linien stellen die Linien gleichen Druckes, Isobaren, dar. Je dichter diese Linien bei einander liegen, je schneller also die Höhe der Luftsäule anwächst, mit desto gröfserer Geschwindigkeit strömt die Luft aus den Gebieten des höhern Druckes dem Gebiete des niedrigsten Druckes zu. Dieses geschieht jedoch nicht in gerader Richtung, sondern infolge der Umdrehung der Erde im Bogen, und zwar bewegt sich der Wind auf der nördlichen Halbkugel für den auf den Nordpol gerichteten Blick entgegen dem Zeiger der Uhr, auf der südlichen Halbkugel umgekehrt.

Infolge des Zusammenfliefsens der Luftschichten verschiedener Wärme und Feuchtigkeit und deren Mischung entstehen Wolken, Nebel und je nach der Jahreszeit Regen oder Schnee. Im Winter wird daher ein nördlich oder östlich vom „Tief“ liegendes „Hoch“ jenem Schnee zuführen.

Dieses Tief bleibt nicht unverändert an einem Orte, sondern bewegt sich nach den Erfahrungen der letzten 25 Jahre mit Geschwindigkeiten bis 80 km/St. von Westen nach Osten und biegt früher oder später nach Norden ab. Durch Mitteldeutschland nehmen die Sturmbahnen ihren Weg selten, öfter entlang der Nord- und Ostseeküste, sowie vom adriatischen Meere aus über den Karst, durch Ungarn, Rumänien, Südrufsland, am häufigsten werden England und Nordeuropa betroffen. In Folge des Fortschreitens des Tiefs ändert sich die Windrichtung eines bestimmten Ortes, da sich der Wind um das Tief schraubenförmig bewegt, sodafs der anfänglich aus Osten kommende Wind später in Süd- und dann in Westwind übergehen kann. Dem letztern pflegt bei Stürmen im Winter häufig eine Erwärmung zu folgen, wodurch es sich erklärt, dafs den Schneestürmen oft Tauwetter folgt.

In Textabbildung 27 sind die Bahnen einiger Sturmmittelpunkte mit Linien eingetragen. I stellt den Weg des Sturmes dar, dessen Tief sich am 15. Januar 1881 über Moskau befand. Am 12. Januar war dieses Tief an der Nordküste von

Frankreich erschienen, am 13. in Holland angelangt und hatte sich von da mit etwa 70 km St. Geschwindigkeit durch Mitteleuropa bewegt, um am 14. bereits in Odessa einzutreffen. Von hier aus wandte sich die Sturmbahn nach Norden und überschritt am 17. das weifse Meer. Eine andere mit II bezeichnete Sturmbahn hatte ihr niedrigstes Tief, von 750 mm, am 15. desselben Monates über dem adriatischen Meere, überschritt am 17. die Halbinsel Krimm und nahm dann einen dem ersten ähnlichen Verlauf.

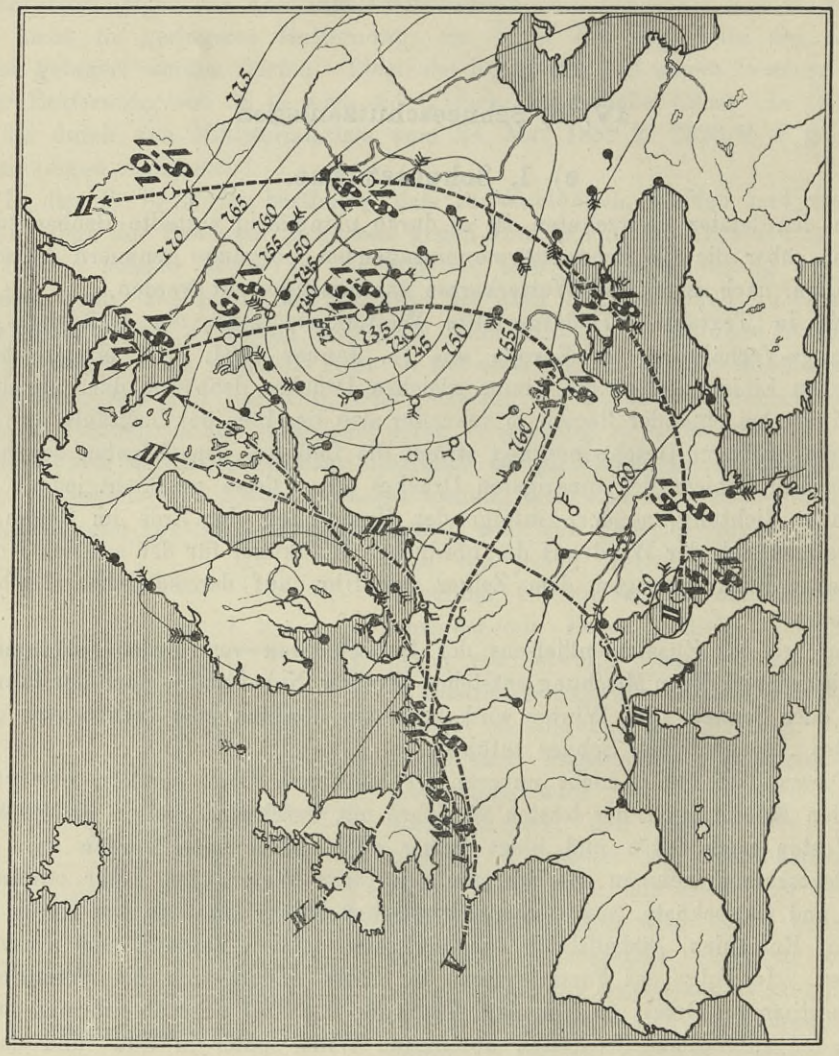
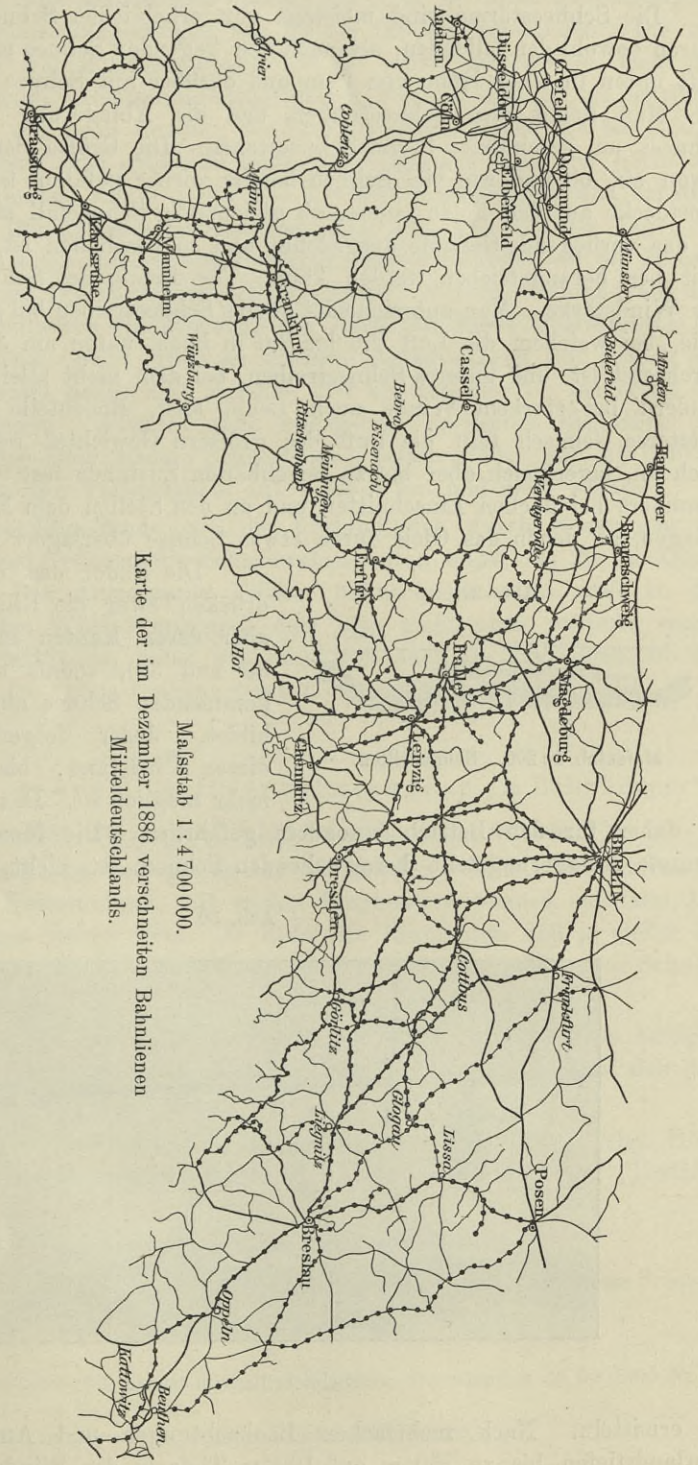


Abb. 27. Maßstab 1 : 42 000 000. Wetterkarte von Europa.

Neuere Forschungen von van Bebber haben erwiesen, dass der Weg eines Tiefs abhängt von der Verteilung der Wärme und des Luftdruckes in seiner Umgebung, und zwar läfst das Tief auf der nördlichen Erdhälfte den höchsten Luftdruck, wie auch die höchste Wärme stets auf seiner rechten Seite. Wirken beide Umstände in demselben Sinne, so wird die Bewegung des Tiefs beschleunigt, im andern Falle

wird das Tief stehen bleiben und bald verschwinden, sofern sich beide Umstände vollständig aufheben, andernfalls wird es dem überwiegenden Einflusse des einen folgen. Wirken sie jedoch an verschiedenen, aber nicht entgegengesetzten Seiten, so wird das Tief eine aus der Lage und Stärke der Einwirkungen hervorgehende Richtung einschlagen.

III, IV und V zeigen Bahnen von Stürmen vom 20. bis 22. Dezember, 22. bis 25. Dezember und 26. bis 29. Dezember 1886, die Nord- und Mittel-Deutschland mit bedeutenden Schneefällen und erheblichen Schneeverwehungen heimsuchten. Die Schneetreiben kamen den meisten Bahnverwaltungen unerwartet anfänglich aus Osten, setzen sich später aus Süden und Südwesten fort und verursachten sehr erhebliche Stockungen im Eisenbahnverkehre. In Textabb. 28 sind die damals betroffenen Bahnen mit Punkten bezeichnet.



Maßstab 1 : 4 700 000.

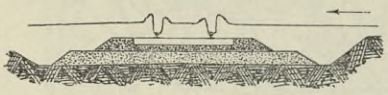
Karte der im Dezember 1886 verschneiten Bahnlinien Mitteldeutschlands.

Abb. 28.

e) 2. Schneetreiben und Schneewehen.

Die Schneestürme sind meistens von erheblichen Schneefällen begleitet und führen sowohl den fallenden, als auch den liegenden Schnee mit sich fort, sodafs die Luft unten in einer Höhe von 2 m und darüber mit Schnee am dichtesten erfüllt ist. Man nennt dies Schneetreiben und die Ablagerung des herangetriebenen Schnees an geschützter Stelle Schneewehen. Die Gröfse der Schneewehen hängt davon ab, ob und wie viel Schnee bereits vorher gefallen ist und noch lose ohne Frostdecke auf dem Felde lagert, ob gleichzeitig Schneefall stattfindet und endlich, ob das vorliegende Gelände ausgedehnt und so beschaffen ist, dafs der Schnee von weit her herangetrieben werden kann. Der Erfolg des Schneetreibens steigt mit der Windstärke. Man unterscheidet oberes Schneetreiben bei gleichzeitigem Schneefalle, bei welchem die Luft 2,0 bis 3,0 m hoch, unten am dichtesten, mit Schnee durchsetzt ist, und unteres Schneetreiben, bei dem nicht allein der liegende Schnee, sondern bei starkem Winde auch Laub, Mist, Bodenteile losgetrieben werden. Letzteres Gemisch füllt die Luft des gröfsern Gewichtes wegen meist nur 0,5 m hoch an, lagert sich aber bis zu begehbarem Zustande fest. Dieses Gemisch kann besonders bei flachen Einschnitten und an den Stellen dem Eisenbahngleise Gefahr bringen, an denen das Gleis durch etwas Schnee überlagert ist.

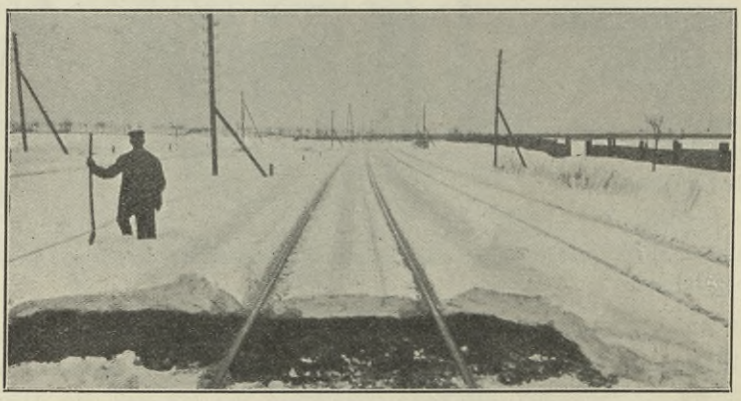
Abb. 29.



Mafsstab 1 : 200. Schneerillen.

Die Räder des durchfahrenden Zuges drücken zwar die Rillen frei, treiben dabei aber deren Kanten in die Höhe (Textabb. 29 und 30), sodafs sich für den neu ankommenden Schnee eine gröfsere Lagerstelle bildet. Jeder folgende Zug vergröfsert diesen Übelstand, bis kein Durchkommen mehr möglich ist. Das untere Schneetreiben ist daher für den Betrieb besonders gefährlich. Die Menge des für eine bestimmte Ablagerungstelle heranwehenden Schnees ist nicht mit Sicherheit vorher

Abb. 30.



Schneerillen im Gleise.

zu ermitteln. Nach mehrfachen Beobachtungen und Aufmessungen kann bei Vorlandstiefen bis zu 750 m auf 100 m Tiefe in der Windrichtung gemessen ein

Ablagerungs-Querschnitt von 3 bis 5 qm angenommen werden. Im Winter 1892/93 sind auf der Strecke Liebau-Parschnitz und Königshau-Schatzlar in Nord-Böhmen bei einem nahezu drei Tage anhaltenden Sturme aus N. N. W. unter gleichzeitigem, dichtem Schneefalle Schneeablagerungen von 90 bis 120 qm entstanden. Die zugehörige Vorlandstiefe war durchschnittlich 750 m, sodafs auf 100 m Tiefe des Vorlandes der bedeutende Ablagerungs-Querschnitt von 12 bis 16 qm entfällt. Das fragliche Gelände war beim Beginne des Schneetreibens bereits 0,5 bis 0,60 m hoch mit Schnee bedeckt. Bei gröfserer Tiefe des Vorlandes brauchen höchstens 2 qm gerechnet zu werden, zumal wenn das Vorland Vertiefungen und sonstige Hindernisse enthält. Die gröfsten bei Schneetreiben von drei bis vier Tagen im nördlichen Deutschland beobachteten Schnee-Ablagerungen betrugen 40 bis 70 qm; diese Zahlen können als Durchschnittswerte angesehen werden, während auf den böhmischen und süddeutschen Hochebenen, wie auch am Karst Querschnitte bis zu 120 qm ermittelt sind. Ganz erheblich grössere Ablagerungen sind jedoch auf den südrussischen Bahnen beobachtet, nämlich 200 bis 286 qm[95]). Leider ist die Tiefe des dazu gehörigen Vorlandes nicht angegeben, da jedoch die Höhe der Schneelage in der Steppe beim niedern Schneetreiben selten gröfser war, als 0,50 m, so läfst sich die zugehörige Vorlandstiefe auf 4 bis 5 km und mehr schätzen.

Im Gebirgs- und Hügellande, wo die Vorlandtiefen durch Senkungen im Gelände beschränkt sind, pflegen die Schneewehen selten mehr, als 20 qm Querschnitt aufzuweisen. Die Ausmessung solcher Schneequerschnitte mufs in der Richtung des treibenden Windes erfolgen, darf also nicht ohne weiteres rechtwinkelig zur Bahn stattfinden, dabei hat man sich auch zu überzeugen, ob der Wind nicht während des Schneetreibens seine Richtung geändert hat.

2. *a*) Ablagerungsort und Gestalt der Schneewehen am Bahnkörper[96]).

Als Ablagerungstellen können am Bahnkörper in Frage kommen:

1. Die Einschnitte von geringerer bis mittlerer Tiefe. Einschnitte in starken Krümmungen mit steilen Böschungen können ebenfalls Ablagerungen hervorrufen. Je tiefer die Einschnitte und je steiler die Böschungen sind, desto sicherer sind wir im allgemeinen vor Schneeverwehungen.
2. Aufträge und Anschnitte von gröfserer Höhe, sofern sie von heftigen Winden bestrichen oder überweht werden können, so dafs sich Ablagerungen auf deren Krone bilden.
3. Die Stellen des Gleises, deren Schienen-Oberkante in gleicher Höhe mit dem Nachbargelände liegt, oder es nur wenig überragt. (Textabb. 29 und 30.)
4. Vor und hinter Einfriedigungen und Hecken.

In Wäldern oder innerhalb dicht bebauter Ortschaften kommen keine Schneeverwehungen vor.

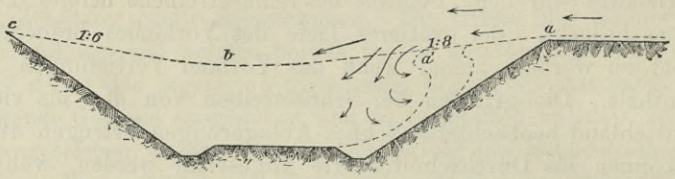
---

[95]) Bulletin de la commission internationale du Congrès des chemins de fer 1900 Nr. 4. Abhandlung von Sergius von Kareischa.

[96]) Siehe auch die Erörterungen von Riehn, Organ 1891, S. 230.

Die Art der Ablagerungen in Einschnitten ist aus Textabb. 31 zu ersehen. Der quer zum Einschnitte gehende Windstrom erfährt eine Querschnittserweiterung, die eine Ablagerung der mitgeführten Schneeteile in der dargestellten Weise hervorruft. Die Oberfläche der Ablagerung schreitet so lange mit einer nach innen geneigten Abdachung vor, bis der Einfluſs des Anpralles an die gegenüber liegende

Abb. 31.

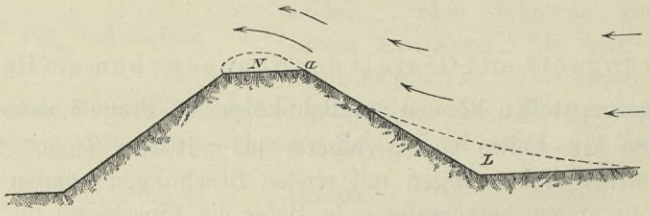


Maſsstab 1 : 250. Schneeablagerung im Einschnitte.

Böschung sich geltend macht, so daſs sich die Oberfläche im weitern Verlaufe flach ausrundet, wobei ihr ansteigender Teil je nach der Stärke des Windes etwas stärker geneigt ist, bis 1 : 6, als der abfallende, der nach 1 : 8 bis 1 : 12 geneigt zu sein pflegt. Bei vollständiger Verwehnung eines Einschnittes liegt daher der tiefste Punkt etwas über die Mitte hinaus; doch kann sich dann bei fortgesetztem Schneetreiben auch diese Mulde nach und nach ausgleichen, so daſs keine Spur vom Einschnitte mehr zu erkennen ist.

In Einschnitten mit steilen Felsböschungen, besonders in Gleisbogen können durch An- und Abprallen etwa seitlich hineingewehten Schnees hindernde Ablagerungen gebildet werden.

Abb. 32,



Schneeablagerung auf einem Damme.

Wenn ein höherer Eisenbahndamm quer vom Winde bestrichen wird, so entstehen nach Textabb. 32 durch die Ablenkung des Luftstromes Stauungen und Wirbelbildungen am Fuſse des Dammes und auf seiner Krone. Daher bilden sich Ablagerungen des mitgeführten Schnees an den bezeichneten Stellen bei L und N. Bei niedrigeren Aufträgen, auf deren Dammkrone Wirbelbildungen nicht entstehen,

Abb. 33.

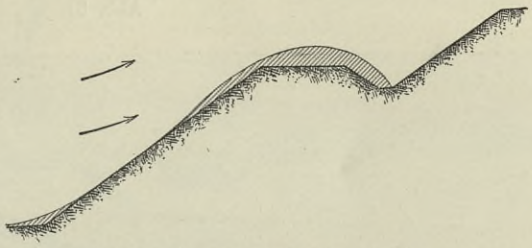
Schneeablagerung vor und hinter niedrigem Damme.

pflegen auch keine Ablagerungen vorzukommen, während sich vor und hinter ihnen nach Textabb. 33 Ablagerungen bilden, und zwar ist hier die Vorlagerung wieder etwas steiler, als die Hinterlagerung. An letzterer bilden sich wieder die

eigenartigen Überwulstungen. Die Form der Ablagerung in Anschnitten ist ähnlich den Ablagerungen auf hohen Dämmen, da auch hier der Schnee die Böschung hinaufgeweht wird, um sich oben in der Windstille abzulagern (Textabb. 34 und 35).

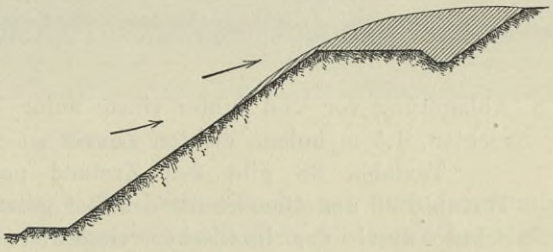
In welcher Weise die vielfach beiderseits der Bahn befindlichen Hecken Lagerstellen für Schnee schaffen können, ist aus Textabb. 36 ersichtlich. Vor und hinter der Hecke treten durch Stau und Querschnittserweiterung mehr oder minder starke Ablagerungen ein. Je durchlässiger die Hecke ist, desto geringer ist auch die Ablagerung davor, desto breiter dehnt sie sich aber dahinter aus; umgekehrt werden bei dichteren Hecken die Vorlagerungen gröfser und die Hinterlagerungen kürzer.

Abb. 34.



Schneeablagerung im Anschnitte.

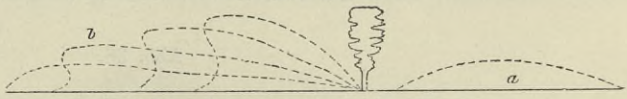
Abb. 35.



Schneeablagerung im Anschnitte.

Um genau zu ermitteln, wie sich durch verschiedenartige Hindernisse beim Schneetreiben Gröfse und Form der Ablagerungen gestalten, wurde vom Verfasser im Winter 1901/02 eine Reihe von Bretter- und Draht-Zäunen teils geneigt, teils senkrecht, sowie mehr oder weniger durchläfsig auf geeignetem Gelände nebeneinander aufgestellt[97]). Der Zufall fügte es, dafs noch mehrfache Schneetreiben eintraten, so dafs der Zweck, Ablagerungen an den Zäunen hervorzurufen, erreicht wurde. Die aufgenommenen Lichtbilder der Querschnitte werden in Folgendem kurz besprochen.

Abb. 36.



Schneeablagerung an einer Hecke.

1. Ablagerung an einer unter 30° geneigten, 15 m langen, 1,5 m hohen Fläche (Textabb. 37). Der angewehte Schnee füllt die Winkel aus, wobei sich die Oberfläche sanft anhebt, während der leichtere Schnee bei der in gröfserer Höhe eintretenden Steigerung der Geschwindigkeit über die Böschung hinweggetragen und kurz dahinter abgelagert wird. In einem Abstande von etwa 5 m wird das hinten liegende Gelände wieder vom Winde getroffen und vom Schnee freigefegt.
2. Bei einer unter 45° geneigten Wandfläche, der zweiten der Textabb. 37, waren Vor- und Hinterlagerung der vorigen ähnlich, letztere ist aber etwas gröfser. An der in der Reihe dahinter stehenden, unter 60° geneigten

97) Organ 1902, Heft 1, Seite 1.

Wandfläche schmiegt sich die Vorlagerung nicht ohne Weiteres der schrägen Fläche an, sondern es bildet sich zunächst ein 0,35 m breiter Graben, der bei weiterm Anwachsen der Vorlagerung überbrückt wird.

Abb. 37.

Ablagerung an Bretterzäunen verschiedener Neigungen.

3. Ablagerung vor und hinter einem unter 75° geneigten und einem senkrechten, 1,5 m hohen, dichten Zaune.

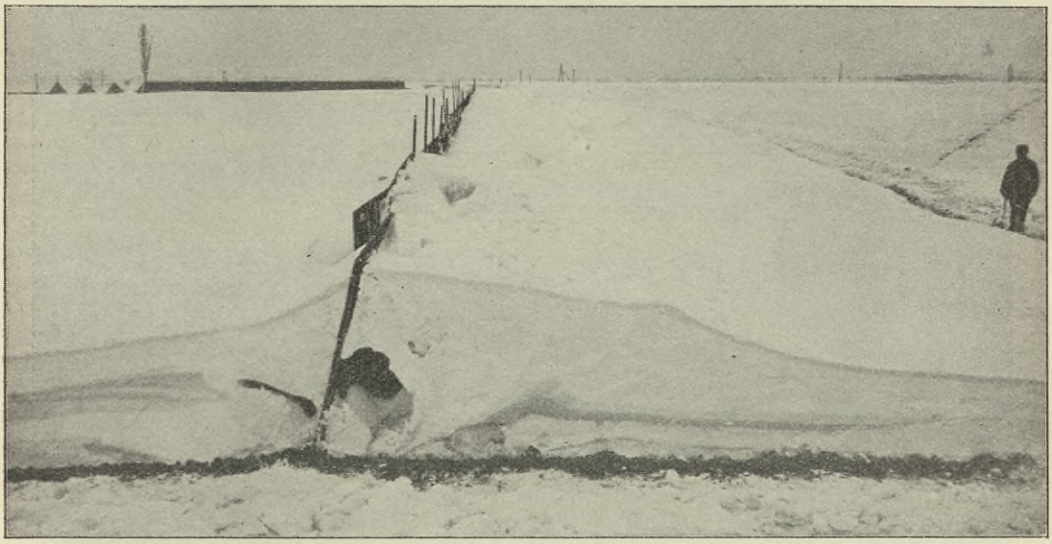
Textabb. 38 gibt den Zustand nach dem ersten Schneetreiben, Textabb. 39 den Querschnitt des fast ganz gefüllten Zaunes, nachdem der Schnee durch das inzwischen eingetretene Tauwetter etwas zusammengesunken war. Die Breite der Vorlagerung war 17 m, die der Hinterlagerung nur 9,0 m, letztere war aber, wie der treppenartige Absatz erkennen läfst, noch nicht vollständig ausgefüllt. Wie Textabb. 38 zeigt,

Abb. 38.

Ablagerung an Bretterzäunen von 75° und 90° Neigung.

traf der Wind in etwa 12 m Abstand wieder auf das hinterliegende Gelände. In einem solchen Abstande mufs man also einen 1,5 m hohen dichten Zaun von einer Eisenbahn absetzen, um sichern Schutz zu erzielen. Vollgefüllt vermag der 1,5 m hohe dichte Bretterzaun einen Querschnitt von 23,2 qm zu fassen.

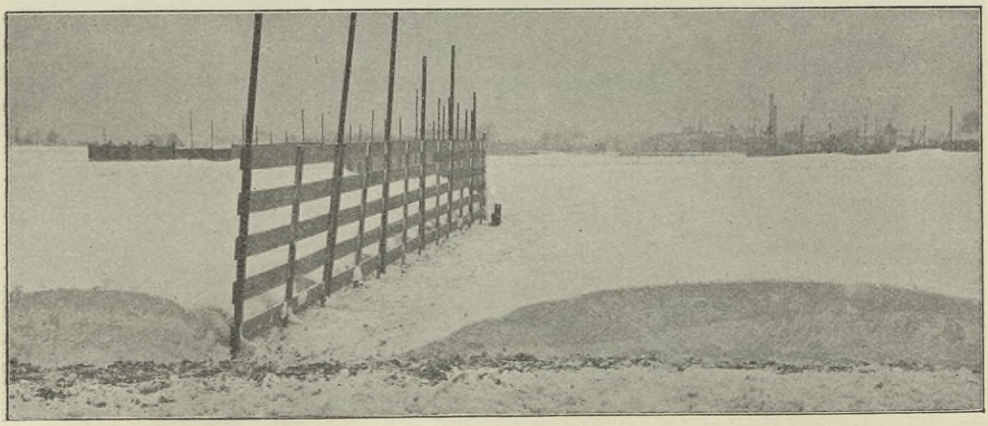
Abb 39.



Die Zäune der Textabb. 38 ganz verfüllt.

4. Vor einem dichten Schwellen- oder Bretter-Bockzaune nach amerikanischer Bauart gestalten sich die Vorlagerungen ähnlich, sie haben bei niedrigem Schneetreiben eine nur schwach ansteigende Oberfläche, der Zaun wird erst überweht, wenn die Vorlagerung bis nahezu obenhin gelangt ist.
5. Ablagerung vor einem 1,5 m hohen Bretterzaune mit 15 cm breiten Schlitzen, (Textabb. 40 und 41).

Abb. 40.



Ablagerung an einem Bretterzaune mit Schlitzen von 15 cm.

Textabb. 40 stellt die Aufnahme des Querschnittes nach dem ersten Schneetreiben, Textabb. 41 das einer spätern Zeit dar, nachdem das Schneetreiben beendet und Tauwetter eingetreten war.

Abb. 41.

Der Zaun Textabb. 40 völlig verfüllt.

6. Die in Textabb. 42 und 43 dargestellten Ablagerungen beiderseits des mit nur 5 cm breiten Schlitzen versehenen Zaunes unterscheiden sich wesentlich dadurch von den vorigen, dafs der Graben bei der vollen Verwehung nur noch sehr klein ist und sich bald schliefst. Ein dichterer Zaun vermag also mehr zu fassen, wenn auch die Hinterlagerung kürzer ist, er empfiehlt sich daher überall, wo zwischen Zaun und Bahnkörper keine hinreichende Geländebreite von mindestens 12 m, wie bei einem dichten Zaune, vorhanden ist.

Abb. 42.

Ablagerung an einem Bretterzaune mit 5 cm-Schlitzen.

7. Textabb. 44 und 45 zeigen Querschnitte von Schneeablagerungen an 1,5 m hohen Zäunen aus Drahtgewebe von 9 mm und 3 mm Maschenweite. Bei ersteren ist die Vorlagerung niedrig und kurz. Die Hinterlagerung schliefst

Abb. 43.

Zaun wie Textabb. 42 nach mehrfachem Schneetreiben.

Abb. 44.

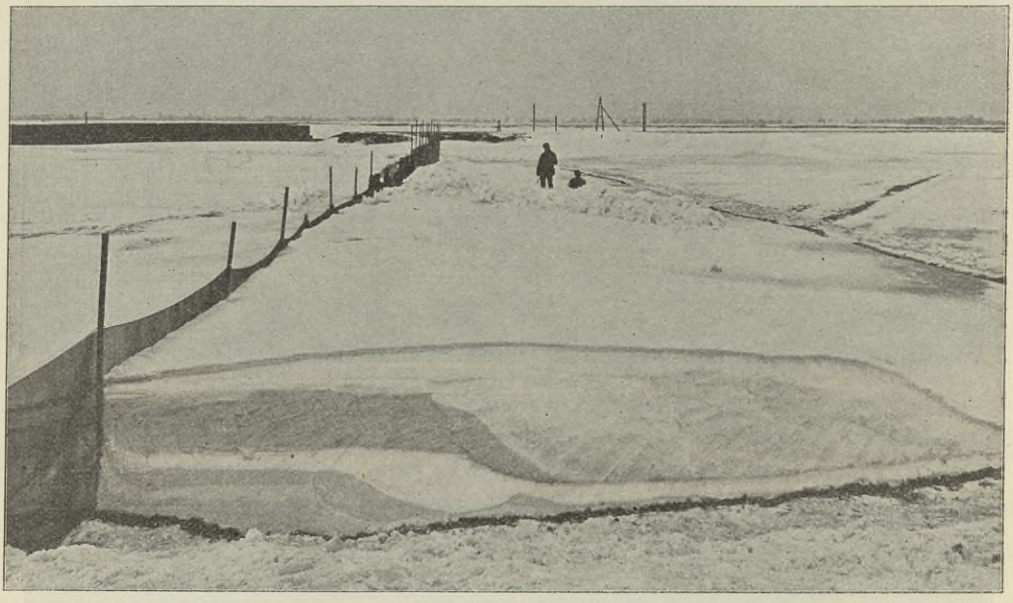
Ablagerung an einem Drahtgeflechte von 9 mm-Maschen.

sich in der Höhe unmittelbar an, steigt dann allmälig etwas und fällt von der Mitte langsam ab. Die Schneewehe dehnt sich bei vollgefülltem Zaune bis auf etwa 20 m aus. Bei einem Zaune mit 6 mm Maschenweite war die Ablagerung ähnlich, nur höher, und die Hinterlagerung kürzer. Die Ausdehnung der Hinterlagerung betrug bei gefülltem Zaune 176 m. Bei 3 mm Maschenweite ist die Ablagerung noch höher und die Hinter-

lagerung verkürzt sich noch mehr (Textabb. 45), sie erstreckt sich bei vollgefülltem, wie beim dichten Zaune auf annähernd 12 m.

Zäune aus Kokosgewebe und Rohrschilf verhalten sich hinreichend dicht hergestellt, wie die dichten Drahtgewebe. Gräben bilden sich bei keinem der Zäune mit durchlässigem Gewebe, bei den dichteren Zäunen aus Rohrschilf entstehen solche zwar anfänglich, werden aber bei fortgesetztem Schneetreiben bald gefüllt.

Abb. 45.

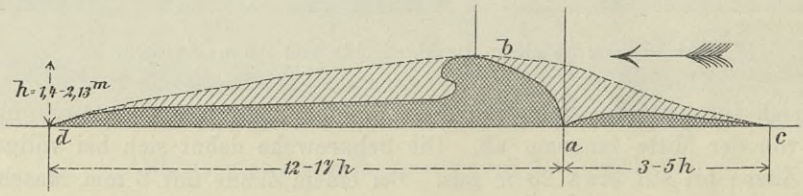


Ablagerung an einem Drahtgeflechte von 3 mm-Maschen.

Die Versuche bestätigen[98]), dafs die Vorlagerungen um so geringer und die Hinterlagerungen um so breiter werden, je durchlässiger der Zaun ist. Müssen letztere vermieden werden, so mufs man dichte Zäune von ausreichender Höhe aufstellen.

Hier möge gleich noch ein von Ingenieur Wurzel[99]) auf den südrussischen Bahnen ausgebildetes Verfahren erwähnt werden, welches durch Aufstellen und

Abb. 46.



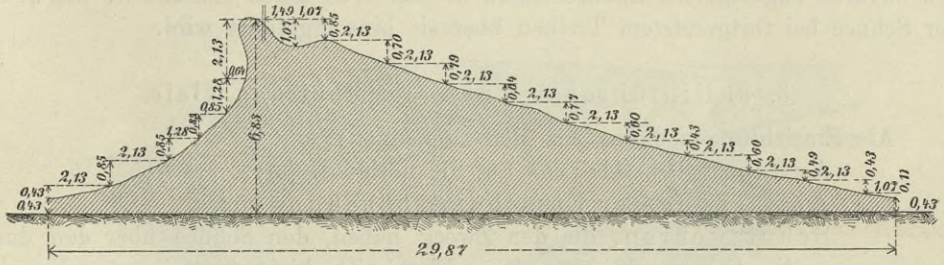
Bildung von Schneeablagerungen nach Wurzel, Anfang.

[98]) Schubert, Schneewehen und Schneeschutzanlagen Seite 14. Bergmann, Wiesbaden, 1888

[99]) Mitteilungen des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines 1869, Seite 89.

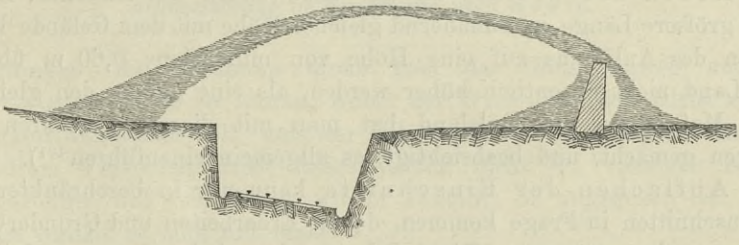
Umsetzen von durchlässigen Zäunen von 1,40 bis 1,70 m Höhe Schneewälle bis zu solcher Höhe bildet, dafs der herangetriebene Schnee im hohem Bogen über die Bahn weggetrieben wird. Der Aufbau geschieht in der Weise, dafs, nachdem sich an dem hinreichend weit vom Bahnkörper errichteten, durchlässigen Zaune a die Schneewehen (Textabb. 46) aufgehäuft haben, der Zaun von a nach b versetzt

Abb. 47.



Bildung von Schneeablagerungen nach Wurzel, Ende.

Abb. 48.



Schneeschutzmauern im Karste.

wird, sodafs sich von Neuem eine Ablagerung bilden kann, und allmälig ein Schneewall nach Textabb. 47 entsteht[100]). Die dahinter liegende Eisenbahn wird dann in derselben Weise geschützt, wie es bereits im Jahre 1869 am Karst durch Herstellung von 6 m hohen Mauern bewirkt wurde (Textabb. 48).

e) 3. Schneeschutzanlagen.

Die Schneeschutzanlagen sind Vorkehrungen, durch die man die Ablagerung gröfserer Schneemengen auf dem Gleise zu verhüten sucht.

Nach den im Vorhergehenden gegebenen Erklärungen sind der Gefahr, verweht zu werden, ausgesetzt: Die Dammkronen hoher Dämme, die in der Höhe des anstofsenden Geländes befindlichen Gleisstrecken, ferner die Anschnitte und Einschnitte von mäfsiger Tiefe, immer unter der Voraussetzung, dafs die Bahn im offenen Gelände liegt und das Vorland hinreichend tief ist. Im Walde kommen Schneetreiben nicht vor.

100) Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer 1900, 4. Heft, Bericht von S. v. Kareischa.

Die Schutzanlagen sind zu unterscheiden:

α) in solche, die den Schnee über das Gleis hinwegführen, ohne dafs er sich darauf ablagern kann, und

β) in solche, die ihn zur Ablagerung bringen, ehe er in den Bereich des Eisenbahngleises kommt.

Die Anlagen zu *β* können in solche zu *α* übergehen, wenn die Bahn zwischen den dadurch abgelagerten Schneemassen in einem so tiefen Einschnitte liegt, dafs der Schnee bei fortgesetztem Treiben über sie hinweggeführt wird.

3. *α*) Hinführen des Schnees über das Gleis.

Als Einrichtungen dieser Art sind zu nennen:

Anheben des Gleises auf die nötige Höhe;

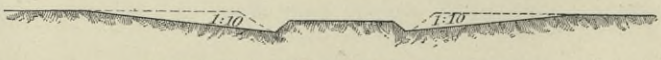
Abflachung der Einschnittsböschungen;

Schutzwehren, die den Zweck haben, den Schnee über den durch die Schutzwehr vertieften Einschnitt hinwegzutreiben, oder dem Winde über dem Gleise eine solche Geschwindigkeit zu geben, dafs der mitgeführte Schnee nicht zur Ablagerung kommen kann.

Das Heben des Gleises ist nur anzuwenden auf Strecken, in denen die Bahn auf gröfsere Länge in annähernd gleicher Höhe mit dem Gelände liegt, sodafs die Kosten des Anhebens auf eine Höhe von mindestens 0,60 m über das anstofsende Land nicht wesentlich höher werden, als eine andere den gleichen Zweck erfüllende Mafsnahme. In Rufsland hat man mit diesem Verfahren sehr gute Erfahrungen gemacht, und beabsichtigt, es allgemein einzuführen[101]).

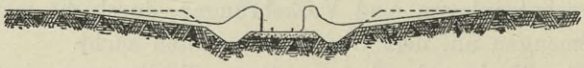
Das Abflachen der Einschnitte kann nur in beschränkter Weise bei kleinen Einschnitten in Frage kommen, da die Erdarbeiten und Grunderwerbskosten diese Anlage sehr verteuern. Diese Schutzmafsregel ist dann so durchzuführen, dafs das Nebenland von der Grabensohle ausgehend beiderseits in der Neigung 1 : 10 abgegraben wird, sodafs sich Bahnkörper und Gleis als kleiner Damm hervorheben (Textabb. 49). Wenn sich der Schnee aber etwa bei umterm Schneetreiben flacher als 1 : 10 ablagert, oder wenn der Wind besonders bei höherm

Abb. 49.



Abflachen der Einschnittsböschungen.

Abb. 50.



Schneeverwehung in abgeflachtem Einschnitte.

Schneefalle dicht über dem Boden nicht hinreichende Kraft hat, um den Schnee vom Gleise weg zu wehen, so wird der durch die Abflachung erstrebte Zweck nicht erfüllt, vielmehr treten Verwehungen ein, wie sie in Textabb. 50 dargestellt sind.

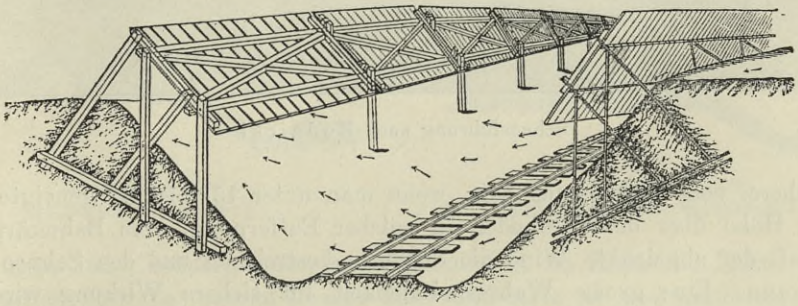
---

[101]) Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer 1900, 4. Heft, Bericht von S. v. Kareischa.

Aus diesen Gründen kann die Herstelluug von Abflachungen im Allgemeinen nicht empfohlen werden, sie haben sich namentlich in Rufsland nicht bewährt.

Zu den Schutzwehren gehören vor Allem die schon erwähnten, im Karste errichteten, 6 m hohen Mauern. Ferner sind eigenartige Schutzwehren von Howie und Rudnicki angegeben. Ersterer beabsichtigt, den ankommenden Wind durch seinen auf der Einschnittsböschung aufgestellten, in Textabb. 51 dargestellten

Abb. 51.



Schneeführung im Einschnitte nach Howie.

Zaun aufzufangen, die Böschung hinab über das Gleis hinweg und an der andern Seite wieder hinauf zu führen, wobei der Wind über dem Gleise eine solche Geschwindigkeit annehmen soll, dafs der Schnee sich nicht ablagern kann. Nach den angestellten Versuchen trifft dieses jedoch nicht zu, vielmehr bilden sich Schneeablagerungen auf dem Gleise, wie in Textabb. 52 angegeben ist.

Ähnlich verhält es sich mit einer von Rudnicki angegebenen Schutzwehr die bewirken soll, den Schnee in hohem Bogen über das Gleis fortzuführen. Der Erfinder glaubt dies durch pyramidenartige Körper zu erreichen, die 11 m breit, 6 m hoch, aus Holz oder Steinen gefertigt, mit Zwischenräumen von 1 m möglichst nahe dem Gleise oder scharf an der Einschnittskante aufgestellt werden. Dadurch soll die Geschwindigkeit des ankommenden Windes so bedeutend gesteigert werden, dafs einerseits der Schnee weit über das zu schützende Gleis hinausgeführt und anderseits durch die Zusammenziehung des Luftstromes zwischen zwei benachbarten Pyramiden verhindert wird, dafs der Schnee sich hinter diesen ablagert.

Abb. 52.

Erfolg der Schneeführung nach Howie.

Die mit dieser Schutzwehr angestellten Versuche haben diese Annahme jedoch nicht bestätigt. Denn wie Beobachtungen ergaben, bewegt sich der Wind weder in der berechneten Bahn, noch mit wesentlich erhöhter Geschwindigkeit, auch bilden sich, wie Textabb. 53 erkennen läfst, sowohl vor den Schutzwehren Ablagerungen, wie vor einem Damme, als auch hinter ihnen lang ausgedehnte Schneewehen (b Textabb. 53), die das naheliegende Gleis ganz besonders gefährden. Die Räume a hinter den Zaunlücken sind auch nur auf eine geringe Tiefe von Schnee frei.

Abb. 53.

Schneeführung nach Rudnicki.

Sicherer soll die Wirkung sein, wenn man unter 15° bis 30° geneigte Bretter bis 1 m Höhe über dem Erdboden in solcher Entfernung, vom Bahnkörper aufstellt, dafs der abgelenkte Wind die Schienen bestreichen und den Schnee weiterführen kann. Eine grofse Wahrscheinlichkeit für sichere Wirkung wird damit jedoch nicht erreicht, da diese nur bei einer bestimmten Windstärke erzielt wird [102]).

Hier ist ferner noch das schon auf Seite 94 erwähnte Verfahren des Ingenieurs Wurzel anzuführen, durch versetzbare Zäune allmälig einen so hohen Schneewall zu bilden, dafs der Schnee über den dadurch entstandenen Einschnitt hinweggetrieben wird. Wie schon bemerkt, ist derselbe Zweck am Karste schon 1869 auch durch Errichtung 6 m hoher Mauern erreicht worden (Textabb. 48) und diese alten Erfahrungen in Verbindung mit den neueren in Rufsland erzielten sehr günstigen Ergebnissen legen den Gedanken nahe, die Schneeschutzanlagen überhaupt von Haus aus so hoch zu machen, dafs der Schnee sicher über den Einschnitt geführt wird. Wurzel hält hierfür am Einschnittsrande stehende Zäune von 4,3 m bis 6,40 m Höhe für ausreichend [103]).

3. β) Abfangen des Schnees vor dem Gleise.

Mittel zu diesem Zwecke sind:

Waldschutzstreifen;
Zäune;
Mauern oder Hecken;
Erdwälle;
Verbreiterungen der Einschnitte;
versetzbare Schutzeinrichtungen.

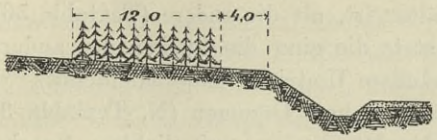
Die Waldschutzstreifen müssen eine solche Höhe und Breite haben, dafs der Schnee nicht durch sie hindurch getrieben werden kann. Diese Abmessungen sind abhängig von der angepflanzten Holzart. Laubhölzer, die im Winter das Laub verlieren, und deren Wipfel und Zweige daher dem Winde nur geringen Widerstand bieten, müssen breiter angelegt oder dichter gepflanzt und höher gezogen

[102]) Organ 1902, S. 2.

[103]) Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer 1900, 4. Heft, Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 427.

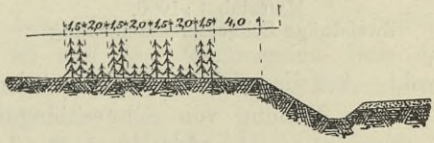
werden, als Nadelhölzer. Nadelholz ist auf einigen Bahnstrecken in Deutschland, Laubholz im südlichen Rufsland zur Anwendung gekommen. Den Nadelholzstreifen gibt man eine Breite von 12 m, bepflanzt sie entweder ausschliefslich mit Fichten, oder untermischt sie mit Lebensbäumen, Knieholz und Kiefern. Anlagen ersterer Art sind im Jahre 1852 auf der Strecke Altenbeken-Paderborn ausgeführt, wobei man die Pflanzung nach Textabb. 54 4 m vom Einschnittsrande absetzte und in einer Höhe von 2,5 bis 3 m unter Schnitt hielt. Später beschnitt man die

Abb. 54.



Mafsstab 1 : 600.
Schneeschutzpflanzung

Abb. 55.



Mafsstab 1 : 600.
Verbesserte Schneeschutzpflanzung.

Pflanzungen nicht, sondern liefs sie unbehindert in die Höhe und Breite wachsen daher starben aber die unteren Zweige mehr und mehr ab und hierdurch, wie auch durch Schneebruch, Nagetiere und andere Ursachen wurde der Wald unten durchlässig. Deshalb wurden in den achtziger Jahren drei 2 m breite Schneusen entlang der Bahn durchgehauen, die auf diese Weise entstandenen vier Hecken wurden ordnungsmäfsig in Höhe und Breite beschnitten und zwischen ihnen wurden je zwei Reihen Fichten neu eingesetzt (Textabb. 55), die heranwachsend die in den Hecken vorhandenen lichten Stellen decken und später die alten überständig gewordenen Hecken ersetzen. Man wird diese alsdann entfernen und später, wenn nötig, an deren Stelle ebenfalls wieder neue Hecken einsetzen können.

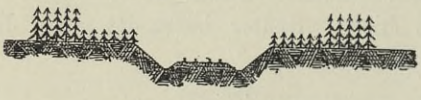
Auf der schlesischen Gebirgsbahn Görlitz-Glatz sind Waldstreifen von 12,7 m Breite angelegt und mit Fichten, Lebensbäumen, Knieholz und Kiefern bepflanzt. Sie sind bis jetzt weder seitlich, noch in der Höhe beschnitten, da man beabsichtigt, sie als Hochwald heranzuziehen. Wenn diese Waldstreifen bis jetzt auch ihren Zweck erfüllt haben, so macht sich doch schon an den Stellen, wo der Boden weniger gut ist, das Absterben der unteren Zweige bemerklich, sodafs in den Schneestürmen der letzten Jahre schon mehrfach erhebliche Schneeablagernngen auf der Böschung und nahe am Gleise entstanden sind. Es ist anzunehmen, dafs auch diese Waldstreifen etwa nach weiteren fünfzehn Jahren die oben bezeichneten Mängel zeigen werden. Hierzu kommt, dafs ein Hochwald in der geringen Breite von 12 bis 15 m und so nahe dem Gleise für den Eisenbahnbetrieb durch Windbruch verhängnisvoll werden kann [104]).

Die Anlagekosten dieser Waldstreifen haben 0,65 M. m für Bearbeitung des Landes, Anlieferung und Verpflanzung der Fichten betragen, der Ankauf des Grund und Bodens, sowie die zuvor erforderliche Aufstellung eines Zaunes müssen noch besonders ein Ansatz gebracht werden. Je nach der Höhe der Preise für das Gelände und der Art der Herstellung des Zaunes wird man den Preis der einseitig hergestellten Waldstreifen auf 8 bis 10 M. m ansetzen müssen.

104) Vergl. übrigens die T V. 27,3, die vorschreiben: Holzbestände, welche einen das Bahngleis gefährdenden Umbruch befürchten lassen, sind zu beseitigen.

Die Breite des zum Waldstreifen erforderlichen Geländes mufs nämlich stets dieselbe sein, unabhängig davon, ob der Einschnitt flach oder tief, das Vorgelände schmal oder breit ist, denn der Zweck der Waldstreifen bedingt vor allem vollständige Dichtigkeit. Aus diesen Gründen sind Waldschutzstreifen auf Gegenden zu beschränken, in denen das Gelände billig ist, etwa 10 bis 13 M./ar kostet. Dann empfiehlt es sich aber, die Waldstreifen in doppelter Breite anzulegen und so zu bepflanzen, dafs die eine Hälfte um 10 bis 14 Jahre älter ist, als die andere (Textabb. 56), damit stets die eine die Lücken der andern deckt. Auf diese Weise erhält man bei wechselndem Umtriebe dauernden Schutz [105]).

Abb. 56.

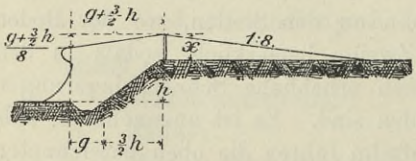


Mafsstab 1 : 1000.
Zweistufige Schneeschutzpflanzung.

Die Bildung von Schneeablagerungen auf hohen Dämmen (N, Texlabb. 32 S. 88) wird zweckmäfsig durch Bepflanzung der Böschungen mit dichtem Busche, am besten mit einigen Reihen Fichten untermischt, verhütet, da diese dem vom Sturme mitgeführten Schnee hinreichend Gelegenheit zur Ablagerung bieten. Man mufs jedoch darauf achten, dafs die Anpflanzungen die Dammkrone nicht überragen.

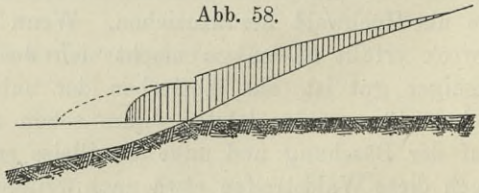
Für Zäune, Mauern oder Hecken sind die Abmessungen für den zu deckenden Einschnitt nach den auf S. 87 und 89 bis 94 gegebenen Zahlen für die Gröfse des Ablagerungs-Querschnittes zu ermitteln. Bei ganz niedrigen Einschnitten oder da, wo das Gleis in der Höhe des anstofsenden Geländes liegt, wird man den Zaun zweckmäfsig nicht zu nahe an das Gleis setzen, weil bei heftigen Stürmen selbst über einen 2 m hohen Zaun noch ziemlich viel Schnee geführt wird, der sich dann zwar ruhig und gleichmäfsig, aber oft bis zur Höhe von 0,30 m bis 0,50 m auf dem Gleise lagert. Bei tieferen Einschnitten kann man den Zaun auch an deren flachen Enden mit Rücksicht auf den zur Flankendeckung herzustellenden zweiten Zaun (S. 101, 102 und 104) unbedenklich an die Kante des Einschnittes setzen.

Abb. 57.



Schneezaun auf der Einschnittkante.

Abb. 58.



Verhältnis der Zaunhöhe zur Einschnittiefe.

Textabb. 57 zeigt einen einfachen Zaun an der Einschnittkante. Wählt man die daselbst eingeschriebene Bezeichnung und bringt den Grabenquerschnitt nicht in Anrechnung, so wird die Zaunhöhe x, wenn F die ganze Querschnittsfläche bezeichnet

Gl. 36) $$x = -\frac{g + {}^3/_2\, h}{8} + \sqrt{\frac{F}{4} + \frac{g^2}{32} - \frac{5}{32}\, gh - \frac{15}{128}\, h^2},$$

wobei gemäfs der Zeichnung angenommen ist, dafs die Schneewehe höchstens bis zur Bettungskante vorschreiten soll.

105) Organ 1891. S. 234.

Für h = o wird die Zaunhöhe am Anfange des Einschnittes

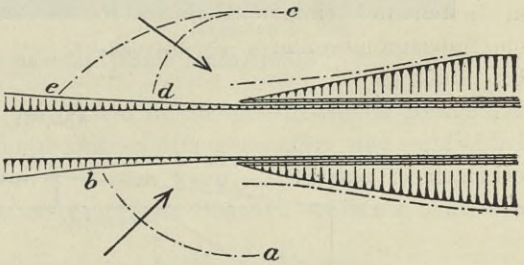
Gl. 37) . . . . . $x = -\frac{g}{8} + \sqrt{\frac{F}{4} + \frac{g^2}{32}}$

während der Einschnitt an sich hinreichend Raum zur Ablagerung bietet, die Zaunhöhe also = 0 wird, bei einer Tiefe des Einschnittes von

Gl. 38) . . . . . $h = -\frac{4}{3}g + \sqrt{F \cdot \frac{64}{39} + \frac{64}{117}g^2}$

Zwischen diesen beiden Grenzwerten ist die zugehörige Zaunhöhe für jede Einschnittiefe zu bestimmen, sodafs der fertige Zaun, wie in Textabb. 58 angegeben, am Anfange des Einschnittes am höchsten ist und der zunehmenden Tiefe des Einschnittes entsprechend nach und nach niedriger wird. Am Ende des Einschnittes müfste der Zaun stumpf aufhören. Da jedoch beim Schneetreiben an diesen Stellen Wirbelbildungen eintreten, auch bei schräg zur Bahn kommenden Schneetreiben nach den Pfeilen der Textabb 59 Schnee in den Einschnitt hineingetrieben würde, ist es nötig, in entsprechender Entfernung kreisförmig um den Endpunkt des Zaunes herum einen zweiten Zaun zu führen, ihn auch etwas in der Richtung des Einschnittes zu verlängern. Die Höhe dieses Zaunes ist so zu bemessen, dafs Vor- und Hinterlagerung zusammen den nötigen Querschnitt enthalten, die Höhe des Zaunes wird also:

Abb. 59.



Schneezäune am Einschnittende.

Gl. 39) . . . . . $x = \sqrt{\frac{F}{8}}$

Wenn der anstofsende Damm niedrig ist, darf man den Zaun nicht höher machen, als das Neigungsverhältnis 1 : 8 von S. O. bis Oberkante Zaun gestattet. Zur Erreichung des nötigen Querschnittes ist er dann nach der Linie c—e (Textabb. 59) anzuordnen.

Textbb. 60 gibt die Aufnahme eines so geschützten Einschnittes, aus der zugleich die sichere Wirkung gegen eine Verwehung des Einschnitt-Anfanges und des vorliegenden Auftrages zu erkennen ist.

Um den Ablagerungsquerschnitt zu vergröfsern, kann man den Zaun von der Einschnittskante abrücken, wenn es ohne grofse Kosten möglich ist, etwas von dem anstofsenden Gelände zu erwerben, dessen man übrigens bei der Aufstellung der zur Flankendeckung nötigen Zäune ohnehin nicht ganz entbehren kann. Der Abstand von der Bettungskante ist gleich der achtfachen Höhe zu machen, da man bei dieser Stellung für den Ablagerungs-Querschnitt einen Höchstwert erreicht (Textabb. 61). Die Zaunhöhe beträgt dann:

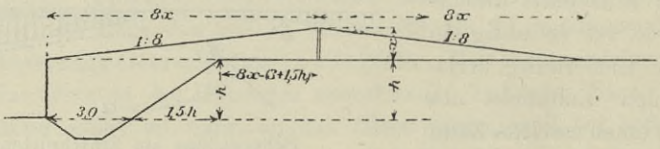
Gl. 40) . . . . . $x = \sqrt{\frac{F}{8} - \left(\frac{3h + 0{,}75\,h^2}{8}\right)}$

wobei die obere Grabenbreite zu 3,0 m angenommen ist. Diese Formel gilt jedoch nur so lange als

Abb. 60.

Schneeschutz durch Zäune an einem Einschnittende.

Abb. 61.



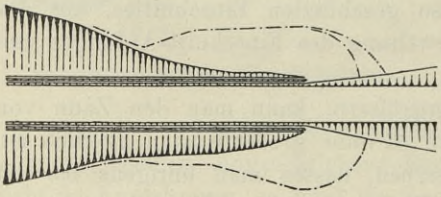
Stellung des Schneezaunes zur Bettungskante.

Gl. 41) . . . . . $8\,x \geq 3 + 1{,}5\,h$

ist, also so lange, bis der Zaun an die Kante des Einschnittes rückt. Bei gröfseren Einschnittstiefen ist die Zaunhöhe nach Gl. 36 zu berechnen, und der Zaun an der Kante weiter zu führen.

Die Flankendeckung am Einschnittsende schmiegt sich dieser Bauweise leicht an, sodafs der Grundrifs die in Textabb. 62 dargestellte Anordnung erhält.

Abb. 62.



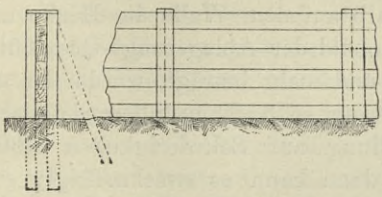
Flankendeckung durch Zäune am Einschnittende.

Die Herstellung der Schneezäune erfolgt zweckmäfsig aus alten hölzernen Eisenbahnschwellen, die, wenn sie getränkt sind, noch 15 bis 20 Jahre aushalten. Je nach Lage der Eisenpreise kann man auch alte eiserne Schwellen benutzen. Man gräbt sie senkrecht 0,70 bis 1,00 m ein, sodafs man Zaunhöhen von 2,00 m bis 1,50 m Höhe erhält. Die etwa erforderliche gröfsere Höhe stellt man durch Bretteraufsätze her, während man den unveränderlich 1,5 bis 2,00 m hohen Zaun meist bis zu der Stelle fortführt, an der der Einschnitt keiner Schutzanlage mehr bedarf.

Zweckmäfsiger und billiger schichtet man die Holzschwellen wagerecht hochkant zwischen zwei senkrecht gestellte Schwellen (Textabb. 63), bei welcher Anordnung man in der Höhenwahl freier ist.

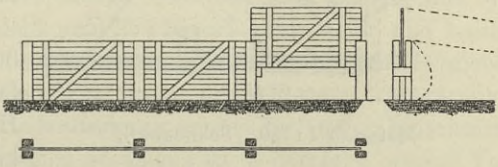
Noch zweckmäfsiger und billiger als Schwellen sind Brettertafeln der gewünschten Höhe von 3,0 m Länge bei 2 bis 2,5 cm Stärke, die man, wenn angängig, vorher tränkt und lose zwischen die senkrecht eingegrabenen Schwellen einsetzt (Textabb. 64). Ein solcher Zaun kostet einschliefslich der alten Schwellen und Arbeitslohn 2,50 bis 3,00 M/m, er bietet noch den besondern Vorteil, dafs, wenn bei einem Schneetreiben schon eine erhebliche Vorlagerung stattgefunden hat,

Abb. 63.



Mafsstab 1 : 100.
Zaun aus wagerechten Schwellen.

Abb. 64.



Mafsstab 1 : 250.
Bretterzaun aus wagerechten Brettern.

durch Höherstellung und Feststellung der Tafeln durch untergenagelte Brettstücke von Neuem ein ausreichender Ablagerungs-Querschnitt geschaffen und schliefslich ein Einschnitt von sicherer Tiefe gewonnen werden kann. Derartige Brettertafeln kann man auch, wo dies zweckmäfsig erscheint, im Sommer entfernen und erst im Winter wieder einsetzen.

Wenn von beiden Seiten der Bahn Schneetreiben zu erwarten ist, so errichtet man auf beiden Seiten die erforderlichen Schwellenpfosten und steckt die Brettafeln in diese auf der Seite ein, von der das Schneetreiben voraussichtlich zu erwarten ist. Die Tafeln können auch bei stärkstem Schneetreiben umgesetzt werden.

Statt der Bretterwände kann man auch Geflechte aus Binsen, Birkenreisig oder Weidenruten herstellen, die bei 1,70 m Geflechthöhe ohne Schwellen 2 bis 2,50 M/m kosten; doch halten diese selten länger, als vier bis fünf Jahre und verursachen mehr Unterhaltungskosten, als die Bretterzäune.

Statt der Zäune kann man auch Trockenmauern errichten, falls die Steine billig zu beschaffen sind. Sie erfordern bei entsprechender Stärke geringe Unterhaltungskosten und erfüllen den Zweck in gleicher Weise, wie die Zäune.

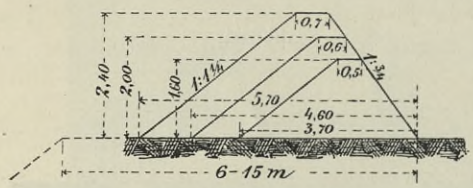
Wenn man hinreichendes Gelände zur Verfügung hat und der Boden sich dazu eignet, so ist die Anlage von lebendigen Hecken aus Fichtenpflanzen neben den Zäunen zu empfehlen. Zur Bildung dichter Hecken genügt es, zwei Reihen Pflanzen in Entfernungen von je 0,33 m in Verband zu setzen, die bei gutem Boden nach sechs bis acht Jahren meist schon so weit herangewachsen sind, dafs der Bretterzaun fortgenommen werden kann.

Mit dem Beschneiden darf man nicht zu früh anfangen, mufs es auch stets im Winter besorgen, da sonst die Pflanzen verbluten. Statt der Fichte kann auch abendländischer Lebensbaum genommen werden, der ebenfalls zweireihig gepflanzt, innig verflochten und dauernd im Schnitte gehalten, einen hinreichend dichten Zaun liefert.

Der Erdwall mit und ohne Zaun empfieht sich besonders dann, wenn man Land billig erwerben, und den Wall daher nach der im vorigen Abschnitte

gegebenen Regel in einer Entfernung von 8 x (Gl. 40, S. 101) von der Bettungskante absetzen kann. Entweder wird der Wall in der vollen, nach den mitgeteilten Grundsätzen ermittelten Höhe errichtet (Textabb. 65), oder man schüttet den Wall in geringerer Höhe an und setzt auf ihn einen entsprechend niedrigern Zaun. Um darauf lebende Hecken anlegen zu können, gebe man dem Walle 1 m bis 1,25 m Kronenbreite, setze den Bretterzaun auf die äufsere Kante und pflanze innerhalb auf dem Walle die Hecke an.

Abb. 65.



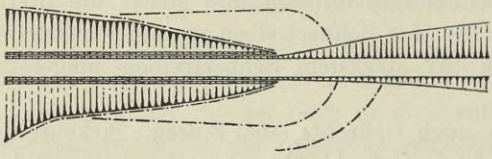
Mafsstab 1 : 150. Schneewall.

Sobald der Ablagerungs-Querschnitt 30 qm und mehr beträgt, würde der einfache Zaun so hoch ausfallen, dafs seine Herstellung auf Schwierigkeiten stofsen kann; dann kann es zweckmäfsiger sein, Doppelzäune aufzustellen, von denen der eine an der Einschnittkante, der andere so weit davor errichtet wird, wie es der nötige Ablagerungs-Querschnitt bedingt.

Diese Entfernung ist bei angenommener Zaunhöhe von beispielsweise 2,0 m zu ermitteln nach

Gl. 42) . . . . . $x = \frac{F}{2} - (2{,}72 + 2{,}72\,h + 0{,}305\,h^2)$

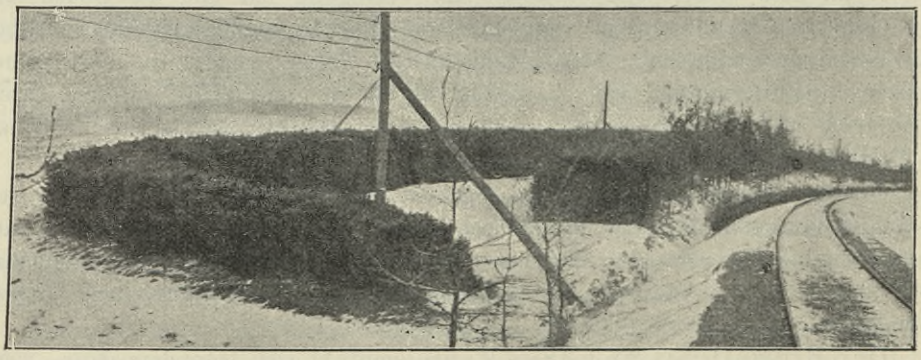
Abb. 66.



Anlage der Endigung eines Doppelzaunes.

Auch bei dieser Anordnung ist es zweckmäfsig, kleine Erdwälle aufzuwerfen, um darauf die Zäune zu setzen und zugleich Hecken anzupflanzen. An den Enden der Einschnitte wird der äufsere Zaun wie früher angegeben, im Bogen herumgeführt. Sollte dieser Zaun keinen ausreichenden Ablagerungs-Querschnitt bieten, so führt man in entsprechender Entfernung noch einen zweiten um ihn herum (Textabb. 66). Textabb. 67 zeigt eine Anlage, die im Jahre 1873 vom Verfasser an der Eisen-

Abb. 67.



Endigung eines Doppelzaunes.

bahnstrecke zwischen Görlitz und Charlottenhof angelegt und jetzt nach 32 Jahren noch dicht genug ist, um ihren Zweck vollständig zu erfüllen. An den im untern Teile etwas durchlässig gewordenen Stellen ist in den letzten Jahren junger Anwuchs vorgepflanzt worden.

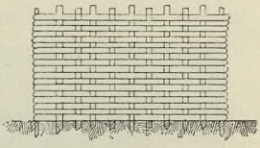
Die Erweiterung der Einschnitte läfst sich nur beim Baue der Bahn ausführen, wenn es an Schüttboden fehlt. Man kann dann die Einschnitte in den an sich keine hinreichende Ablagerungsfläche bietenden flachen Teilen in Kronen- oder Grabensohlen-Höhe verbreitern und diese Erweiterung allmälig bis zu den Einschnittsenden ausweiten. Je nach der Menge des fehlenden Bodens und der Gröfse des Ablagerungs-Querschnittes stellt man die Erweiterung tiefer und breiter her, nach Bedarf unter gleichzeitiger Anschüttung von Erdwällen. Letztere dienen bei geringerer Breite der Erweiterungen zur Gewinnung der fehlenden Ablagerungsfläche, sowie zur Erzielung der nötigen Seitendeckung an den Enden der Einschnitte.

Versetzbare Schutzmittel kommen besonders da in Betracht, wo zur Vermeidung gröfserer Kosten das zur Anlage einer dauernden Schutzwehr erforderliche Gelände nicht gekauft werden kann, oder wo mit Rücksicht auf den Wechsel der Richtung der Schneetreiben die Errichtung fester Schutzmittel nicht zweckmäfsig erscheint. Die Art ihrer Aufstellung richtet sich nach der Gröfse des Ablagerungs-Querschnittes und nach der Wirkungsweise der Schutzwehr. Ferner sind sie bei dem Wurzelschen Verfahren zur Bildung eines Schneeschutzdammes (S. 94) anzuwenden, und haben sich hierbei bestens bewährt.

Unter den mancherlei Anordnungen, die in den letzten Jahren angewendet sind, mögen einige hervorgehoben werden.

Hürden aus Weiden, Birkenreisig oder Binsen geflochten, können als dichte Zäune angesehen und danach aufgestellt werden. Sie werden in Höhe von 1,5 m bis 1,7 m gefertigt, wie in Textabb. 68 angegeben, auf den Boden gesetzt, und beiderseits durch eingesetzte Stöcke verstrebt. Die Herstellungskosten betragen etwa $^1/_2$ bis $^3/_4$ Tagewerk für 1 m, sie sind daher billig, falls man die Reiser selbst gewinnen kann, verursachen jedoch viel Unterhaltungskosten und haben nur eine beschränkte Haltbarkeit.

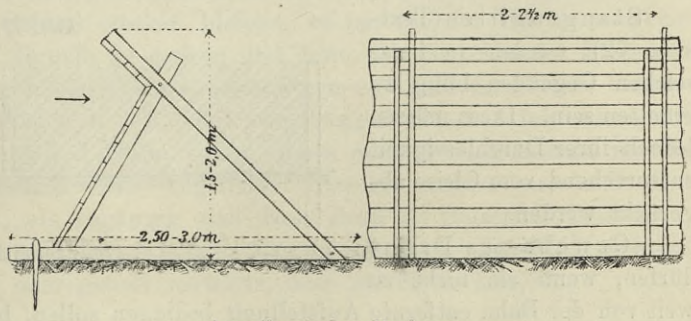
Abb. 68.



Schneehürde.

Der amerikanische Bockzaun (Textabb. 69) wirkt wie ein dichter Bretterzaun, kostet einschliefslich des Eisenbeschlages etwa 2,0 bis 2,5 M/m, ist leicht und rasch aufzustellen und als versetzbares Schutzmittel vorzuziehen. Er kann auch bei gröfseren Schneemengen als Doppelzaun verwendet werden. Auch die Deckung der Einschnittsenden ist mit

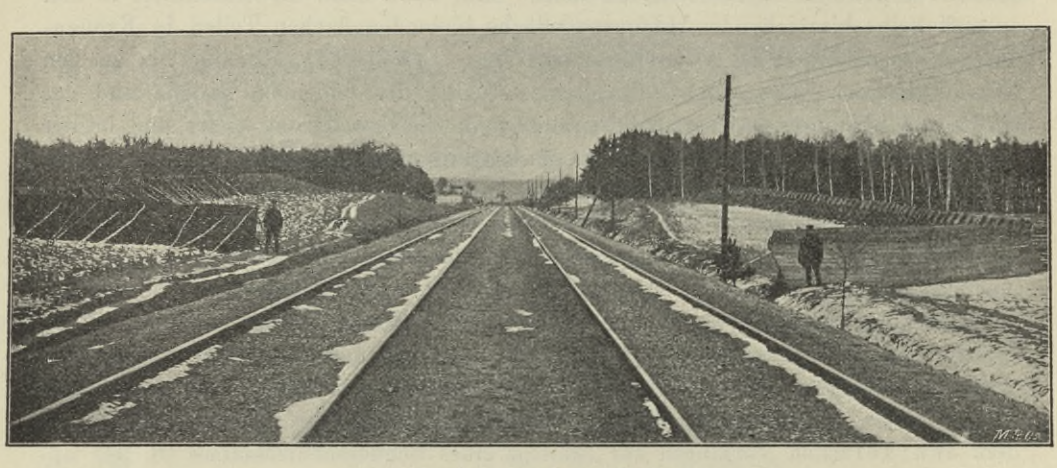
Abb. 69.



Amerikanischer Bockzaun.

diesem Zaune, der ohne weitere Befestigung oder Verpfählung auf das Gelände gesetzt werden kann, nach der in den vorhergehenden Abschnitten angegebenen Art leicht und vollständig zu erreichen. Textabb. 70 gibt eine Darstellung eines durch versetzbare Zäune von beiden Seiten geschützten Einschnittes.

Abb. 70.



Schutz durch versetzbaren Bockzaun.

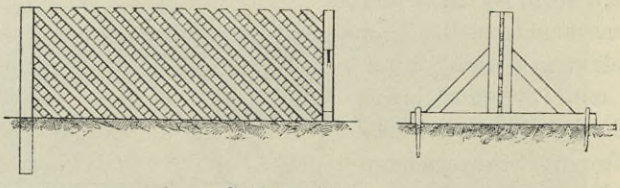
Wie ein die Bahn am Einschnittsende kreuzender Wegeübergang mit diesem Mittel zu schützen und zugleich die nötige Seitendeckung zu erzielen ist, zeigt Textabb. 71.

Abb. 71.

Schutz eines Wegeüberganges an einem Einschnittende durch versetzbaren Bockzaun.

Stangengitter (Textabb. 72) werden in holzreichen Gegenden billig zu erhalten sein. Diese müssen jedoch ihrer Durchlässigkeit entsprechend vom Gleise abgerückt werden.

Abb. 72.



Stangengitter.

Gewebe aus Draht dürfen, wenn sie nicht zu weit von der Bahn entfernte Aufstellung bedingen sollen, höchstens 3 mm Maschenweite haben (Textabb. 45. S. 94); sie sind dann teuer. Billiger sind Gewebe aus Kokosgarn. Die Gewebe bedürfen zur Aufstellung fester Pfähle, die aus alten Heiz-

rohren hergestellt, leicht in den Boden getrieben werden können Da diese Gewebe ihrer Durchlässigkeit wegen weit vom Gleise abgestellt werden müssen, so wird man das dazu erforderliche Land in Pacht nehmen, oder gleich kaufen müssen. Deshalb und der nicht unbedeutenden Unterhaltungskosten wegen sind die Gewebe als Schutzmittel nicht zu empfehlen. Dasselbe mufs auch von mit Teer getränkten Leinengeweben aus gekochtem Garne gesagt werden.

3. γ) Mafsnahmen während des Eisenbahn-Betriebes und beim Eintritte des Schneetreibens.

Während der günstigen Jahreszeit sind die Schneeschutzanlagen, wie auch die Schutzmittel und die Schneepflüge in brauchbaren Zustand zu setzen. Die Strecke ist daraufhin zu prüfen, ob nicht Veränderungen auf dem Nachbargelände vorgenommen, Wälder entfernt, Zäune errichtet, oder Sträucher und Hecken herangewachsen sind, durch die Schneeverwehungen hervorgerufen werden könnten. Dann mufs rechtzeitig Abhülfe geschaffen werden.

Beim Beginne des Winters sind den Arbeitern und Beamten der Strecken und Bahnhöfe genaue Verhaltungsmafsregeln bezüglich der beim Eintritte des Schneetreibens vorzunehmenden Arbeiten zu erteilen.

Man schärfe den Beamten und Arbeitern vor allen Dingen ein, dafs sie den Schnee bei Eintritt eines Schneetreibens durch Aufstellung von Hindernissen: Hürden, Bretterwänden, Schneemauern, vor der gefährdeten Stelle vom Gleise fernzuhalten haben, denn dieses nützt während des Schneetreibens mehr, als das Auswerfen des Schnees aus dem Gleise. Bei letzterer Arbeit ist darauf zu achten, dafs der Schnee stets mit dem Winde, nie gegen den Wind geworfen wird. Auch auf den Bahnhöfen halte man beim Eintreten des Schneetreibens Leute genug bereit, gebe auch den Zügen, sofern die Strecke irgendwie in Gefahr ist, verweht zu werden, eine Anzahl ausgerüsteter Mannschaften mit.

Die Lokomotiven der Züge rüste man mit einem festen Pfluge[106]) aus, verwende auch möglichst schwere, wenn auch langsamer fahrende Lokomotiven, da diese die Schneewehen erfahrungsmäfsig am leichtesten überwinden. Sind bereits gröfsere Verwehungen eingetreten, so fahre man zunächst mit einem gröfsern Schneepfluge allein hinaus und räume die Strecke erst auf, ehe man einen Personenzug folgen läfst. Von den auf der Strecke vorhandenen Meldeeinrichtungen mufs selbstverständlich in solcher Zeit der ausgedehnteste Gebrauch gemacht werden, damit die benachbarten Stationen stets gut unterrichtet sind und Unfälle vermieden werden.

Sollte ein Zug im Schnee stecken bleiben, so hat ihn der Wärter zunächst nach beiden Seiten durch Signale zu decken und dann den benachbarten Stationen Meldung zu geben. Diese haben sich zu verständigen und nach der Strecke hinauszusagen, was zunächst geschehen soll. Bei zweigleisigen Strecken fahre man mit einem Leerzuge auf dem andern Gleise, sofern dieses noch frei ist, hinaus, um die Reisenden weiter zu befördern. Bei eingleisigen Strecken nähere man sich dem verschneiten Zuge soweit, als angängig und lasse dann die Reisenden umsteigen, falls es nicht möglich ist, den eingeschneiten Zug auszugraben, oder durch mehrere Lokomotiven im Ganzen, oder geteilt vorwärts, oder zurück zu schaffen.

---

[106]) Band I, 1. Auflage, A. IV.

e) 4. Lawinenbildungen.

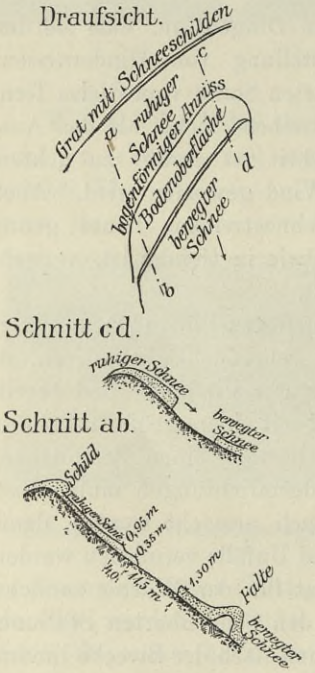
Lawinen kommen in allen schneereichen Hochgebirgen vor, und zwar meist an bestimmten Stellen. Ihre Bildung hängt ab von der Gestaltung der Gebirge, und von dem Umschlage der Witterung beim Übergange von Frost zu Tauwetter. Beim Niedergange einer Lawine unterscheidet man: das Sammelgebiet und die Anbruchstelle, den Weg von der Anbruchstelle bis zur Tiefe, den Lawinengang, und die Ablagerungstelle im Tale, den Lawinenkegel.

Man unterscheidet: Grundlawinen, Staublawinen, Oberlawinen und Gletscherlawinen[107]).

Wenn Schneemassen an hochliegenden Steilhängen abreifsen, nach und nach in raschere Bewegung kommen und dabei den vorliegenden Schnee mitführen, so fahren diese stets gröfser werdenden Schneemengen als Grund- und Massenlawinen zu Tal. Lose Schneemassen, die wegen ihres lockern Gefüges oder durch heftige Windströme niedergehen, geben Staublawinen.

Als Oberlawinen bezeichnet man die Schneemassen, die nicht auf dem unterliegenden Boden, sondern auf einer ältern, vielleicht früher festgefrorenen und vereisten Schneelage abgleiten. Diese können Staub- oder Grund-Lawinen bilden.

Abb. 73.



Anbruch einer Grundlawine.

Gletscherlawinen sind solche, deren Abbruchgebiet auf einem Gletscher liegt, oder deren Lawinengang ein Gletscherbett verfolgt.

Grundlawinen und Staublawinen sind die weitaus häufigsten. Etwa 73 % aller Lawinen brechen oberhalb der Waldgrenze an. Die Grundlawinen sind wegen ihrer grofsen Massenwirkung die gefährlichsten, Staublawinen können wegen des bei ihrem Niedergange auftretenden starken Luftdruckes gleichfalls grofsen Schaden verursachen.

Staublawinen fahren meistens im Februar zu Tal, während die Grundlawinen mehr in den Frühjahrsmonaten auftreten.

Die Grundlawinen entstehen durch die Einwirkung der Wärme auf die Schneeflächen im Sammelgebiete, indem der auf schräger Berglehne und steilen Hängen befindliche Schnee schwer und ballig wird, in sich zusammen sinkt und in der Mittagsonne zu tauen anfängt. Dadurch wird das Erdreich unter dem Schnee schlüpferig, das Wasser rieselt unter dem Schnee hinweg und bewirkt, dafs die zusammengeballte Schneedecke vielfach hohl liegt. Dann kann leicht, wie bei Schneelagen auf steilen Schieferdächern, ein Abreifsen der Schneemassen erfolgen, womit die Bildung einer Lawine eingeleitet ist.

In Textabb. 73 ist ein solcher Vorgang dargestellt. Der Abrifs erfolgt in der Regel nicht längs des Grates und nicht an den steilsten Stellen, sondern unterhalb beider, da wo der Schnee die gröfste Mächtigkeit hat.

---

[107]) Vincenz Pollack, Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines. 1891. S. 110.

Die Schneemassen kommen erst langsam, dann bei stetig wachsender Masse schneller in Bewegung, wobei sich die einzelnen Schneemassen in und über einander schieben, auch wohl auf dem unterliegenden Schnee weitergleiten, bis die ganze Schneemasse an einer weniger steilen Stelle des Tales oder bei Einmündung in ein Quertal zur Ruhe kommt und so den Lawinenkegel bildet. Durch dieses plötzliche Aufhalten der Schneemassen wird der innere Druck oft so grofs, dafs die Schneeteilchen zu Eis zusammengepreſst werden.

e) 5. Lawinenschutzanlagen.

Sofern die Lawinengänge nicht durch Tunnel oder Brücken umgangen werden können, kommen folgende Schutzmittel in Betracht:

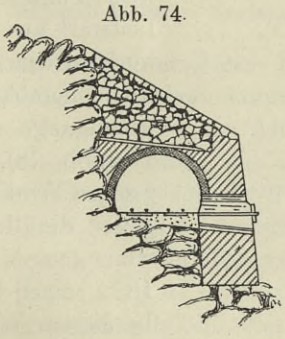
Schneegalerien,

Lawinenleitwerke,

Abbau der Lawinen im Anbruchgebiete.

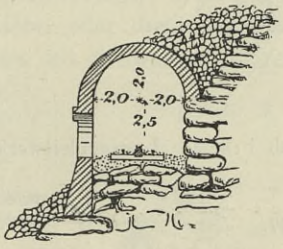
Schneegalerien[108]) sind Bauwerke aus Stein oder Holz im Lawinengange, durch die der Schnee über die Bahn fortgeführt wird. Sie sind nur anwendbar, wenn die Bahn im Anschnitte oder Einschnitte liegt, der tief genug ist, um den Lawinengang ohne wesentliche Erhöhung seiner Sohle überzuführen. (Textabb. 74 und 75).

Abb. 74.



Mafsstab 1 : 700.
Lawinengalerie.

Abb. 75.



Mafsstab 1 : 380.
Lawinengalerie.

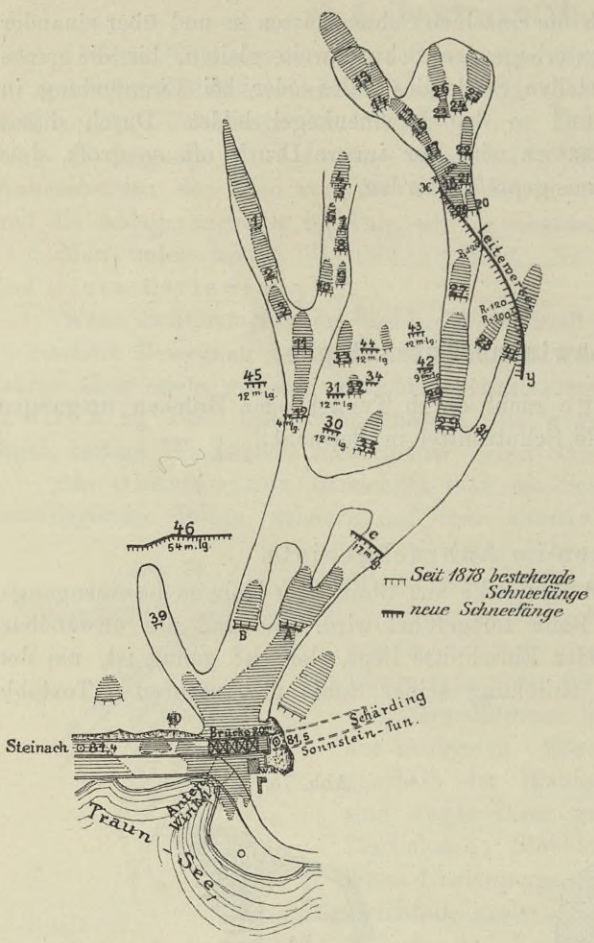
Lawinenleitwerke haben den Zweck, die Lawinen oberhalb der Bahn abzufangen und sie nach einer Richtung seitlich abzulenken, in der sie der Eisenbahn oder Strafse keinen Schaden mehr zufügen können. Diese Leitwerke bestehen aus gehörig verstrebten Holzwänden oder aus Mauern von 3 bis 6 m Höhe, die zur Richtung des Lawinenganges unter einem Winkel von 20 bis höchstens 50 Grad aufzuführen sind und denen nach oben eine möglichst steile Böschung 1 : 5 bis 1 : 2 zu geben ist, damit das Aufsteigen der Schneemassen verhütet wird.

Textabb. 76 gibt in Linie x—y den Lageplan eines Mitte der 80er Jahre am Sonnenstein ausgeführten Leitwerkes[109]), von 3 bis 3,5 m Höhe, das die fast

[108]) O. Blum, nordamerikanische Schneedächer, Organ 1905, S. 281.

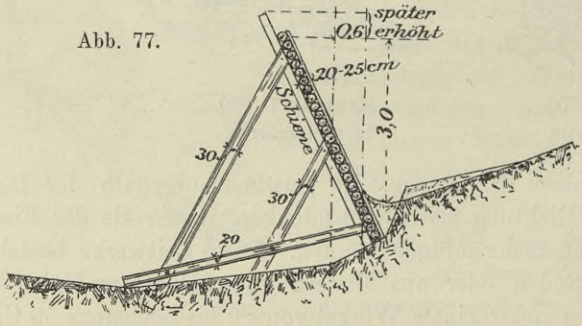
[109]) Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines. 1891.

Abb. 76.



Mafsstab 1 : 3850. Lawinenleitwerk, Plan.

Abb. 77.



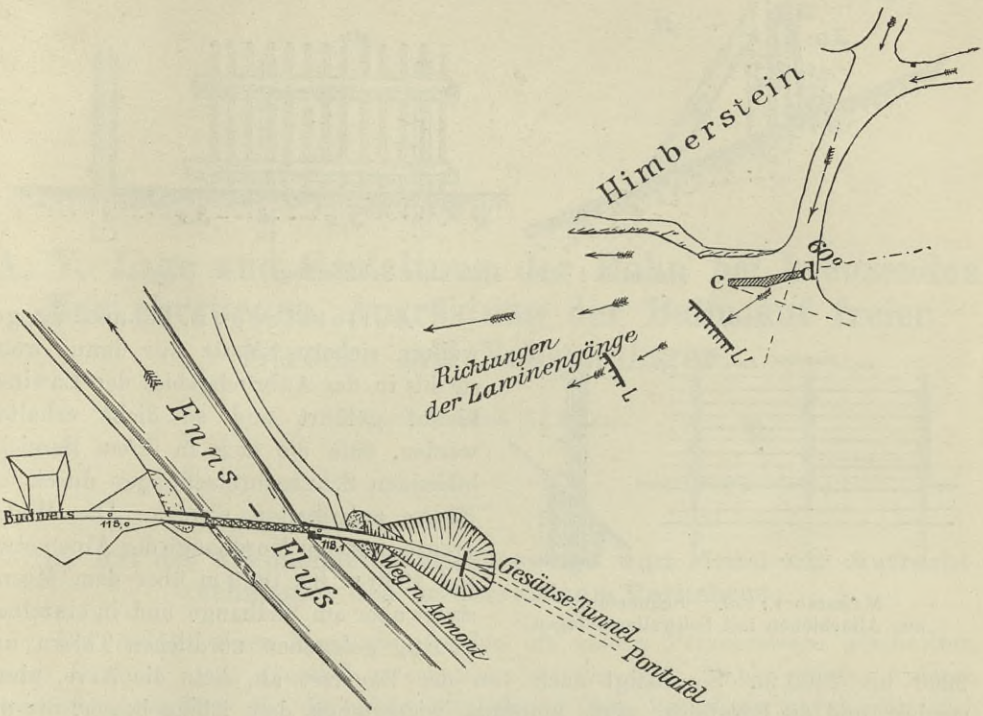
Mafsstab 1 : 150. Lawinenleitwerk

regelmäfsig nach dem Antenwinkel abstürzenden Schneemassen auf einen Bergvorsprung oberhalb des Tunnels ableitet. Der Querschnitt des aus Rundholz mit Pfostenverkleidung ausgeführten Leitwerkes ist in Textabb. 77 dargestellt. Vor Erbauung dieses Leitwerkes hatte man bei A. B. und C. (Textabb. 76), sowie an den weiter oberhalb bezeichneten Stellen Schneefänge aus rechtwinkelig zur Lawinenrichtung stehenden Holzwänden errichtet, jedoch ohne nennenswerten Erfolg. Erst das Leitwerk x—y hat die Bahn vor weiteren Überschüttungen geschützt.

Oberhalb des Gesäuse-Tunnels der Strecke Budweis-Pontafel wurde ein Leitwerk aus Trockenmauerwerk in dem vom Himbeersteine herabkommenden Lawinengange errichtet (c—d Textabb. 78), das trotz des grofsen Winkels von 60 Grad gegen die Richtung des Lawinenganges bis zum Winter 1888 seinen Zweck erfüllte. In diesem Winter überstieg jedoch die Lawine die in Textabb. 79 im Querschnitte dargestellte Leitmauer und überschüttete den Tunneleingang, so dafs man sich genötigt sah, bei L und L^1 Schneefänge zu errichten. Man ersieht hieraus, dafs der Winkel von 60 Grad zwischen Lawinengang und Leitwerk zu grofs ist, um die Wirkung des letztern zu sichern.

Der Abbau der Lawinen im Anbruchgebiete soll die Entstehung an den steilen Hängen oder Gebirgskämmen verhüten, oder die ersten Anbrüche baldigst

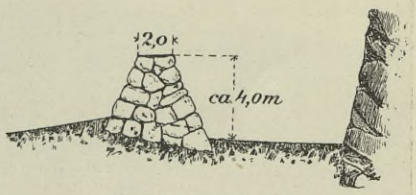
Abb. 78.



Maßstab 1 : 3600. Lawinenleitwerk am Himbeersteine. Plan.

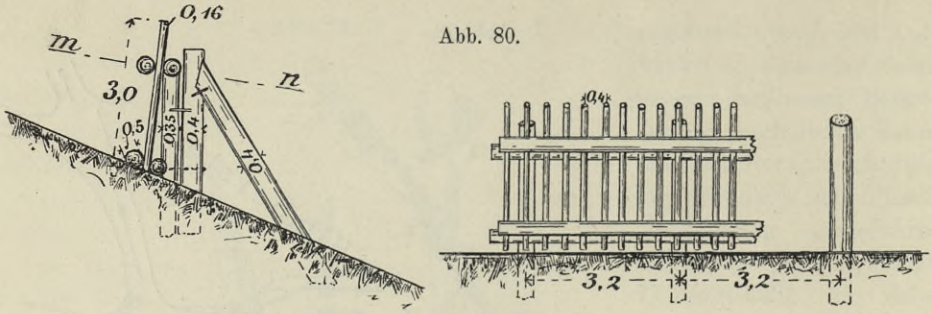
auffangen und unschädlich machen. Dieses wird erreicht: erstens durch Erbauung von Schneefängen in dem Anbruchgebiete, oder dicht darunter. Man fertigt diese aus Holz (Textabb. 80), aus Altschienen mit Schwelleneinlagen (Textabb. 81) oder Trockenmauerwerk, stellt sie entlang den Schichtenlinien und je nach der Steilheit des Hanges und der Größe der abrutschenden Schneemassen in 5 m bis 15 m Höhenabstand auf. Die Verpfählung der Anbruchflächen ist ein wesentlich billigeres Hülfsmittel, doch läßt sie sich nur bei geeignetem Gelände, etwa auf Matten, und im Allgemeinen nur unterhalb der Waldgrenze ausführen. Man gibt den Pfählen solche Länge, daß sie nach dem Einschlagen noch 0,8 m bis 1,00 m über den Boden hervorragen und schlägt sie in Reihen von nicht über 2 m Abstand nicht weiter als 0,6 m von einander. Die einzelnen Pfähle halten dann bei 10 bis 12 cm Stärke den oberhalb liegenden Schnee fest, sodaß das Rutschen nicht eingeleitet werden kann. Bei Schneehöhen von mehr als 1,0 m können freilich über den Pfahlköpfen Abrutschungen in Form von Oberlawinen abgehen, doch werden dadurch erfahrungsmäßig größere Schäden nicht verursacht. Textabb. 82 zeigt die von Vincenz Pollack aufgenommenen Lawinenschutzbauten von Blasegg, die sich auf eine Länge von etwa 800 m, eine Breite von 600 m bei einem Höhenunterschiede von mehr als 500 m erstrecken.

Abb. 79.



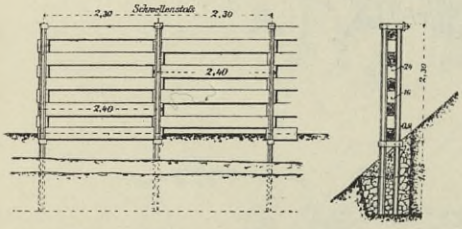
Maßstab 1 : 400.
Lawinenleitmauern am Himbeersteine.

Abb. 80.



Mafsstab 1 : 150. Hölzerner Schneefang.

Abb. 81.



Mafsstab 1 : 150. Schneefang aus Altschienen mit Schwelleneinlagen.

Aufforstungen, Bannwälder, gewähren sichern Schutz nur dann, wenn sie bis in das Anbruchgebiet der Lawinen hinauf geführt und so dicht erhalten werden, dafs die sich in ihrem Bereiche bildenden Schneeabrutschungen durch die Bäume aufgehalten werden. Die Waldgrenze liegt am Nordhange der Alpen etwa auf 1600 m bis 1800 m über dem Meere, steigt aber am Südhange und in einzelnen günstig gelegenen nördlichen Tälern auf 2000 bis 2400 m. Sie hängt auch von der Baumart ab, denn die Arve, pinus cembra, und die Bergföhre, pinus montana, widerstehen dem Klima besser, als die Lärche und Rottanne. In neuerer Zeit hat man an manchen Stellen begonnen, die vor Jahren abgetriebenen Wälder wieder aufzuforsten; so hat die General-Direktion der österreichischen Staatsbahnen am Arlberge im Jahre 1891 zum Schutze der Bahnstrecken auf gröfseren Flächen im Anbruchgebiete Zirben und Bergföhren in eine vorher ausgeführte Verpfählung einsetzen lassen [110]). Auch in der Schweiz hat man ausgedehnte Aufforstungen durchgeführt.

Abb. 82.

Lawinenschutzbauten von Blasegg.

110) Näheres: Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines. 1891. S. 38; Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften 1903, Schutz der Eisenbahnen gegen Schneeverwehungen und Lawinen.

A. V. Lage und Gestaltung der Bahn bei kreuzenden Verkehrswegen, Ausrüstung der Bahn auf freier Strecke mit Nebenanlagen.

Bearbeitet von **A. Blum.**

V. a) Art der kreuzenden Verkehrswege und Mittel zur Aufrechterhaltung des beiderseitigen Verkehres.

Bei Anlage einer Eisenbahn werden oft andere Verkehrswege geschnitten, deren Verkehr nicht gänzlich unterbrochen werden darf. Daher müssen Anlagen geschaffen werden, die die Aufrechterhaltung des Verkehres auf beiden sich kreuzenden Verkehrswegen ermöglichen. Als derartige Verkehrswege kommen in Frage:

Eisenbahnen, Kleinbahnen, Straſsenbahnen, Seilbahnen,
Stadt- und Landwege,
Wasserstraſsen.

Am sichersten und ungestörtesten läſst sich der Verkehr auf beiden Wegen abwickeln, wenn der eine um so viel höher liegt, als der andere, wie für den ungehinderten Durchgang der Fahrzeuge nötig ist. Derartige Anlagen verdienen daher vor allen anderen den Vorzug und sollten überall da angestrebt werden, wo auf den beiden sich kreuzenden Wegen starker und regelmäſsiger Verkehr stattfindet, der unter Zeitverlusten leidet, oder wo die Sicherheit des Betriebes auch nur auf einem der beiden Verkehrswege durch die Kreuzung gefährdet wird. Dies wird um so eher zu befürchten sein, je gröſser die Verkehrs-Geschwindigkeit ist.

Daher sind Kreuzungen in Schienenhöhe von Haupteisenbahnen mit anderen Bahnen auf freier Strecke heute nicht mehr üblich, und für Deutschland durch B. O. 13 verboten, soweit nicht etwa die Landesaufsichtsbehörde für Kreuzungen zwischen Hauptbahnen und Kleinbahnen in besonderen Fällen Ausnahmen zuläſst. Aber auch Kreuzungen von Nebeneisenbahnen unter sich sollte man nur da zulassen, wo dies bei Wahrung der Sicherheit ganz unbedenklich ist, und wo die Herstellung schienenfreier Kreuzungen die Anlagekosten so erhöhen würde, daſs dadurch der Bahnbau überhaupt in Frage gestellt wird. Dieser Gesichtspunkt ist auch für die Zulassung etwaiger Kreuzungen zwischen Haupt- und Kleinbahnen zu beachten. Immerhin wird man gut tun, auch bei Herstellung von

Kreuzungen in Schienenhöhe dafür zu sorgen, dafs man bei späterer Verkehrsteigerung ohne grofse Schwierigkeiten schienenfreie Kreuzungen anlegen kann.

Auch Stadt- und Landwege pflegt man nach Möglichkeit unter oder über der Bahn durch die Herstellung von Unter- oder Überführungen hinzuführen, aber im Allgemeinen herrscht, besonders bei Landwegen und in flachen Gegenden, wo der Höhenunterschied zwischen Bahn und Weg meist gering ist, und daher die Herstellung solcher Bauwerke lange, kostspielige und den Strafsenverkehr belästigende Rampen erforderlich macht, der Wegeübergang in Schienenhöhe vor, wobei sich die Verkehre gegenseitig ausschliefsen.

Wasserstrafsen werden meist unter der Bahn durchgeführt, es kommen aber auch ausnahmsweise, besonders bei Wasserstrafsen mit sehr lebhaftem Verkehre bei Strommündungen und Häfen, so unter Spree, Themse, Hudson, Mersey, Clyde, Neath, St. Clair, Victoria-Dock in London auch Untertunnelungen für Eisenbahnen und bei künstlichen Schiffahrtstrafsen, oder deren Wasserzubringern Überführungen über Eisenbahnen vor. Bei den Überbrückungen der Schiffahrtstrafsen durch Eisenbahnen wird aber oft, besonders da, wo es sich um Seeschiffahrt handelt, davon abgesehen, die Eisenbahn so hoch über die Wasserstrafse zu heben, dafs die Schiffe ungehindert unter der Brücke hindurchgehen können, man begnügt sich vielmehr mit der Anlage von beweglichen Brücken, die für den Schiffdurchgang beseitigt werden, so dafs der Verkehr entweder auf der Eisenbahn, oder auf der Wasserstrafse unterbrochen ist. Eine noch geringere Hebung der Eisenbahn über den Wasserspiegel erfordert es, wenn sie auf Schiffbrücken oder durch Fähranstalten über die Wasserstrafse geführt wird. Bei der Anlage von Schiffbrücken ist gleichfalls je eine der beiden Verkehrstrafsen unterbrochen, bei Fähranstalten dagegen nur die Eisenbahn, während der Verkehr auf der Wasserstrafse höchstens etwas behindert werden kann. Je gröfser der Verkehr auf der Eisenbahn ist, um so weniger ist die Anwendung von beweglichen und Schiffbrücken oder Fähranstalten angebracht. In neuerer Zeit werden die beweglichen Brücken vielfach durch Anlage von Mastenkränen vermieden.

Im Allgemeinen wird bei solchen Kreuzungsanlagen, bei welchen sich der Verkehr gegenseitig ausschliefst, dem Eisenbahnverkehre gegenüber dem Wasserverkehre und dem Strafsenverkehre gegenüber dem Eisenbahnverkehre insofern der Vorzug gegeben, als deren Wege in der Regel für den Verkehr offen gehalten und nur für die zeitweilige Benutzung des andern Verkehrsweges geschlossen werden; dabei ist jedoch in Deutschland eine Sperrung der Eisenbahn gegen die sie schneidenden Wege nicht zulässig. Namentlich im Verhältnisse von Eisenbahnen zu Wasserstrafsen kommen aber auch Ausnahmen von diesem Grundsatze vor.

Auf eine Darstellung der Bauformen der verschiedenen Brückenarten, Unter- und Überführungen kann als in das Gebiet des Brückenbaues gehörig hier nicht eingegangen werden.

V. b) Forderungen für die Durchführbarkeit und Sicherheit des Verkehres.

b) 1. Forderungen des Eisenbahnverkehres.

Bei allen Anlagen, durch welche die Kreuzung mit anderen Verkehrswegen vermittelt wird, mufs für vollspurige Bahnen die in Textabb. 83 und 84 dargestellte Umgrenzung des lichten Raumes frei gehalten werden (T. V. 29, B. O. 11), während für Schmalspurbahnen die je nach der Spurweite in den Grz. f. L. 25 festgesetzte Umgrenzung freizuhalten ist. Um jedoch den nach der Strecke

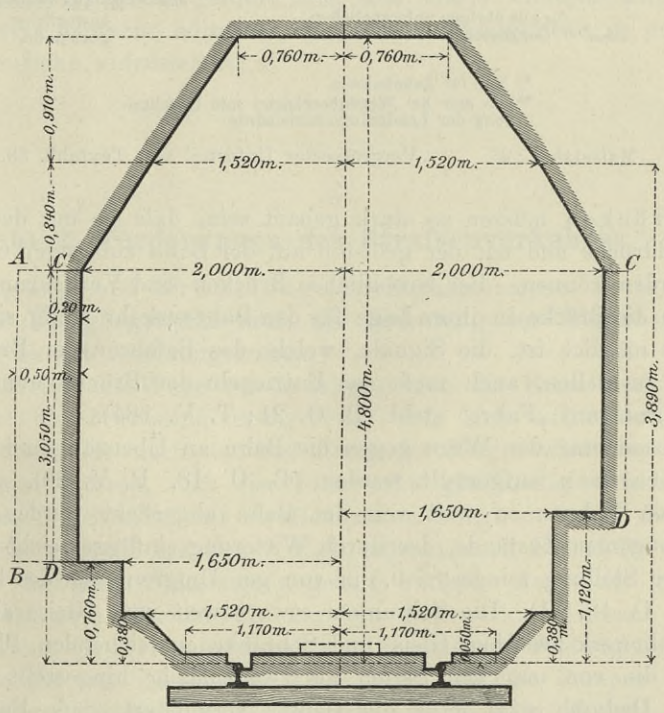
Abb. 83.

Umgrenzung des lichten Raumes

für die Eisenbahnen Deutschlands.

für die durchgehenden Hauptgleise und sonstigen Ein- und Ausfahrgleise der Personenzüge.

für die übrigen Gleise.



Mafsstab 1 : 58. Umrisslinien nach der B. O.

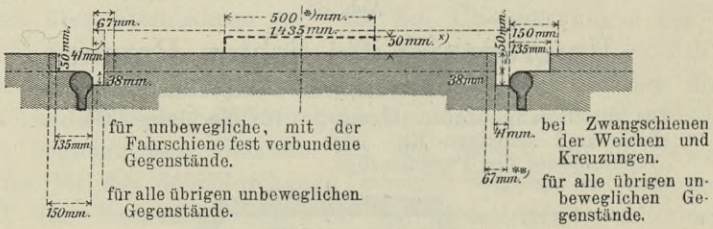
Ausschau haltenden und sich dabei aus dem Führerstande der Lokomotive hinauslehnenden Lokomotivführern, sowie den etwa am Zuge entlang gehenden Zugbegleitbeamten möglichsten Schutz zu gewähren, mufs in Deutschland bei Neubauten an den durchgehenden Hauptgleisen und sonstigen Ein- und Ausfahrgleisen

von Personenzügen in der Höhe von 1,00 bis 3,05 m, an allen übrigen Gleisen in der Höhe von 1,12 bis 3,05 m über S. O. neben der Umgrenzungslinie noch ein seitlicher Spielraum freigehalten werden, der in Stationen, sowie bei Kunstbauten auf freier Strecke mindestens 0,20 m, im Übrigen auf freier Strecke aber 0,50 m beträgt (A B und C D, Textabb. 83).

Von besonderer Wichtigkeit ist, dafs bei Wegeübergängen eine Spurrinne (Textabb. 84) frei gehalten wird, die bei Vollspurbahnen 38 mm tief und 67 mm breit ist, unter Vergrößerung dieser Breite um das Mafs einer etwaigen Spurerweiterung in Gleiskrümmungen. Die Spurrinne darfa ber bei Anlage von Lokalbahnen in Strafsen äufsersten Falles auf 45 mm Breite und 35 mm Tiefe herabgemindert werden (Grz. f. L. 17).

Abb. 84.

Unterer Teil der Umgrenzung.



*) Nur für Zahnbahnen.
**) 45 mm bei Wegeübergängen mit Genehmigung der Landesaufsichtsbehörde.

Mafsstab 1 : 26. Vergrößerter Unterteil von Textabb. 83.

Alle Brücken müssen so stark gebaut sein, dafs sie mit dem größten gestatteten Raddrucke und mit der größten auf der Bahn zulässigen Geschwindigkeit befahren werden können. Bei beweglichen Brücken sind Vorkehrungen zu treffen, durch welche die Brücke in ihrer Lage für den Bahnverkehr völlig sicher festgelegt wird, ehe es möglich ist, die Signale, welche das Befahren der Brücke freigeben, auf „Fahrt" zu stellen, auch mufs das Entriegeln der Brücke unmöglich sein, so lange das Signal auf „Fahrt" steht (B. O. 21; T. V. 184).

Zur Absperrung der Wege gegen die Bahn an Übergängen in Schienenhöhe müssen Schranken aufgestellt werden (B. O. 18, P. V. 20), sie müssen bei den deutschen Bahnen so weit von der Bahn abgerückt werden, dafs sie auch in etwa verbogenem Zustande, der durch Witterungseinflüsse leicht eintreten kann, und bei jeder Stellung mindestes 0,5 m von ger Umgrenzung des lichten Raumes abstehen (B. O. 18, 31). Die Schranken etwa soweit vom Gleise abzurücken, dafs noch ein Fuhrwerk zwischen Gleis und Schranke ausreichenden Platz findet, eine Anordnung, die von manchen Seiten als zweckmäfsig hingestellt wird, empfiehlt sich nicht. Dadurch wird zwar die Gefahr vermindert, dafs Fuhrwerke durch die während der Überfahrt etwa niedergehenden Schlagbäume auf den Gleisen eingeschlossen werden, eine Gefahr, die namentlich bei Zugschranken und unaufmerksamen Wagenführern eintreten kann (Siehe c. 2. S. 121). Aber anderseits wird die durch die Schranken begrenzte Gefahrstelle und damit auch die Gefahr, eingeschlossen zu werden, vergrößert. Die Übersicht und Bedienung der Schranken

wird erschwert, auch müssen sie wegen Verlängerung der eingeschlossenen Überfahrtstelle früher geschlossen werden, und endlich ist ein innerhalb der Schranken neben dem Gleise stehendes Fuhrwerk beim Vorbeifahren eines Zuges wegen des Scheuens der Pferde kaum wesentlich geringerer Gefahr ausgesetzt, als ein auf dem Gleise selbst eingeschlossenes.

Bei der Kreuzung mit Strafsenbahnen und Kleinbahnen empfiehlt es sich, den Betrieb beider Verkehrswege, namentlich aber den der Eisenbahn gegen Störungen dadurch zu sichern, dafs die Kreuzung nach allen Seiten durch Signale gedeckt wird, die sich gegenseitig ausschliefsen, auch ist es, namentlich bei starkem Verkehre, zweckmäfsig, in die Kleinbahn Abweisvorrichtungen, oder wirksame Sperren in angemessener Entfernung vor der Kreuzung einzubauen, die auf Abweisung oder Sperrung stehen müssen, wenn die Eisenbahnsignale auf „Fahrt" gestellt werden sollen, und welche durch die „Fahrt"-Stellung der Signale auf Abweisung oder Sperrung verriegelt werden.

Zur Sicherung des Eisenbahnverkehres müssen ferner auch Schutzvorrichtungen gegen Seilbahnen angebracht werden, die über die Bahn hinwegführen, um bei etwaigem Seilbruche einer Betriebsgefährdung vorzubeugen. Auch wo Seile von Seilfähren über die Bahn hinwegreichen, wie dies bei Eisenbahnen vorkommt, die hart an einem Flusse entlang geführt sind, sind solche Schutzvorrichtungen nötig. Man pflegt hierzu einfache hölzerne oder eiserne Fanggerüste in entsprechender Breite über der Bahn aufzustellen.

b) 2. Forderungen des Strafsenverkehres.

Die Neigung und Krümmung der Zugangsrampen, sowie die Breite dieser und der Übergangswerke mufs der Bedeutung des Weges und der vorhandenen Wegebauart Rechnung tragen.

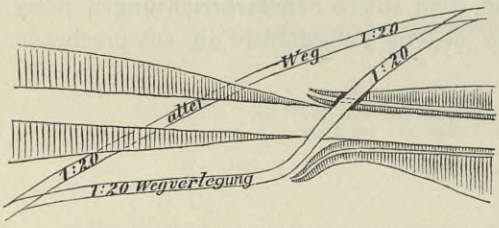
Für die Breite der Wege ist im Allgemeinen die Breite der verkehrenden Fuhrwerke und die Forderung mafsgebend, dafs sich mindestens deren zwei ausweichen können. Je nach der Bedeutung des Weges wird man aber darauf Rücksicht nehmen müssen, dafs vier Fuhrwerke gleichzeitig verkehren können, namentlich wenn die Strafsen mit Strafsenbahnen belegt sind, und die Übergangswerke eine gröfsere Länge erhalten. Auch müssen nach Bedarf für den Verkehr der Fufsgänger besondere Fufssteige angelegt werden. Anderseits genügen ausnahmsweise wohl auch Breiten für nur ein Fuhrwerk. Hiernach reichen bei Fufswegen nutzbare Breiten bis herab zu 1 m und bei Feldwegen für ein oder zwei Wagen solche von 2,5 m oder 4,5 m noch aus, die Rampen von Strafsen gröfserer Bedeutung müssen aber Breiten von 5 m bis 10 m erhalten, die auf dem Übergangswerke allerdings manchmal etwas eingeschränkt werden können, besonders wenn es nur kurz ist.

Die Neigung mufs bei Strafsen gleicher Bedeutung im Flachlande flacher gewählt werden, als im Hügel- und Gebirgslande. Wenn nicht in der Nähe vorhandene Neigungen in den geschnittenen oder gleichwertigen Wegen als Mafsstab dienen können, wird man im Flachlande bei Land- und Ort-Strafsen nicht leicht

über 1 : 40 und 1 : 50 gehen können, während im Hügel- und Gebirgs-Lande stärkere Neigungen bis 1 : 20, 1 : 16, ja selbst 1 : 12 noch zulässig sind. Bei Wegen geringerer Bedeutung können die Neigungen steiler gewählt werden, man wird die letztgenannten Neigungsgrenzen aber auch bei einfachen Feldwegen nicht gern überschreiten. Bei Wegeübergängen sollen aufserhalb der Schranken noch kurze wagerechte oder nur mäfsig geneigte Wegestrecken vorhanden sein, auf welchen die Fuhrwerke bei geschlossenen Schranken halten können, und damit die Fuhrwerke schon annähernd wagerecht stehen, bevor die Zugtiere an der Deichsel die Schranke erreichen (T. V. 18).

Auch die Krümmungen richten sich nach den örtlichen Verhältnissen, namentlich danach, ob Langholz gefahren werden mufs. Man kann im Allgemeinen die Länge des Landfuhrwerkes oder der Ladung bei Langholz als Halbmesser der noch zulässigen Wegekrümmung annehmen und wird gut tun, in der Nähe liegende scharfe Biegungen genau aufzumessen, um übertriebenen Forderungen der Ortseingesessenen, die grade bei derartigen Fragen leicht gestellt werden, entgegentreten zu können. Für die Wegekreuzung wird am besten die gegebene Wegerichtung gewählt, wenn diese die Bahn nicht unter zu spitzem Winkel schneidet, oder zu steile oder zu ausgedehnte Wegerampen erfordert. Nach den T. V. 18 soll der Winkel, unter welchem Wege die Bahn in Schienenhöhe kreuzen, möglichst nicht kleiner, als 30° sein, bei Unter- und Überführungen wird man nicht gern unter 45° gehen. Dadurch werden Abweichungen von der gegebenen Richtung nötig, die auch da nötig oder erwünscht werden können, wo die Bahnhöhe am Schnittpunkte eine Hebung oder Senkung des schon mit der gröfsten zulässigen Neigung angelegten Weges bedingt, oder wo der Weg die Bahn in der Nähe des Überganges zwischen Einschnitt und Damm schneidet (Textabb. 85). In allen diesen Fällen ist aber auf Vermeidung entbehrlicher Längen- und Neigungs-Verluste, sowie unnötiger Gegenkrümmungen Bedacht zu nehmen.

Abb. 85.



Mafsstab 1 : 2500.
Wegeübergang zwischen Damm und Einschnitt

Als lichte Höhe von Wegeunterführungen genügt bei Fufs- und einfachen Karrenwegen 2,5 m bis 2,8 m, bei Feldwegen 3 bis 3,75 m und selbst bei grofsen Kunst- und städtischen Strafsen braucht man nicht über 4,40 bis 4,50 m zu gehen, welche Höhe im Notfalle auf eine nutzbare Breite von 3 m eingeschränkt werden kann.

Bei Wegeunterführungen mufs besonders bei städtischen Strafsen für möglichste Dämpfung des Geräusches der darüber fahrenden Züge und für sorgfältige Abführung des Wassers gesorgt werden, das von der Bahn auf die Strafse herabtropfen könnte. Das Geräusch läfst sich am wirksamsten dadurch verringern, dafs man den Oberbau auch auf der Brücke mit Bettung durchführt; dies erfordert im Allgemeinen aber etwas mehr Bauhöhe, als eine Bauweise ohne durchgehende Bettung, was also schon beim allgemeinen Entwurfe zu berücksichtigen ist. Für die Abführung des Tropfwassers wird man zweckmäfsig unter dem Eisenüberbaue Rinnen anbringen, auch diese erfordern manchmal eine Vergröfserung der Bauhöhe.

Bei Wegeüberführungen macht man die Brückengeländer zur Vermeidung des Scheuens der Pferde vor dem unter der Straſse stattfindenden Eisenbahnverkehre zuweilen so hoch und dicht, daſs man die unten liegende Bahn nicht sehen kann.

b) 3. Forderungen des Wasserverkehres.

Wenn feste Brücken über die Wasserstraſse gelegt werden, muſs für die Schiffahrt eine nach den auf der betreffenden Wasserstraſse verkehrenden gröſsten Schiffen bemessene lichte Höhe und Breite bei dem für die Schiffahrt noch zulässigen höchsten Wasserstande frei bleiben. Diese Abmessungen sind für jede Wasserstraſse festgesetzt, weichen von einander aber beträchtlich ab. Die Höhen beziehen sich bei der Binnenschiffahrt in der Regel auf Schiffe mit niedergelegten Masten und Schornsteinen, bei der Seeschiffahrt dagegen auf bemastete Schiffe. Wenn daher bei der Überschreitung von Seearmen oder Seekanälen nicht ungewöhnliche Höhen zu Gebote stehen, muſs zur Anlage beweglicher Brücken geschritten werden.

Bei Brücken mit mehreren Öffnungen genügt es in der Regel, wenn nur eine der Öffnungen als Schiffsdurchlaſs ausgebildet wird. Dieser ist dann durch Signale als solcher zu bezeichnen. Auch sind bei beweglichen Brücken Signale nötig, welche den Schiffen anzeigen, ob der Weg für sie offen oder gesperrt ist.

Vor Brücken, die nur mit niedergelegten Masten gekreuzt werden können, sind nach Bedarf Anlegeplätze für die Schiffe und Mastenkräne anzubringen, um das Niederlegen der Masten zu erleichtern.

V. c) Gestaltung und Sicherung der Kreuzungen in Schienenhöhe.

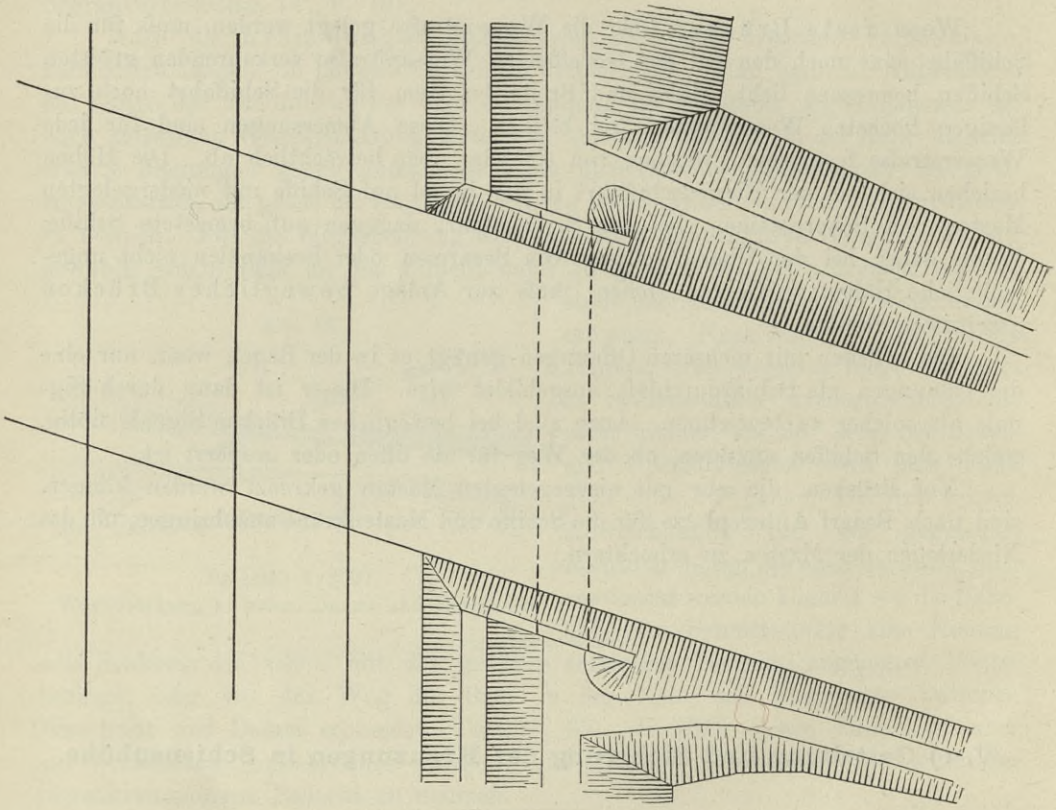
c) 1. Gestaltung.

Um den Übergang der Landfuhrwerke möglichst zu erleichtern, soll die Fahrbahn zwischen den Schienen ohne Wölbung ausgeführt werden (T. V. 18) und nur durch die unvermeidliche Spurrinne unterbrochen sein. (S. 116.) Es ist erwünscht, die Wegefahrbahn möglichst fest und glatt herzustellen, am zweckmäſsigsten ist Pflasterung, mindestens sollte sie ordnungsmäſsig in Steinschlag hergestellt sein. Damit sie durch Arbeiten am Gleise möglichst selten beschädigt auch der Straſsenverkehr durch solche Arbeiten so selten wie möglich belästigt wird, empfiehlt es sich, das Gleis auf Übergängen derart herzustellen, daſs Nacharbeiten am Gleise nur ausnahmsweise nötig werden, und daſs die Wegebefestigung nicht durch seine Bauart und die Gleisbewegungen unter den Betriebslasten leidet. Hierzu ist es nötig, das Gleis entweder aus Schwellenschienen herzustellen oder

die Querschwellen so tief anzuordnen, dafs über ihnen ausreichende Höhe für die gewählte Strafsenbefestigung mit Pflaster oder Schotterung mit Packlage zur Verfügung bleibt, wodurch auch die Höhe des Oberbaues von der Bettungsohle bis S. O. gröfser wird, als gewöhnlich. (Abschnitt B, I, d.)

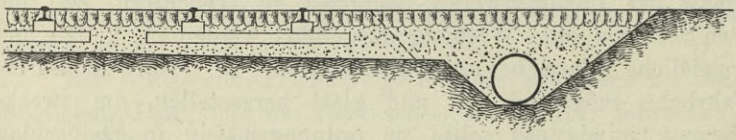
In früherer Zeit hielt man es für nötig, die Spurrinne durch die Anbringung von Streichschienen zu sichern, ein Verfahren, welches aber bei Übergängen fast

Abb. 86.



Mafsstab 1 : 100. Grabenunterführung im Wegübergange.

Abb. 87.



Mafsstab 1 : 100. Querschnitt zu Textabb. 86.

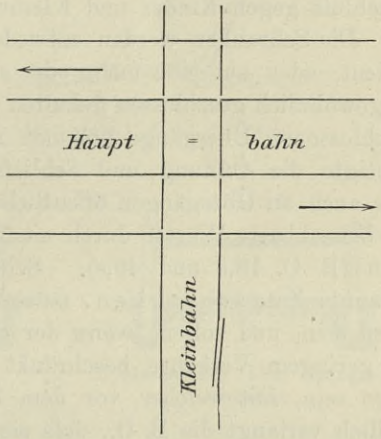
allgemein verlassen und höchstens bei Gleisen beibehalten ist, die auf gröfsere Länge in Strafsen liegen. Die Spurrinne soll so beschaffen sein, dafs die übergehenden Zugtiere sich nicht mit ihren Hufen darin festklemmen können. (T. V. 19.)

Wo es, wie in Einschnitten, nicht möglich ist, das Niederschlagwasser von dem Wegeübergange aus nach beiden Seiten abzuführen, ist es nötig, die Bahn-

gräben mittels einfacher Durchlässe aus Röhren oder Mauerwerk unter dem Wege durchzuführen, und die Wegegräben in die Bahngräben einzuleiten, so dafs ein solcher Wegeübergang etwa die aus Textabb. 86 und 87 zu ersehende Gestaltung erhält.

Bei Kreuzungen in Schienenhöhe zwischen Haupt- und Nebenbahnen einerseits und Klein- und Strafsenbahnen anderseits wird von den Eisenbahnen ersterer Art vielfach verlangt, dafs der Kopf ihrer Schienen nicht eingeschnitten werden darf, was eine sehr grofse Lücke in den Fahrschienen der untergeordneten Bahn bedingt. Hieraus entstehen in den Fahrzeugen der letzteren beim Überfahren der Kreuzung sehr heftige Stöfse, die nicht nur für die Betriebsmittel und den Oberbau der Kleinbahn schädlich sind, sondern auch ungünstig auf den Oberbau der andern Eisenbahn einwirken, so dafs dieser trotz des Nichteinschneidens der Schienenköpfe leidet. Es ist daher zweckmäfsiger, regelrechte Kreuzungstücke vorzusehen, bei denen die S. O. der beiderlei Bahnen in gleicher Höhe liegen und auch die Schienenköpfe der Vollbahn mit Einschnitten für die Spurkränze der untergeordneten Bahn versehen sind (Textabb. 88). Dies gilt namentlich bei Strafsenbahnen, deren Schienen sonst bei der Kreuzungstelle über die Höhe der Strafsenfahrbahn vorstehen müssen, woraus sich aufser den obengenannten noch weitere Übelstände für den Strafsenverkehr ergeben.

Abb. 88.



Gleiskreuzung einer Haupt- und einer Nebenbahn.

c) 2. Sicherung der Kreuzungen.

Zur Sicherung der Kreuzungen in Schienenhöhe dienen Schranken, und, wenn es sich um die Kreuzung verschiedener Bahnen handelt, auch Signale, sowie Abweisvorrichtungen und Gleissperren.

Damit die Schranken, Signale und sonstigen Vorrichtungen rechtzeitig bedient werden, pflegt man in der Nähe der Kreuzungen Läutewerke aufzustellen, durch welche die Kreuzungs-Wärter von der bevorstehenden Ankunft des Zuges benachrichtigt werden[111]). Diese Läutewerke werden auf elektrischem Wege entweder von der benachbarten Station oder vom Zuge selbst beim Überfahren eines Stromschliefsers in Tätigkeit gesetzt.

Als Abweisvorrichtung genügt zwar der Einbau einer Zungenvorrichtung in eine Fahrschiene (Textabb. 88). Da hierbei in der Kleinbahn aber bei Unachtsamkeit eine Entgleisung eintreten mufs, die den Verkehr empfindlich stört, so baut man besser in beide Fahrschienen Zungen-Vorrichtungen ein und leitet das abzweigende

111) Band II, 1. Auflage, D. S. 1612; Band III, 2. Teil, A. I a 3, S. 252 und A. I b 3, S. 285.

Gleis auf einen Prellbock oder in einen Erdaufwurf, wo der Zug ohne Entgleisung zum Stehen kommen, und von wo er ohne Schwierigkeiten wieder auf das Fahrgleis zurückfahren kann.

Auch bei der Anwendung von Gleissperren ist es zweckmäfsig, die Anordnung so zu treffen, dafs der Kleinbahnzug zwar sicher aufgehalten, aber nur so weit und in solcher Weise von seinen Fahrschienen abgelenkt wird, dafs er ohne grofse Schwierigkeiten wieder auf die Fahrschienen gebracht werden kann.

Die Schranken zur Absperrung der Wegeübergänge sollen fest und dauerhaft gebaut, aber möglichst leicht beweglich sein. Nach Bedarf müssen sie einen dichten Abschlufs gegen Kinder und Kleinvieh gewähren.

Die Schranken werden entweder von den dabei stehenden Wärtern unmittelbar bedient, oder auf eine mehr oder minder grofse Entfernung gestellt, oder endlich für gewöhnlich geschlossen gehalten und nur nach Bedarf geöffnet. Solche gewöhnlich geschlossenen Übergänge kommen namentlich bei Privatwegen vor, wobei der Berechtigte die Öffnung und Schliefsung der Schranken selbst ausführt, sie sind aber auch an Übergängen öffentlicher Wege mit geringem Verkehre zuläfsig, wenn der benachbarte Wärter durch einen Glockenzug zur Öffnung herbeigerufen werden kann (B. O. 18,6 und 46,8). Schranken mit Fernbedienung durch Wärter, sogenannte Zugschranken, müssen vom Standorte des Wärters aus gut zu übersehen sein, und sollen, wenn der Standort mehr als 50 m entfernt ist, auf Wege mit geringem Verkehre beschränkt werden, auch sollen sie mit einer Glocke versehen sein, mit welcher vor dem Schliefsen zu läuten ist (B. O. 18, T. V. 21). Endlich verlangt die B. O., dafs sie auch unmittelbar mit der Hand zu öffnen und zu schliefsen sein sollen, und die T. V. empfehlen in diesem Falle die Anbringung eines Signales, durch das der bedienende Wärter von diesem Vorgange benachrichtigt wird. Diese Bestimmungen sind auf die Bauart der Zugschranken von wesentlichem Einflusse. Neuerdings sind auch fernbediente Schranken versuchsweise in Benutzung gekommen, die vom Zuge selbsttätig[112]) geschlossen und geöffnet werden.

Die Übergänge der verkehrsreichen öffentlichen Strafsen sollen bei geschlossenen Schranken bei Dunkelheit beleuchtet sein (B. O. 49, T. V. 149), die B. O. verlangt dies auch für alle Zugschranken.

Die lichten Weiten der Schranken werden im Allgemeinen gleich der nutzbaren Breite der Wegeübergänge gemacht, nur bei Breiten von mehr als 7 m sucht man die Weite auf dieses Mafs einzuschränken. Wenn dies nicht zulässig ist, so kann man unter Umständen die Schranken teilen, etwa in solche für Fahr- und Fufs-Verkehr, aber auch Schranken mit einer Öffnung von 12 m und mehr, selbst bis zu 18 m Weite sind ausgeführt (Textabb. 100 bis 105, S. 127 bis 130).

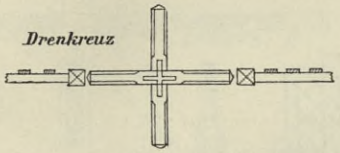
Für Fufswege können zweckmäfsig Abschlüsse der Übergänge zur Anwendung kommen, die sich der Fufsgänger selbst öffnen kann, die er aber auch selbst wieder verschliefsen mufs, ehe er weiter gehen kann, oder die sich beim Durchschreiten selbsttätig wieder schliefsen (B. O. 18,8, T. V. 20.) Hierher gehören die Drehkreuze und Drehtüren (Textabb. 89 und 80).

Die einfachsten Schranken für unmittelbare Bedienung durch Wärter sind solche aus Stangen, die zwischen zwei Pfosten quer über den Weg reichen. Sie werden als Schiebeschranken (Textabb. 91), Hängeschranken (Textabb. 92)

[112]) Organ 1904, S. 133.

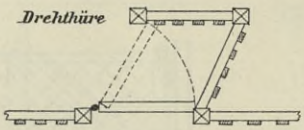
und Drehschranken (Textabb. 93) ausgebildet, und sind auch aus alten Schienen hergestellt worden[113]). Die Drehschranken kommen auch als Doppeltore vor. Bei schrägen Wegübergängen kann man die Schranken zur Verminderung ihrer Weite rechtwinkelig zur Wegrichtung stellen (Textabb. 94), was aber bei Schiebeschranken die Inanspruchnahme eines Grundstückzwickels erfordern würde. Die genannten Schranken leiden an dem Mangel, dafs der Wärter sie nicht gleichzeitig auf beiden

Abb. 89.



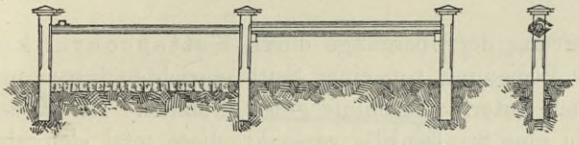
Mafsstab 1 : 100. Drehkreuz.

Abb. 90.



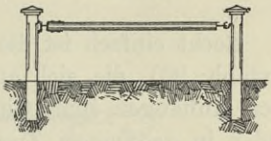
Mafsstab 1 : 100. Drehtür.

Abb. 91.



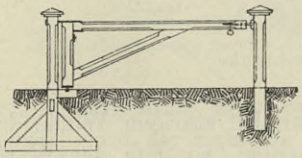
Mafsstab 1 : 150. Schiebeschranke.

Abb. 92.



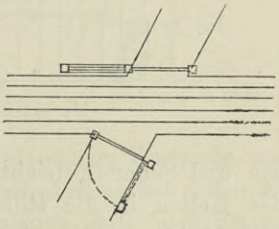
Mafsstab 1 : 150. Hängeschranke.

Abb. 93.



Mafsstab 1 : 150, Drehschranke.

Abb. 94.



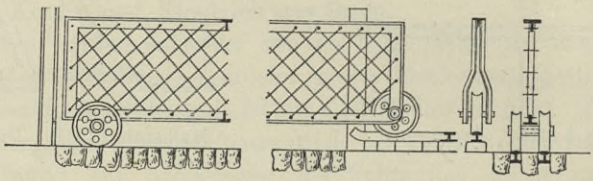
Mafsstab 1 : 1000. Schrankenstellung bei schrägen Übergängen.

Seiten der Bahn bedienen kann, so dafs er zu ihrer Bedienung die Gleise regelmäfsig überschreiten mufs. Ihre Bedienung erfordert daher viel Zeit und bringt den Wärter bei stark befahrener Bahn durch das Überschreiten der Gleise in Gefahr. Die Hänge- und Drehschranken haben noch den fernern Mangel, dafs sie bei starkem Andrange entweder innerhalb des ankommenden Gedränges, oder gegen dieses geschlossen werden müssen, was ihre Bedienung erschwert Endlich lassen sich die Schiebeschranken bei einfacher Ausführung nicht mit einem die ganze Öffnung schliefsenden Gitter versehen; solche Gitter können zwar zur Not an den Hänge- und Drehschranken angebracht werden, sie erschweren ihre Bedienung aber erheblich. Alle Stangenschranken sollten daher auf einfache Verhältnisse mit nicht zu lebhaftem Verkehre beschränkt werden, können hier aber gute Dienste leisten, namentlich bei gewöhnlichen Feldwegen, sowie besonders bei gewöhnlich geschlossenen Übergängen.

[113]) Centralbl. d. Bauverw. 1886, Seite 159.

Einen dichten Abschluſs der ganzen Öffnung gewähren in der Gestalt gewöhnlicher Lattentore hergestellte Flügeltor-, sowie die Rolltor-Schranken mit Gitterwerk. Die beiden Arten sind besonders in Frankreich, letztere auch in Süd- und West-Deutschland üblich, sie leiden aber auch an dem Mangel, daſs sie in der Regel nur nach einander und unter Gleisüberschreitung bedient werden können. Torschranken bieten nichts Bemerkenswertes, ein Beispiel von Rollschranken, die aus Holz oder Eisen hergestellt werden können, zeigt Textabb. 95[114]).

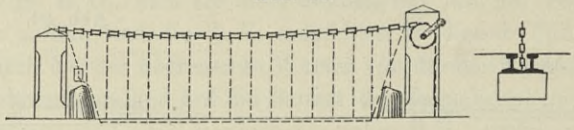
Abb. 95.



Maſsstab 1 : 50. Rollschranke, Direktion Frankfurt a. M.

Recht einfach ist die Absperrung der Übergänge durch Kettenschranken (Textabb. 96), die sich auch zur Bedienung von einer Seite einrichten lassen und durch Anhängen eines Gitters auch untern Verschluſs geben können. Die Ketten werden in geöffnetem Zustande in eine Straſsenrille versenkt, diese setzt sich aber

Abb. 96.



Maſsstab 1 : 100. Kettenschranke.

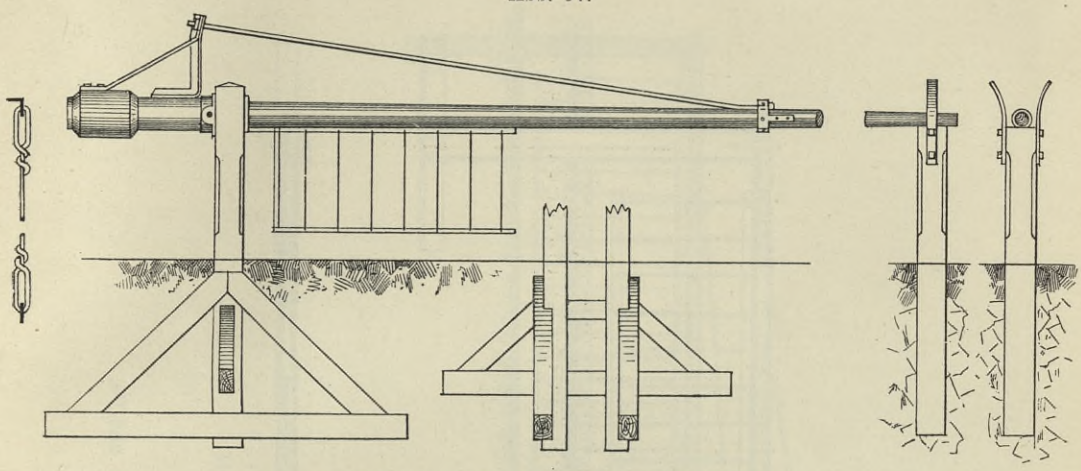
durch Schnee und Schmutz leicht zu, auch kann bei starkem Winde das genaue Einfallen der Ketten in die Rille erschwert werden, so daſs der Wärter unter Umständen nachhelfen muſs. Endlich leiden die Kettenschranken an dem Mangel, daſs sie keinen genügenden Seitenwiderstand gegen Gedränge bieten, und nicht so gut sichtbar sind, wie die vorgenannten Arten.

Sehr verbreitet sind Schlagbaumschranken (Textabb. 97 bis 103), die bequem so herzustellen sind, daſs sie der Wärter durch Kettenübertragung von einer Seite aus bedienen kann (Textabb. 98), so daſs keine Gleisüberschreitung nötig ist. Sie eignen sich namentlich für groſse Weiten[115]) und erfordern weder in der Längsrichtung des Weges, noch der Bahn besondern Platz. Sie werden mit Gegengewichten versehen, die womöglich verstellbar sind und das Gleichgewicht mit der eigentlichen Schranke soweit herstellen, daſs eine nur geringe Kraft zur Bedienung der Schranke ausreicht. Das Übergewicht muſs in geöffnetem Zustande auf Seiten des Gegengewichtes groſs genug sein, um unbeabsichtigtes

114) Centralbl. d. Bauverw. 1885, Seite 314.

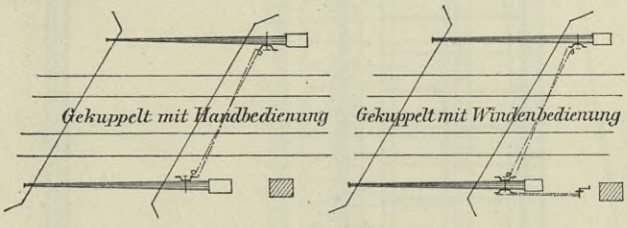
115) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenb. XI. Ergänzungsbd., S. 128; Zeitschrift f. Bauw. 1890, Heft 3, wo die Schrankenanordnung für den Übergang einer städtischen Straſse am Bahnhofe Schulterblatt in Hamburg dargestellt ist, die auf einer Seite die ungewöhnliche Breite von 54, auf der andern von 45 m hat.

Abb. 97.



Mafsstab 1 : 50. Schlagbaumschranke.

Abb. 98.



Mafsstab 1 : 500.
Kettenkuppelung zweier Schlagbaumschranken, ohne und mit Winde.

Zuschlagen der Schranke zu verhüten, in geschlossenem Zustande mufs dagegen das Übergewicht auf der Seite der Schranke liegen, damit diese sicher liegen bleibt. Die Schlagbaumschranken müssen so weit aufschlagen, dafs hoch beladene Wagen ungehindert durchfahren können. Der Raum zwischen der Wegefläche und dem Schlagbaume wird oft durch ein an diesen angehängtes Gitter aus Rund- oder Stab-Eisen geschlossen Die Gitterstäbe sind unter sich und mit dem Schlagbaume beweglich zu verbinden, so dafs das Gitter beim Öffnen der Schranke mehr und mehr zusammenklappt, und sich an den Schlagbaum anlegt. Man stellt die Schlagbaumschranken entweder aus Holz und Eisen, oder auch ganz aus Eisen her. Die Einzelformen der Anordnungen sind sehr mannigfaltig.

Bei der in Textabb. 99 dargestellten Schranke von Hein, Lehmann und Co. kann unter Benutzung des Auslöshebels A auch jeder Baum einzeln geschlossen werden, was unter Umständen erwünscht sein kann. Die Sperrklinke S hält die Bäume in geschlossener oder geöffneter Lage fest, durch das Vorgelege B, C wird die Bedienung der Schranke erleichtert.

Zwei Schranken für gröfsere Weiten von 12 und 15 m sind nach der Bauart von Stahmer in den Abb. 100 bis 105 dargestellt, bei der ersten ist die Winde am Pfosten, bei der zweiten freistehend angeordnet.

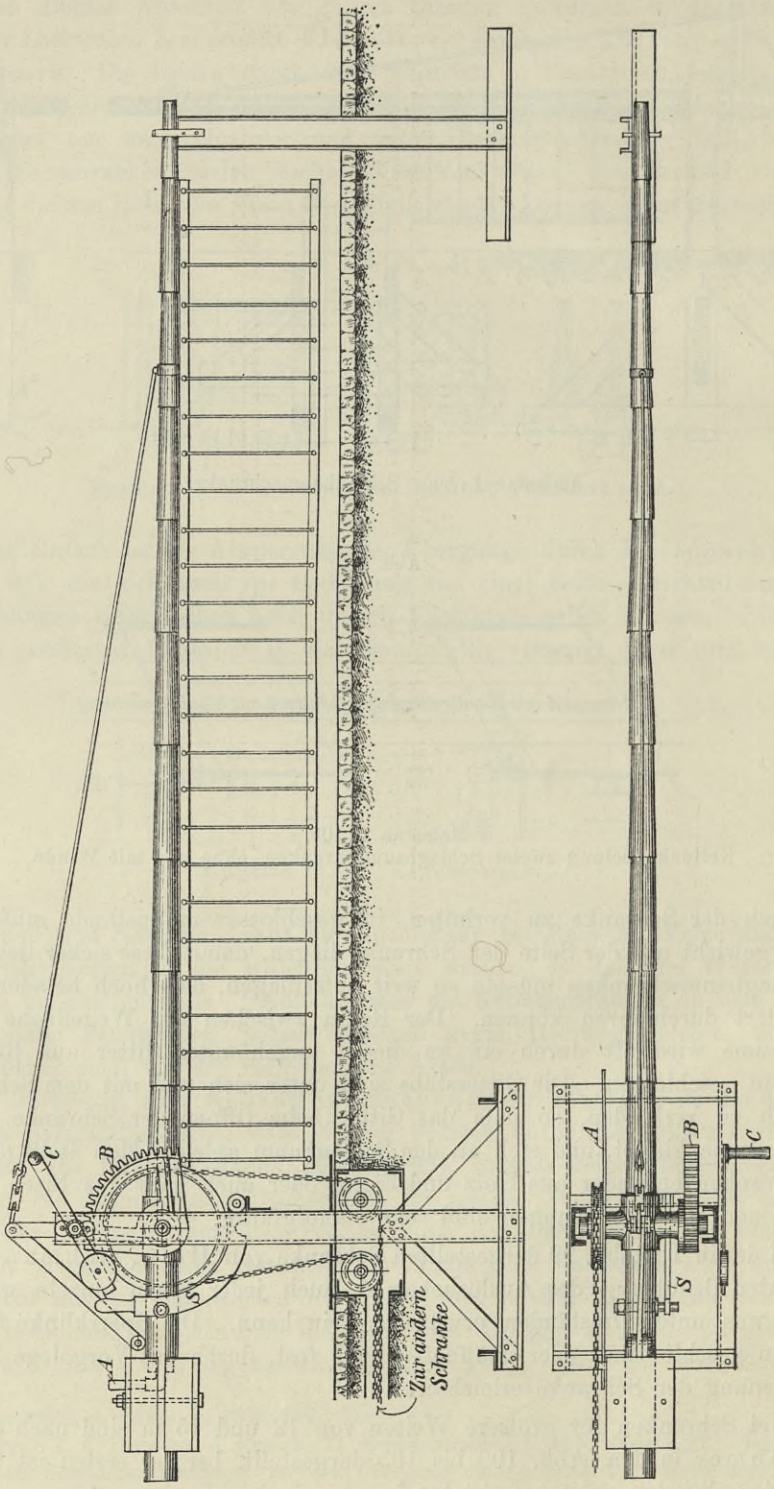


Abb. 99. Schlagbaumschranke von Hein, Lehmann und Co, Maßstab 1:50.

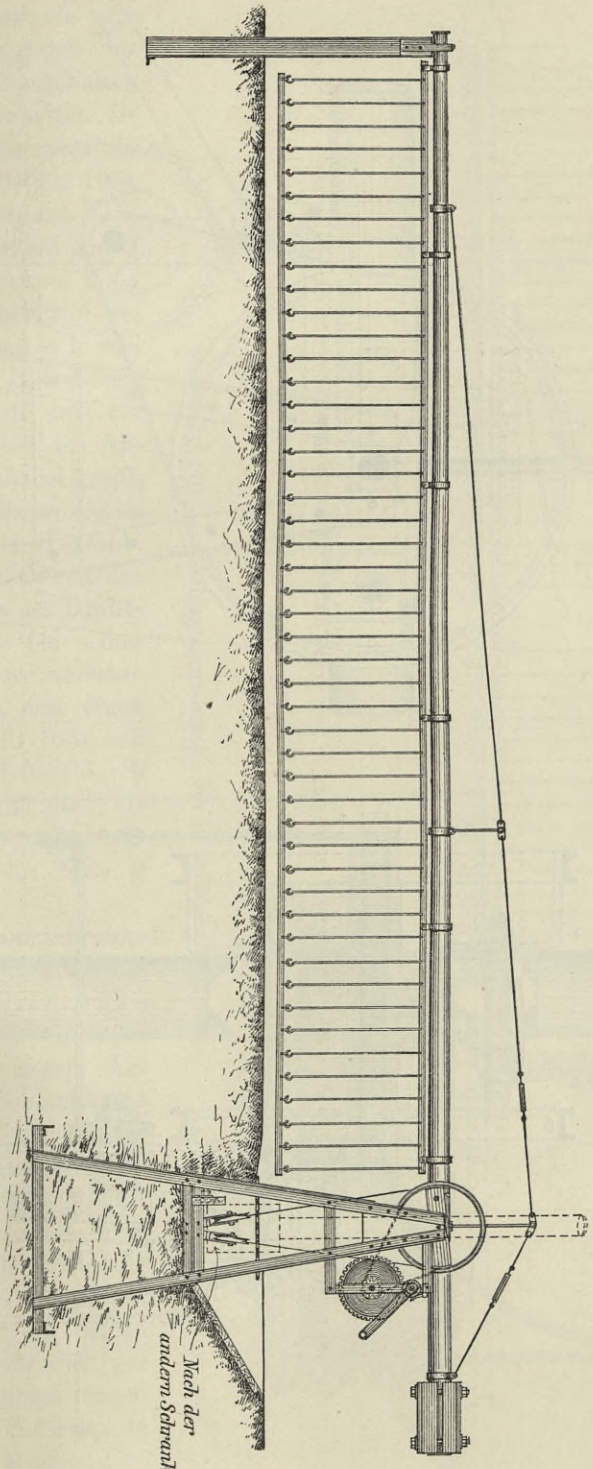
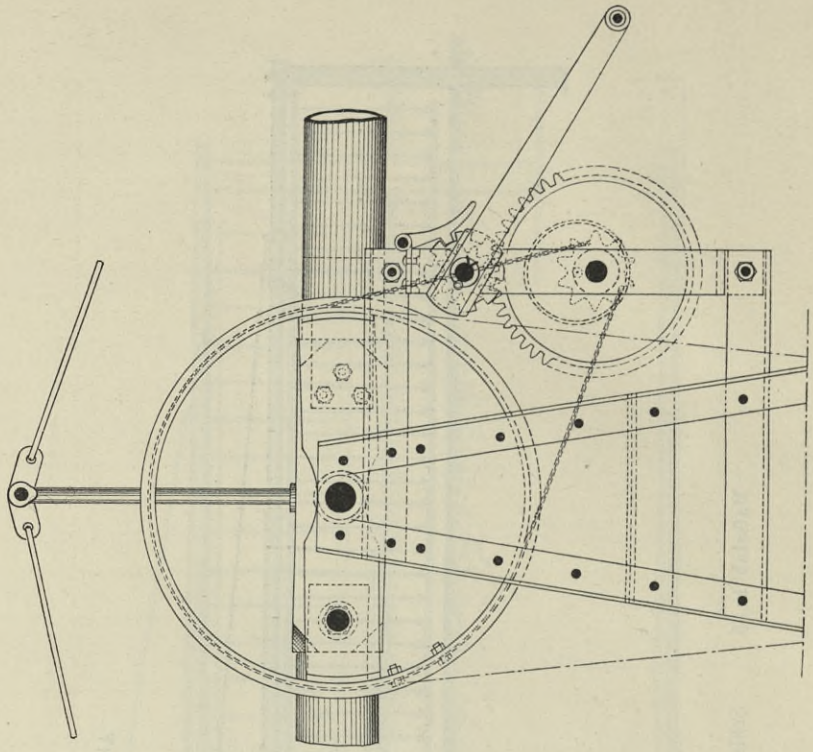


Abb. 100.

Maßstab 1 : 55. Schlagbaumschranke von Stahmer.

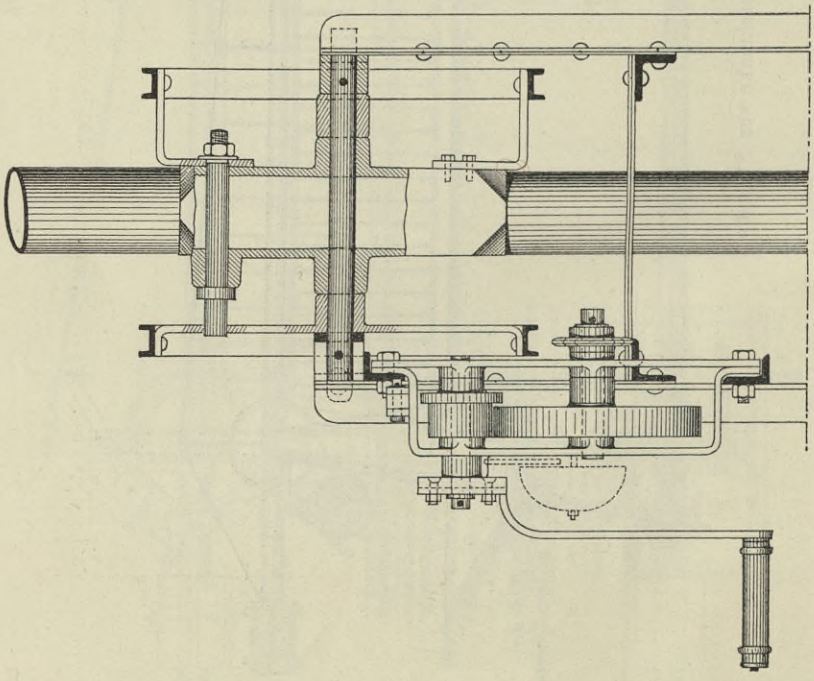
Abb. 101.



Seitenansicht.

Windebock zu Textabb. 100.

Abb. 102.



Lotrechter Schnitt.

Maßstab 2 : 25.

Wenn Schranken letzterer Bauart auch in geschlossener Lage gegen unbefugtes Öffnen festgehalten sein sollen, so erhalten sie die patentierte Sperrvorrichtung (Textabb. 104 und 105). Der am Drehpfosten gelagerte Sperrhebel mit Nase f hat eine Verschlufsnut k, in die sich der Zapfen e des in die Zugstangen c h und d i geschalteten Hülfshebels a b so hineinlegt, dafs der Hebelhaken f über den Ansatz g am Baumhebel greift, und damit den Baum gegen Anheben festhält (Textabb. 104). Vor dem Öffnen der Schranke mittels des Drahtzuges machen die bei c und d mit Langlöchern versehenen Zugstangen erst einen Leerweg (Textabb. 105), und dabei wird der Hebel f durch den Zapfen e und die Verschlufsnut k soweit zurückgezogen, dafs die Nase g frei wird.

Die Schlagbaumschranke wird auch für die Fernbedienung als Zugschranke benutzt. Bei allen neueren Anordnungen dieser Art werden beide Schlagbäume zwangläufig und gleichzeitig von einer Stelle, dem Windebocke W (Textabb. 107) aus durch Anziehen einer Drahtleitung geschlossen und geöffnet, während früher die beiden Schlagbäume wohl auch getrennt bedient wurden. Dabei werden einfache und doppelte Drahtleitungen benutzt. Obgleich die Ausgleichung der

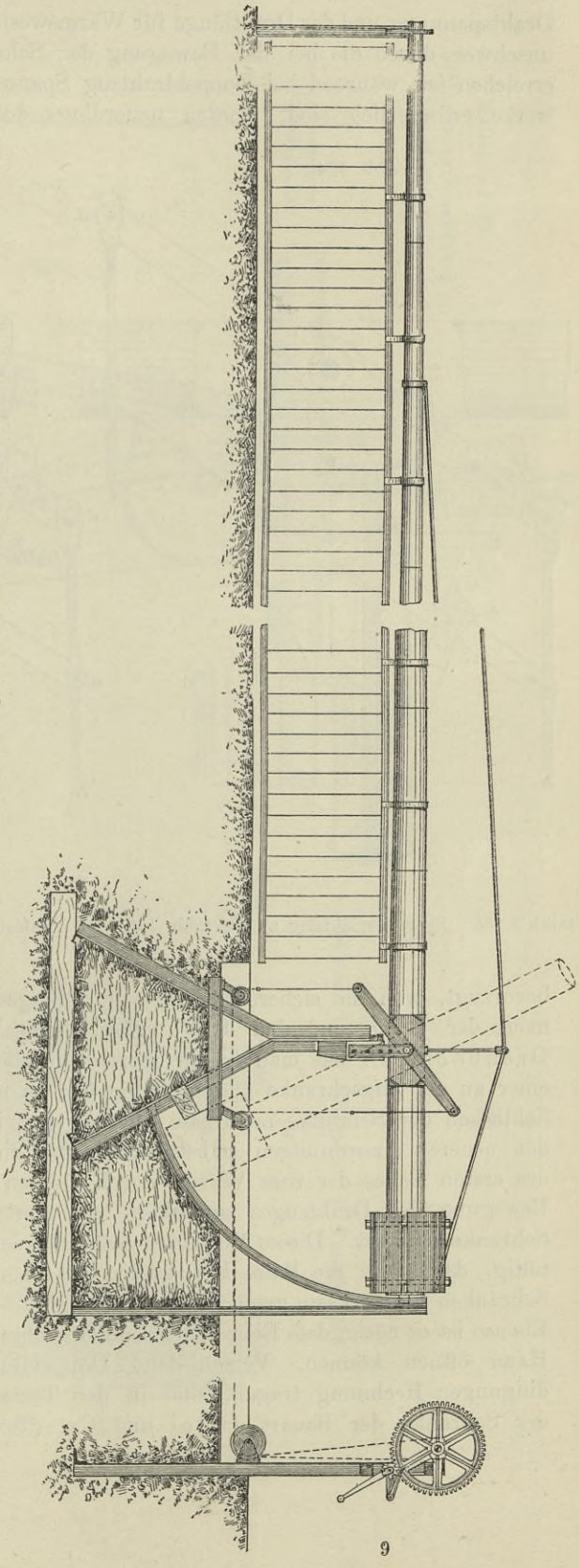
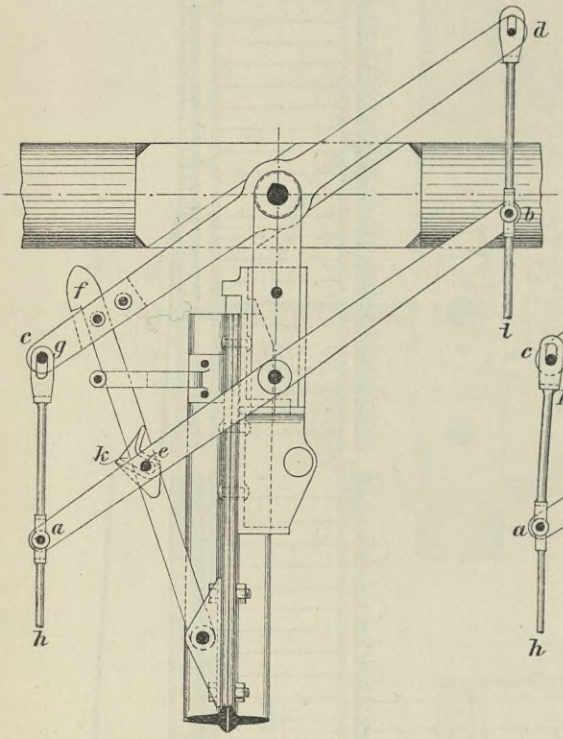


Abb. 103. Schlagbaumschranke bis 15 m Weite, Stahmer. Mafsstab 1 : 60.

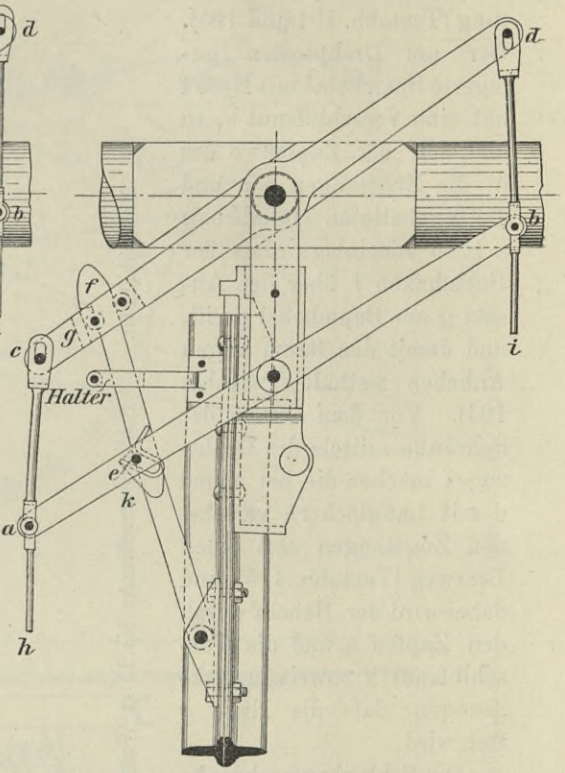
Drahtspannung und der Drahtlänge für Wärmewechsel bei eindrähtigen Zugschranken unschwer durch die bei der Bewegung der Schranke mitwirkenden Gewichte zu erreichen ist, während bei Doppeldrahtzug Spannschrauben oder besondere Spannwerke erforderlich sind, werden neuerdings doch die Doppeldrahtzugschranken

Abb. 104.



Mafsstab 1 : 55. Sperrvorrichtung zu Textabb. 103.

Abb. 105.



Mafsstab 1 : 55. Sperrvorrichtung zu Textabb. 103.

bevorzugt, weil sie sicherer arbeiten und längere Vorläutezeit ermöglichen. Das nach der B. O. und den T. V. erforderliche Vorläuten an der Schranke, am Drehbocke D, das man früher meist selbstständig durch einfaches Läuten mit einer an der Zugschranke angebrachten Glocke mittels eines vom Wärter vor dem Schliefsen der Schranke mehrmals angezogenen Drahtzuges ausführte, erfolgt bei den neueren Anordnungen selbsttätig, indem die Glocke am Drehbocke während des ersten Teiles der vom Wärter durch Drehen am Windebocke hervorgerufenen Bewegung des Drahtzuges anschlägt, die Fortsetzung der Bewegung aber die Schranke schliefst. Dieses Vorläuten während nicht zu geringer Dauer ist unbedingt nötig, damit die die Bahn Kreuzenden auf das Bevorstehen des Schliefsens der Schranken aufmerksam gemacht und nicht eingeschlossen werden (S. 116 und 122). Ebenso ist es nötig, dafs Eingeschlossene die Schranken zu ihrer Befreiung selbst von Hand öffnen können. Verschiedene Doppeldrahtzugschranken, die diesen Bedingungen Rechnung tragen, sind in den Textabb. 106 bis 110 dargestellt. Bei der Schranke der Bauart Jüdel und Co. (Textabb. 106 bis 110) trägt jeder

Abb. 106.

Mafsstab 1 : 20.

Schlagbaumschranke von Jüdel und Co.

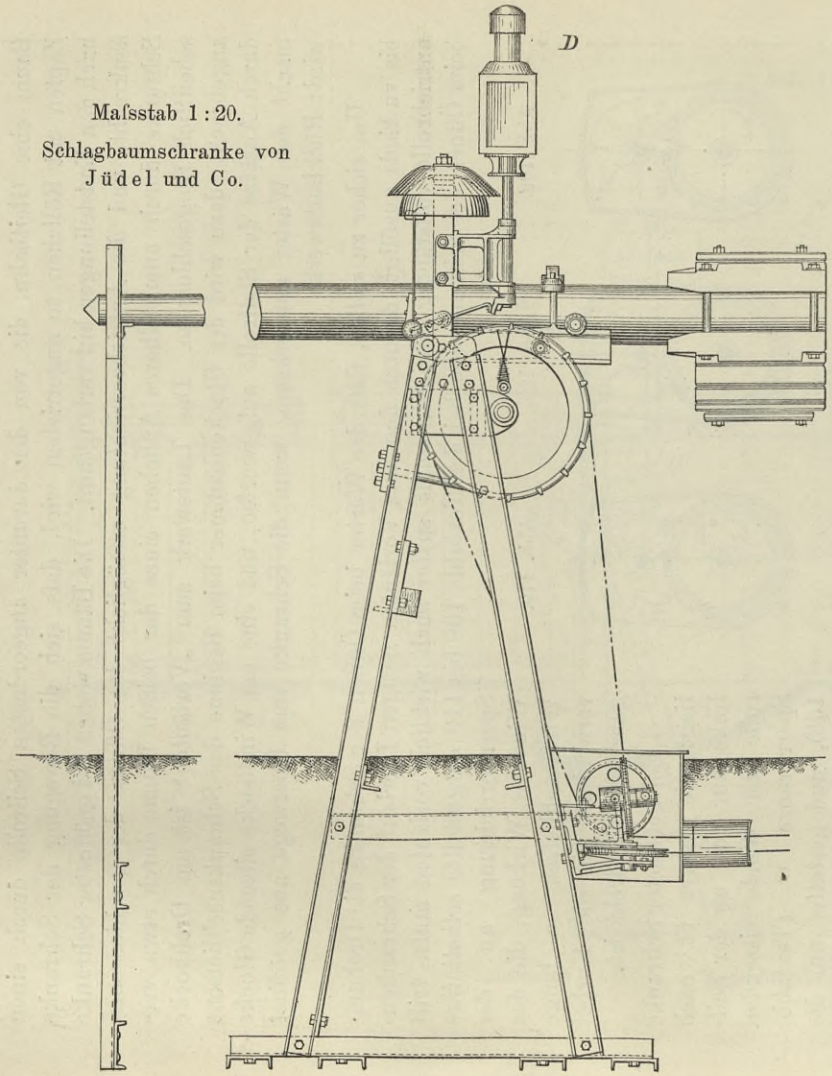
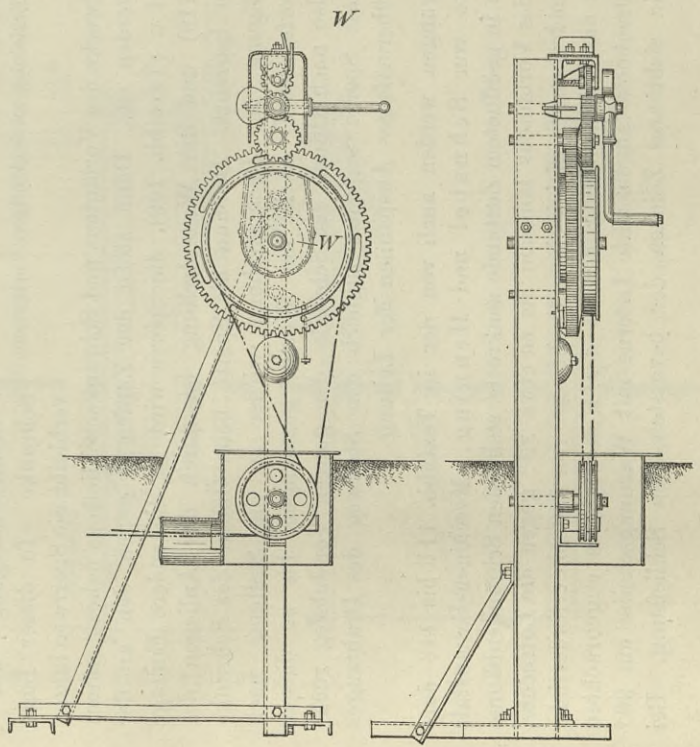


Abb. 107.

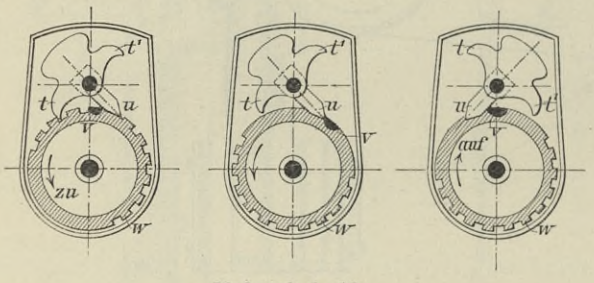
Mafsstab 1 : 20. Windebock zu Textabb. 106.



Baum eine Gleitbahn, die von der darunter angeordneten Seilrolle durch einen Zapfen mit Röllchen so angetrieben wird, dafs sich die Bewegung der Schranke nach den Endstellungen hin verlangsamt. Die Bäume stehen bei geöffneter Schranke senkrecht, und die Antriebvorrichtung ermöglicht das Öffnen der geschlossenen Schranke durch unmittelbares Anheben eines der beiden Bäume durch etwa versehentlich Eingeschlossene. Das Läutewerk zum „Vorläuten“ ist am Drehbocke angebracht; dazu wird der Glockenhammer beim Beginne des Schrankenschliefsens durch Ansätze der Stellrolle aufgeworfen, und eine am Windbocke sitzende Glocke macht den Wärter aufmerksam, wenn die Schranke vom Überwege aus geöffnet wird: Rückläutewerk.

Um sicher zu stellen, dafs der Wärter beim Öffnen der Schranke die Drehung bis zu Ende ausführt, dadurch den zum Vorläuten nötigen Leerlauf der Schrankenantriebrolle vollständig gewinnt, somit später auch wirklich vorläuten mufs, tritt beim Öffnen der Schranke die bei den Textabb. 108 bis 110 dargestellte selbsttätige Sperrvorrichtung an der Winde in Wirkung, die das Wiederschliefsen so lange verhindert, bis die Kurbel ganz zurückgedreht ist.

Abb. 108. Abb. 109. Abb. 110.



Mafsstab 1 : 10

Selbsttätige Sperre zur Erzielung zwangläufigen Vorläutens.

Bei geöffneter Schranke liegt die Sperre tt^1 nach links auf dem an der Seilrolle der Winde sitzenden Sperrkranze w (Textabb. 108), und gestattet nur die Schliefsbewegung der Schranke. In dieser Lage verbleibt die Sperre so lange, bis die Seilrolle zum Zwecke des Vorläutens und Schrankenschliefsens nahezu einmal links herumgedreht worden ist. Dann stöfst der Zapfen v gegen den an der Sperre sitzenden Hebel u (Textabb. 109), die Sperre wird in die andere Endlage geworfen (Textabb. 110) und die Weiterdrehung ist durch das Anliegen des Zapfens v am Hebel u begrenzt. Da nun die Sperre beim Öffnen der Schranke erst kurz vor Beendigung der Rechtsdrehung wieder in die Stellung nach Textabb. 108 umgeworfen wird, so ist der Wärter gezwungen, bis zu diesem Punkte zu kurbeln, also nach Öffnen der Schranke den ganzen Vorläutweg rückwärts zu drehen. Diese Sperre begrenzt zugleich den Stellweg des Drahtzuges und verhindert somit übermäfsiges Anspannen der Leitung.

Dieselben Bedingungen werden auch von der in Textabb. 111 bis 113 dargestellten Zugschranke von Schnabel und Henning, Maschinen-Bauanstalt Bruchsal, erfüllt. Die in geöffnetem Zustande senkrecht stehenden Schrankenbäume neigen sich während des Vorläutens langsam bis zu etwa 22° gegen die Lotrechte, hierzu sind 19 Kurbelumdrehungen gleich einem Drahtwege von 540 mm erforderlich; gleichzeitig dreht sich durch Einwirkung der an der Kettenscheibe angebrachten Führung K die am Drehbocke angebrachte Laterne mit Warnungscheibe um 90° und gibt so auch ein sichtbares Zeichen der bevorstehenden Schliefsung. Bei

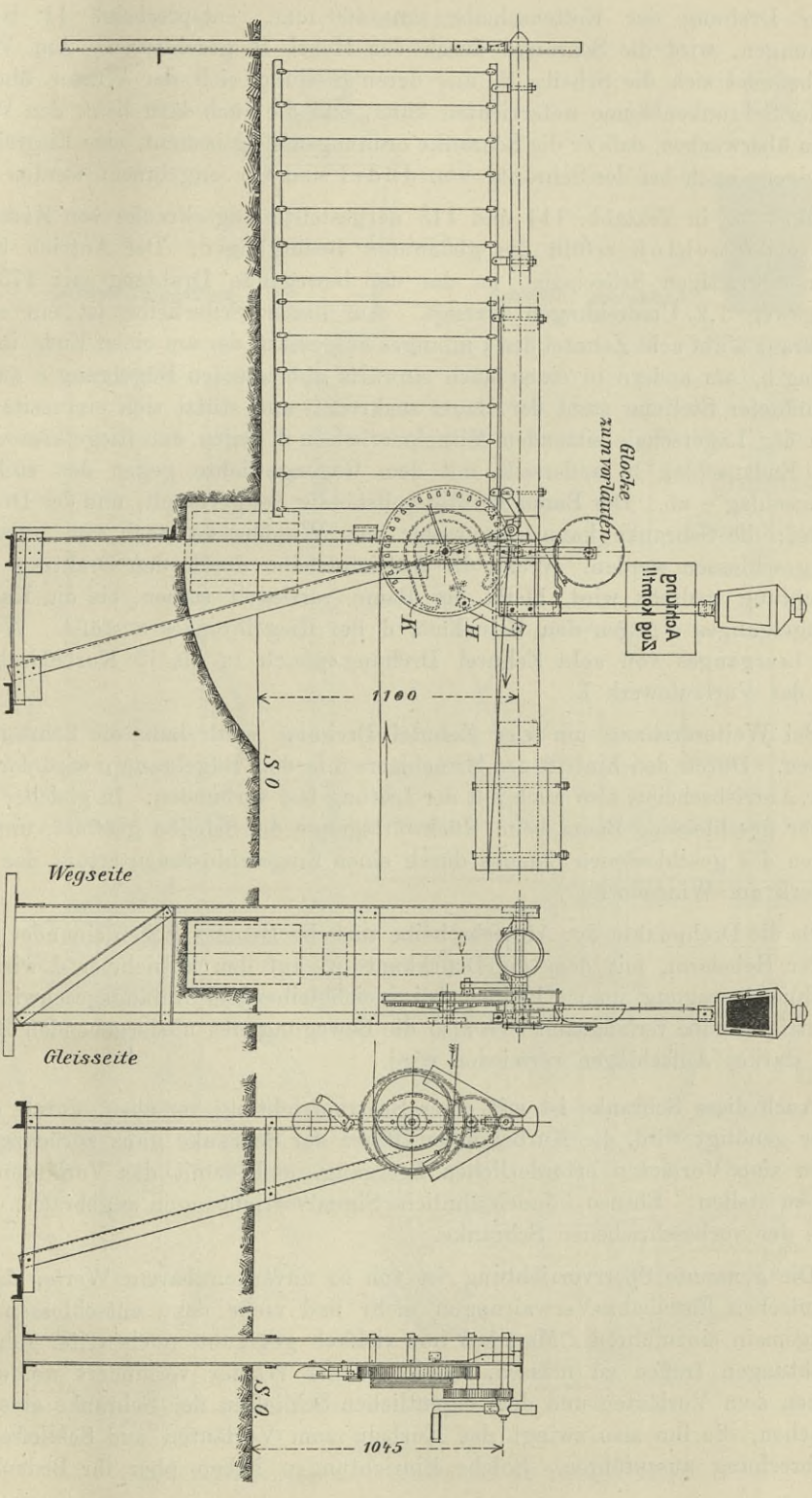


Abb. 111.

Maßstab 1 : 30. Zugschranke, Schnabel und Henning.

weiterer Drehung der Kettenscheibe um 460 mm. entsprechend 11 Kurbelumdrehungen, wird die Schranke durch den Hebel H geschlossen Am Windebocke befindet sich die Scheibe S, aus deren Stellung sich der Wärter über die Lage der Schrankenbäume unterrichten kann, und die auch dazu dient, den Wärter darin zu überwachen, dafs er die Schranke ordnungsmäfsig bedient, eine Einrichtung, die übrigens auch bei der Schranke von Jüdel und Co. angebracht werden kann.

Auch die in Textabb. 114 und 115 dargestellte Zugschranke von Zimmermann und Buchloh erfüllt die genannten Bedingungen. Der Antrieb besteht aus einer kräftigen Seilscheibe, an der der bewegende Drahtzug mit 1730 mm Leitungsweg 1,2 Umdrehungen erzeugt. Auf dieser Seilscheibe ist ein starker Riegelkranz a auf acht Zehntel des Umfanges aufgesetzt, der am einen Ende in einen Anschlag b, am andern in einen nach einwärts abbiegenden Bügelgang c ausläuft. Bei geöffneter Stellung steht der Baum senkrecht und stützt sich einerseits durch den an der Lagerschale sitzenden Mitnehmerbolzen d gegen den Riegelkranz a und dessen Endanschlag b, anderseits mit dem Gegengewichte gegen den stellbaren Unteranschlag e ab. Der Baum ist also vollständig festgeriegelt, und der Drahtzug entlastet; die Schranke kann also weder vom Winddrucke noch von unbefugter Hand geschlossen werden. Wenn die Antriebscheibe durch den Drahtzug in der Pfeilrichtung gedreht wird, bleibt der Baum verriegelt stehen, bis die Kante c^1, des Bügelganges c gegen den Mitnehmer d des Riegelkranzes a stöfst. Während dieses Leerganges von acht Zehntel Drehung gleich 14 bis 15 Kurbeldrehungen ertönt das Vorläutewerk L.

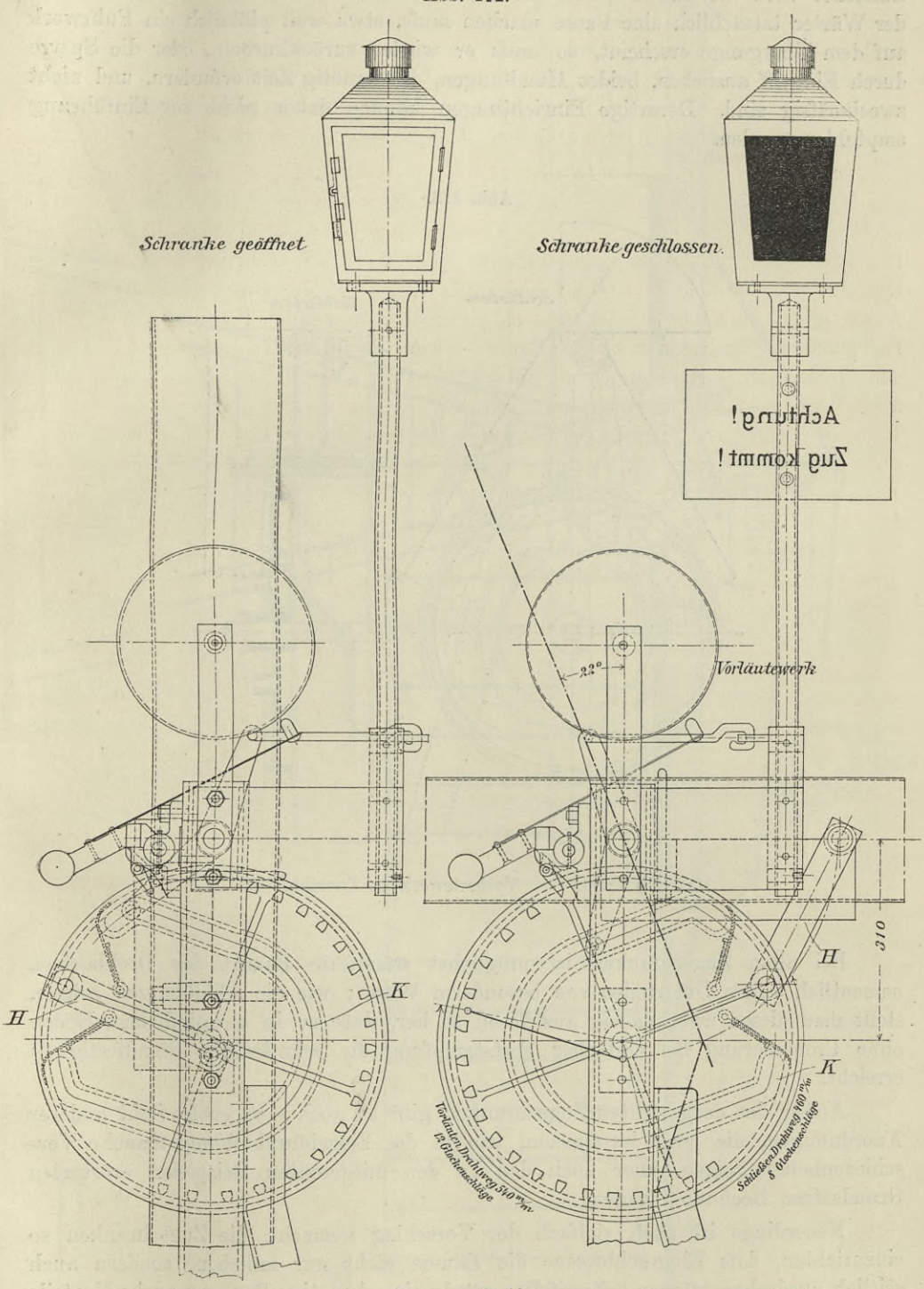
Bei Weiterdrehung um vier Zehntel Drehung wird dann die Schranke geschlossen. Durch den Eintritt des Mitnehmers d in den Bügelgang c wird der Baum mit der Antriebscheibe, also auch mit der Leitung fest verbunden. In gleicher Weise wird der geschlossene Baum beim Rückwärtsgange der Scheibe geöffnet, und beim Anheben des geschlossenen Baumes durch einen Eingeschlossenen ertönt das Rückläutewerk am Windebocke.

Da die Drehpunkte der Antriebscheibe und des Baumes neben einander liegen, wird der Hebelarm, mit dem die Druckkante c^1 auf den Mitnehmer d wirkt, bei der Schliefsbewegung immer kleiner, bei gleichbleibender Umfangsgeschwindigkeit der Antriebscheibe verlangsamt sich also die Bewegung des niedergehenden Baumes, sodafs starkes Aufschlagen vermieden wird.

Auch diese Schranke ist mit einer Sperrvorrichtung versehen, durch die der Wärter genötigt wird, die Kurbel beim Öffnen der Schranke ganz zurückzuziehen, um den zum Vorläuten erforderlichen Leergang, und damit das Vorläuten selbst sicher zu stellen. Ebenso können ähnliche Signalvorrichtungen angebracht werden, wie an der vorbeschriebenen Schranke.

Die genannte Sperrvorrichtung ist von so unverkennbarem Werte, dafs sich die deutschen Eisenbahn-Verwaltungen mehr und mehr dazu entschlossen haben, sie allgemein einzuführen. Man hat nun vielfach geglaubt, noch weiter gehen, und Einrichtungen treffen zu müssen, durch die der Wärter verhindert werden soll, zwischen dem Vorläuten und dem eigentlichen Schliefsen der Schranke eine Pause zu machen, die ihn also zwingt das Kurbeln zum Vorläuten und Schliefsen ohne Unterbrechung auszuführen. Solche Einrichtungen haben aber ihr Bedenkliches.

Abb. 112.

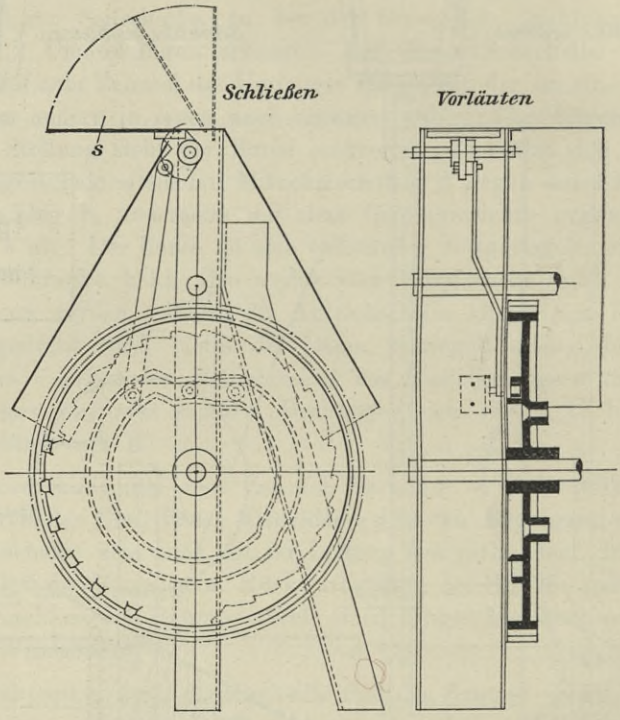


Maßstab 1 : 10.

Schrankenbewegung mit Vorläutewerk zu Textabb. 111.

Zunächst wird die Bauweise der Schranken dadurch recht verwickelt, und wenn der Wärter tatsächlich eine Pause machen muſs, etwa weil plötzlich ein Fuhrwerk auf dem Übergange erscheint, so muſs er wieder zurückkurbeln, oder die Sperre durch Eingriff ausheben, beides Handlungen, die unnötig Zeit erfordern, und nicht zweckmäſsig sind. Derartige Einrichtungen können daher nicht zur Einführung empfohlen werden.

Abb. 113.



Maſsstab 1 : 10. Vorläutewerk zu Textabb. 111.

Bei allen Zugschranken ist möglichst standfeste Bauart des Drehbockes, namentlich seines Unterteiles von besonderm Werte; wie die Abbildungen zeigen, stellt man diesen zweckmäſsig aus Eisen so her, daſs er in gewöhnlichem Boden ohne Ummauerung bei einfacher Feststampfung die erforderliche Standfestigkeit erreicht.

Auſser den dargestellten Zugschranken gibt es noch eine groſse Zahl anderer Anordnungen, die zwar im Ganzen, wie in der Einzeldurchbildung manche Verschiedenheiten zeigen, aber doch den an den mitgeteilten Beispielen erörterten Grundsätzen Rechnung tragen.

Neuerdings ist auch vielfach der Vorschlag gemacht, die Zugschranken so einzurichten, daſs Eingeschlossene die Bäume nicht nur anheben, sondern auch seitlich ausdrehen können. Zweifellos würde eine derartige Bauart manche Vorteile bieten, namentlich wenn die Bäume jedem von innen auf sie ausgeübten Drucke

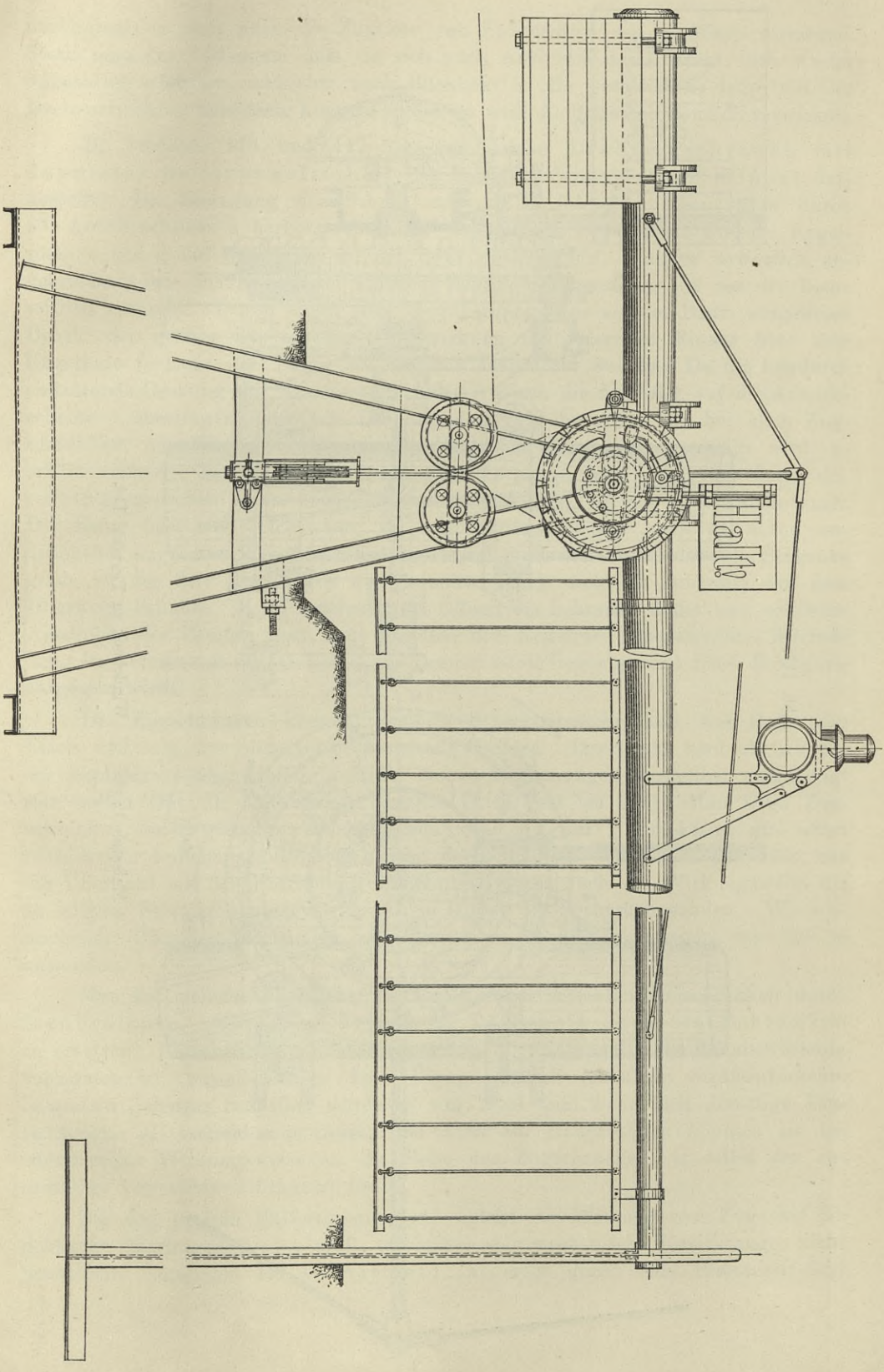


Abb. 114.

Maßstab 1:25. Drahtzugschranke mit Vorläutewerk, Zimmermann und Buchloh.

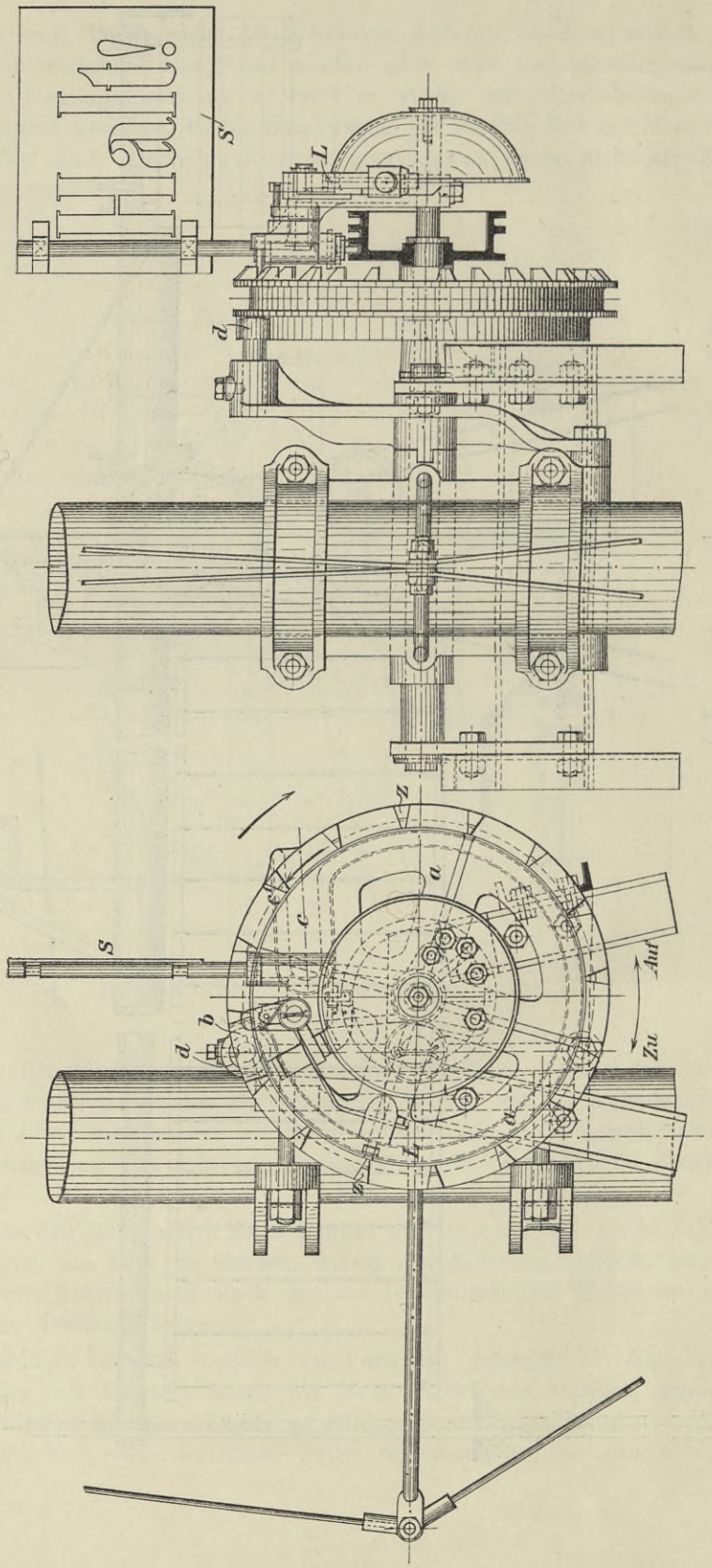


Abb. 115. Windebock zu Textabb. 114. Maßstab 1 : 11.

nachgeben, so dafs auch die Zugtiere von Fuhrwerken sie zu öffnen vermögen. Stellt man das Verlangen, dafs sie sich nach Aufhören des Druckes auch wieder selbsttätig schliefsen, und sich nach Rückkehr in die geschlossene Lage mit der Drehvorrichtung selbsttätig kuppeln sollen, so wird die Bauweise ziemlich verwickelt.

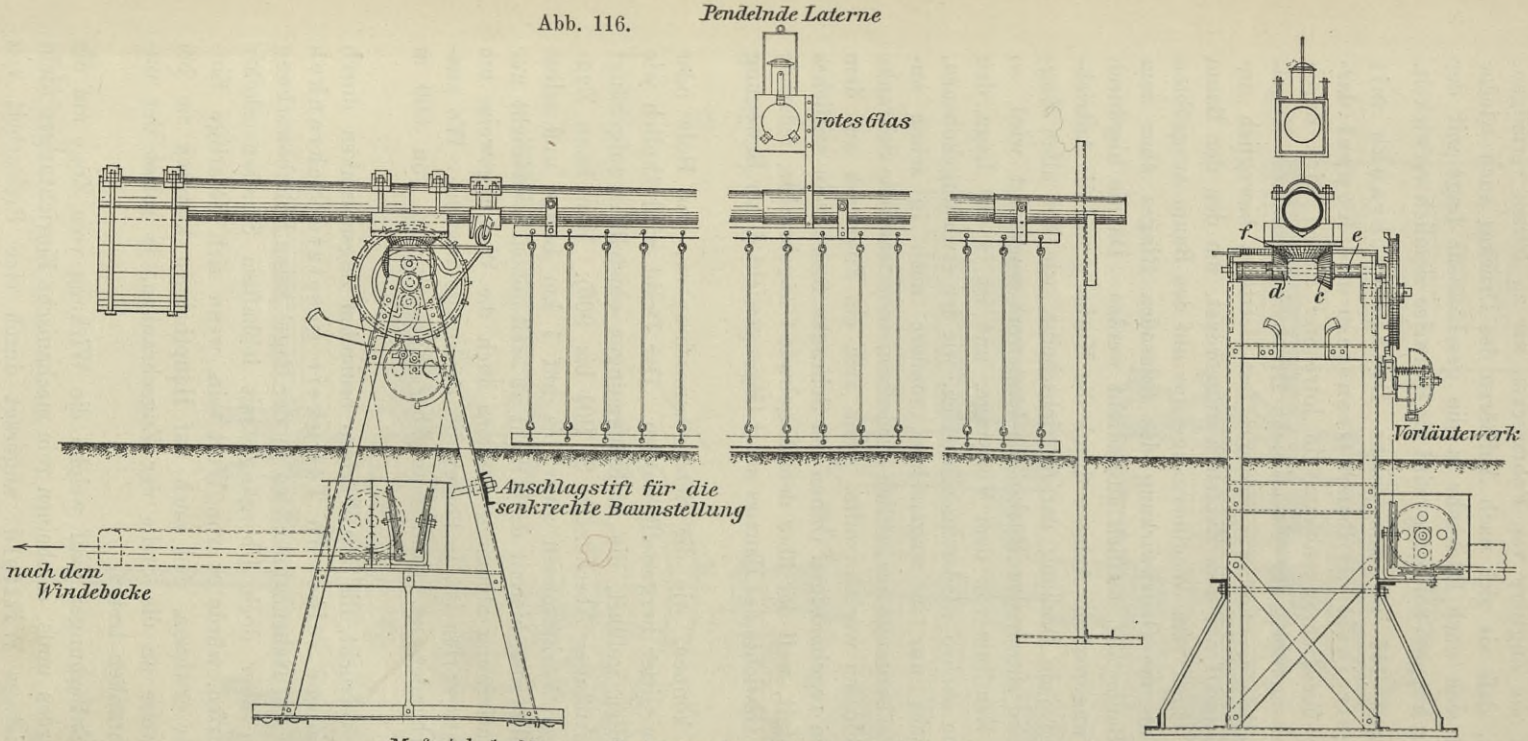
In Textabb. 116 und 117 ist eine solche Drahtzugschranke mit doppelter Bewegungsfreiheit der Bauart Orenstein und Koppel dargestellt. Die Bewegung der Schrankenbäume in lotrechter Ebene wird durch die Antriebscheiben a herbeigeführt, für die seitliche Drehbarkeit sind die Kegelräder c und d auf der Achse e, und zwar ersteres fest, letzteres beweglich angebracht, sowie das Kegelrad f auf dem Zapfen h angeordnet, um den der Baum seitlich ausdreht. Durch einen vom Wegübergange aus auf den Baum ausgeübten Druck, der gröfser ist, als die Gegenwirkung des federnden Ringes über dem Kegelrade f, kann der Baum also seitlich ausgedreht werden. Da die hierdurch eintretende Drehung der wagerechten Achse e durch die Kurbel g auf die Antriebscheibe a übertragen, und jede Drehung der Antriebscheibe, wie bei allen Zugschranken, am Windebocke durch das Rückmelde-Läutewerk angezeigt wird, so erhält auch der Wärter Kenntnis von dem Vorgange, und ist in der Lage, den seitlich ausgedrehten Baum ebenso wieder zu schliefsen, wie den etwa angehobenen. Der Baum läfst sich nicht nur in wagerechter, sondern auch in schon angehobener Lage vom Wegübergange aus seitlich ausdrehen, wenn etwa die Schranke grade zu der Zeit geschlossen werden sollte, wenn sich ein Fuhrwerk auf dem Überwege befindet. Beim regelmäfsigen Öffnen der Schranke findet kein seitliches Ausdrehen des Baumes statt, weil der über dem Kegelrade f angebrachte, federnde Ring im Vereine mit dem Gewichte des Baumes nebst Gegengewicht dieser Bewegung entgegen wirkt.

Die Zugschranken können, wie die Schlagbaumschranken, aus Holz oder Eisen und mit oder ohne Gitter hergestellt werden. Der Draht wird ähnlich wie der Signaldraht über Rollen geführt, die in Krümmungen einstellbar aufgehängt sein sollen (Bd. II, 1. Auflage, Abschn. D, S. 901 bis 906). Man kann Zugschranken unter günstigen Verhältnissen zwar bis auf 1 km Länge und selbst noch weiter bedienen, sollte aber hiermit doch nicht zu weit gehen, weil nicht nur die Übersicht mit der Entfernung abnimmt, sondern auch die Wirkungsweise um so leichter Störungen unterworfen ist, je länger die Drahtzüge werden. Wo ausreichende Übersicht vorhanden ist, kann man aber Entfernungen von 600 m anwenden.

Man hat mehrfach versucht, die von Wärtern bedienten Zugschranken durch fernbediente, vom Zuge selbst in Tätigkeit gesetzte Schranken zu ersetzen. Namentlich auf Nebenbahnen, wo in der Regel keine Bahnbewachung vorhanden ist, zuweilen aber doch Übergänge mit lebhaftem Strafsenverkehre besondern Schutzes bedürfen, würde es von Wert sein, wenn sich derartige Einrichtungen als brauchbar erwiesen, und auch auf Hauptbahnen könnten sie bei zuverlässiger Wirkungsweise an die Stelle der Zugschranken, ja selbst der unmittelbar bewachten Schranken treten.

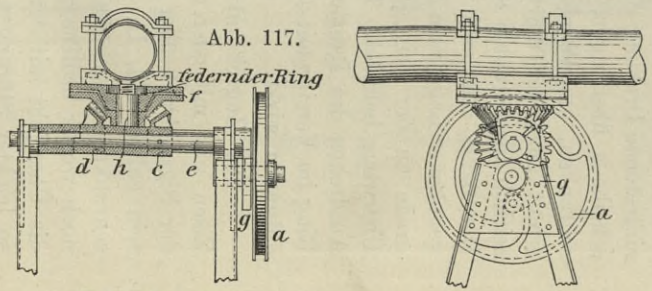
Bei den grofsen Entfernungen, auf welche die Wirkung vom Zuge auf die Schranke übertragen werden mufs, erscheinen rein mechanische Einrichtungen nicht brauchbar, dagegegen ist es Wittfeld, angeregt durch eine Preisarbeit von

Abb. 116.



Maßstab 1 : 35. Drahtzugschranke mit doppelter Bewegungsfreiheit.

Abb. 117.



Maßstab 1 : 24. Windewerk zu Textabb. 116.

Marr, die auf ein Ausschreiben des Vereines für Eisenbahnkunde im Jahr 1900 einging, gelungen, unter Benutzung des elektrischen Stromes und von Gas eine Anordnung herzustellen, die nach weiterer Durchbildung in den Pintsch-Werken unter besonderer Mitwirkung des Oberingenieurs Gerdes und nach längerer Erprobung erfolgversprechend erscheint. Die Schranke ist in Textabbildung 118 dargestellt[116]).

Durch Herstellung einer elektrischen Verbindung wird ein Elektromagnet E erregt und veranlafst, einen Anker F anzuziehen. Dadurch wird ein Gewicht G ausgelöst, das zunächst ein Läutewerk, sodann die Beleuchtung einschaltet, und endlich durch Aufheben einer Sperre S die Schranke freimacht, die sich durch ihr Eigengewicht schliefst. Dabei bringt sie das Gewicht in seine ursprüngliche Lage zurück, und stellt die elektromagnetische Sperre wieder her. Die Schranke ist nun geschlossen, bleibt aber frei beweglich. Um sie wieder zu heben, wird eine einfache Gaskraftmaschine B angewendet. Diese besteht aus einem Zylinder mit Flugkolben. Mit letzterm ist eine Kolbenstange verbunden, die an ihrem obern Ende eine Sperrklinke trägt. Diese legt sich in der höchsten Stellung des Flugkolbens gegen einen mit der Drehachse des Schrankenbaumes verbundenen Sperrzahn derart an, dafs der Schrankenbaum beim Herabsinken des Kolbens gehoben wird.

Zum Betriebe wird Mischgas verwandt, das in gepreſstem Zustande in einem Behälter in einer Aussparung des Schrankenfufses untergebracht wird. Zwischen dem Behälter und der Gaskraftmaschine ist ein Gasdruckregler von Pintsch angebracht, der das Gas beim Öffnen des Einlafsventiles H der Maschine mit einer bestimmten Spannung in deren Verbrennungsraum J einströmen läfst. Dort bildet es mit der darin befindlichen Luft ein brennbares Gemisch. Das Einlafsventil wird durch das Gewicht G gesteuert, wenn dieses in die Nähe seiner tiefsten Lage kommt.

Das Auslösen des Gewichtes und die davon abhängigen Vorgänge werden durch den sich der Schranke nähernden Zug veranlafst, indem dieser einen Stromschliefser befährt.

Nachdem der Zug an der Schranke vorübergefahren ist, schliefst er einen zweiten Stromschliefser, wodurch das Gasgemisch im Verbrennungsraume auf elektrischem Wege mittels eines Glühdrahtes entzündet wird. Durch die Arbeitsleistung der Verbrennung wird der Flugkolben in seine höchste Stellung gehoben und durch die Sperrklinke am obern Ende der Kolbenstange mit dem Schrankenbaume gekuppelt. Gleichzeitig wird der Auslafsschieber K geöffnet. Der Kolben sinkt nun durch sein Eigengewicht herab und öffnet die Schranke.

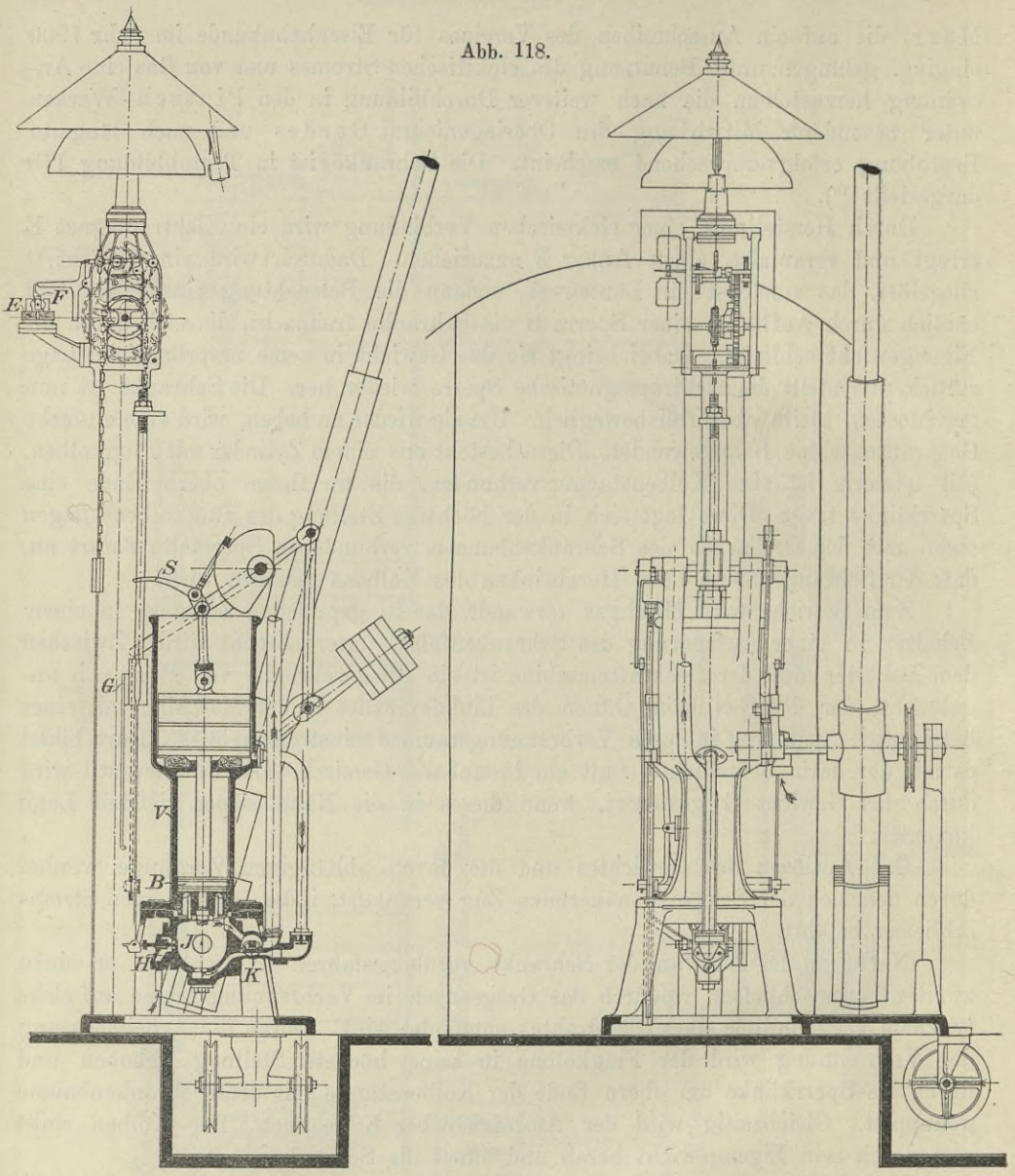
Um die Verbrennungsgase aus dem Verbrennungsraume zu beseitigen, ist oberhalb des Arbeitszylinders ein zweiter Zylinder angeordnet, worin sich ein mit dem Flugkolben fest verbundener Kolben bewegt, dessen Durchmesser gröfser ist, als der des Flugkolbens. In seiner höchsten Stellung steuert der Flugkolben den Auslafs so, dafs die unter dem obern Kolben befindliche Luft durch den Verbrennungsraum kräftig hindurchgeblasen wird, wobei sie die Verbrennungsgase in das Auspuffrohr treibt.

Bei der Verwendung dieser Schranke auf eingleisigen Strecken mufs selbstverständlich noch eine Einrichtung vorhanden sein, die den elektrischen Strom in

---

[116]) Organ 1904, S. 133. Glasers Annalen, 1903, S. 208.

Abb. 118.



Mafsstab 1 : 30. Elektrische, selbsttätige Schlagbaumschranke, Wittfeld-Pintsch-Gerdes.

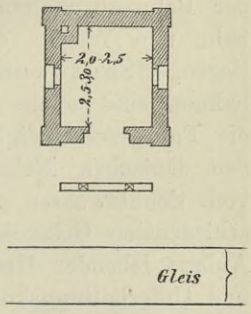
solcher Weise führt, dafs er das Gewicht stets bei der ersten Stromschliefsung auslöst und bei der zweiten das Gas-Luftgemisch entzündet. Das läfst sich ohne Schwierigkeit herstellen. Zur Beleuchtung der Schranke dient Gas. Der Gasverbrauch ist nach den Versuchen sehr gering. Es bietet keine Schwierigkeit, Vorrat für sechs Monate, ja bei geringem Verkehre für ein ganzes Jahr aufzuspeichern. Die Nachfüllung der Gasbehälter erfolgt durch Gaswagen.

Der elektrische Strom zur Erregung der Magnete und zur Zündung kann durch eine Trockenbatterie erzeugt werden.

V. d) Ausrüstung der Bahn auf freier Strecke mit Nebenanlagen.

Als Diensträume für die im Bahnbewachungs- und Schranken-Dienste beschäftigten Personen sind Wärterbuden nötig, die aufserhalb der Umgrenzungslinien neben der Bahn so anzuordnen sind, dafs sie möglichst guten Überblick über die Bahn gewähren. Solche Buden werden in 2 m bis 3 m lichter Breite und Länge aus Mauerwerk, Fachwerk, Holz, Wellblech, Magnesit hergestellt. Wenn die Tür auf der dem Gleise zugekehrten Seite liegt, empfiehlt es sich, zwischen Bude und Gleis eine kleine Schranke aufzustellen (Textabb. 119), um den etwa verspätet in Übereilung, oder schlaftrunken heraustretenden Wärter davor zu bewahren, dem Gleise zu nahe und dadurch in Gefahr zu kommen.

Abb. 119.

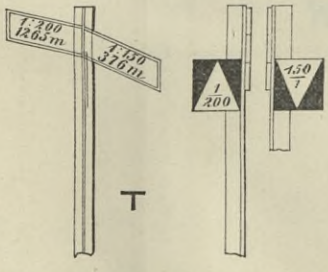


Mafsstab 1 : 200. Wärterbude mit Sicherungschranke.

Bei jeder Wärterbude pflegt ein Glockenwerk zur Abgabe der elektrischen Glockensignale für den Zugmeldedienst aufgestellt zu werden (siehe Bd. II, 1. Auflage, Abschn. D, S. 1612, und Bd. III, 1. Abschn. A I b). Diese Glockenwerke werden entweder an den Wärterbuden angebracht, oder in besonderen Gehäusen aufgestellt. Wo Wärterwohnungen an für den Dienstaufenthalt der Wärter geeigneten Stellen dicht an der Bahn stehen, kann man die Wärterbuden auch an die Wohnhäuser anbauen und auch die Glockenwerke an diesen anbringen.

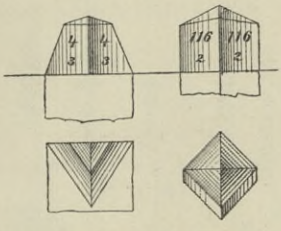
An allen Neigungswechseln der Hauptbahnen sollen Neigungszeiger stehen, welche die beiderseitige Neigung und die Streckenlänge zwischen den Wechselpunkten angeben (B. O. 17, T. V. 24), bei Nebenbahnen brauchen dagegen Neigungszeiger nur auf Strecken angebracht zu werden, die auf mehr als 500 m

Abb. 120.



Mafsstab 1 : 40. Neigungszeiger.

Abb. 121.



Mafsstab 1 : 40. Stein für Längenangabe.

Länge stärker als 1 : 150 geneigt sind. Die Form der Neigungszeiger ist sehr verschieden, sie werden aus Holz oder Eisen hergestellt, zweckmäfsig ist es, wenn sie die Neigung sowohl dem Zuge entgegen, als auch an der dem Gleise zugekehrten Seite anzeigen (Textabb. 120).

Oft sind an den Bogenenden auch Bogen-Steine oder -Tafeln üblich, die den Halbmesser und die Länge des Bogens angeben. Sowohl an den Neigungs-

wechseln, als auch an den Bogenenden werden bei einzelnen Eisenbahnen auch feststehende Höhenmarken der S. O. angebracht.

Nach der B. O. 17 und den T. V. 23 sollen die Hauptbahnen in je 100 m Abstand mit Abteilungszeichen versehen sein; bei Nebenbahnen sind solche Zeichen zwar nur in 1000 m Entfernung vorgeschrieben (B. O. 17, T. V. 23) aber gleichfalls in 100 m erwünscht. Man stellt sie aus Stein, Holz oder Eisen her, und gestaltet sie zweckmäfsig so, dafs die Kilometerzahl nach beiden Richtungen der Bahn erkennbar ist (Textabb. 121).

Bei Hauptbahnen müssen überall da, wo die Gestaltung der Bahn oder die gewöhnliche Bahnbewachung nicht hinreicht, um Menschen und Vieh vom Betreten der Bahn abzuhalten, Einfriedigungen, und namentlich zwischen der Eisenbahn und Wegen, die unmittelbar neben jener in gleicher Höhe oder höher liegen, Schutzwehren angelegt werden (B. O. 18, T. V. 23). Bei Nebenbahnen sind solche Anlagen zwar im Allgemeinen entbehrlich, besonders wenn die Fahrgeschwindigkeit von 30 Km./St. nicht überschritten wird (T. V. 23), auf den deutschen Nebenbahnen kann die Aufsichtsbehörde aber die Aufstellung von Schutzwehren anordnen (B. O. 18). Als Einfriedigungen dienen die verschiedensten Geländerformen aus Holz, Eisen, Stein. Sehr empfehlenswert ist die Anlage lebender Hecken, welche guten Schutz gewähren, und geringe Anlage- und Unterhaltungskosten erfordern.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

S. 61

Abb. 1. Wanne-Bremen.

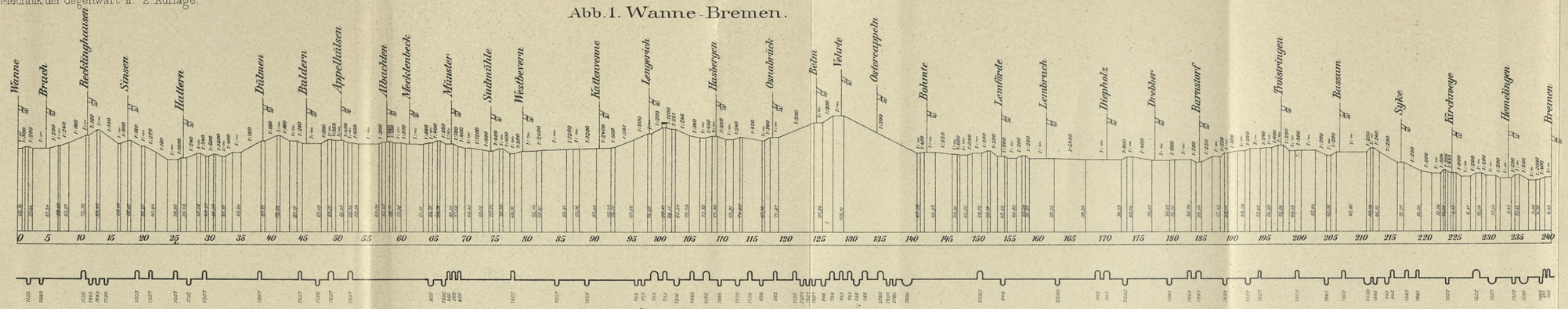


Abb. 2. Betzdorf-Daaden.

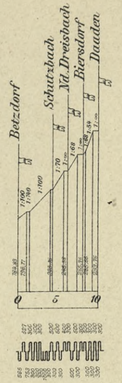


Abb. 3. Cöln-Giefsen.

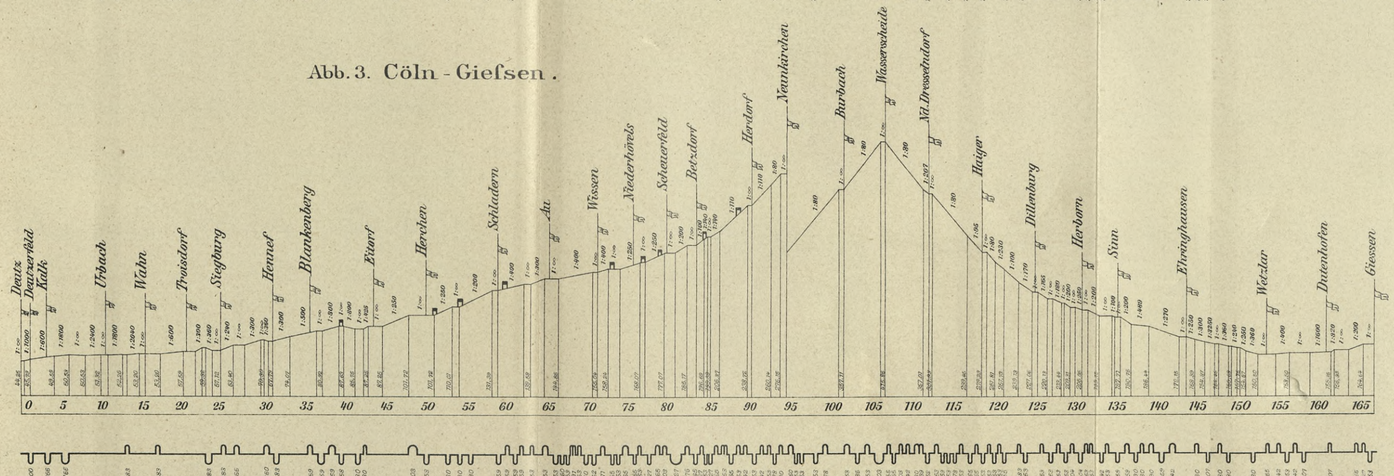
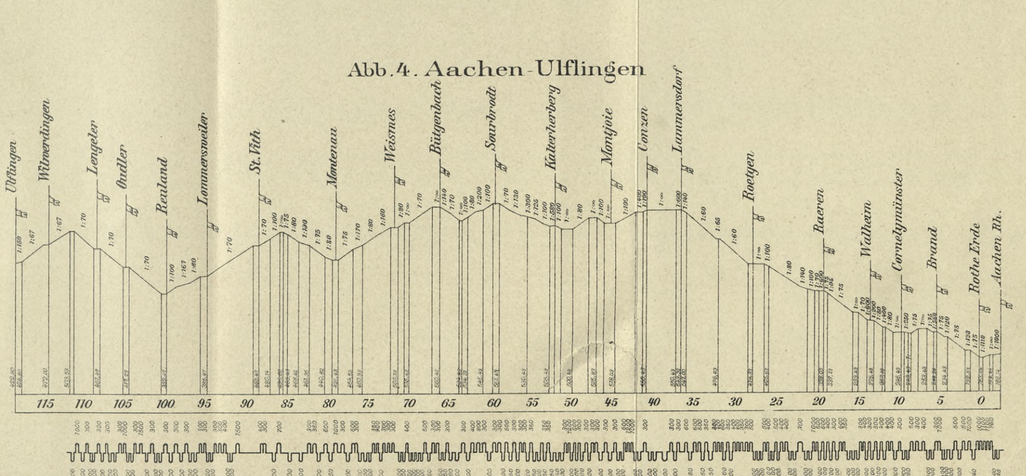


Abb. 4. Aachen-Ulflingen.

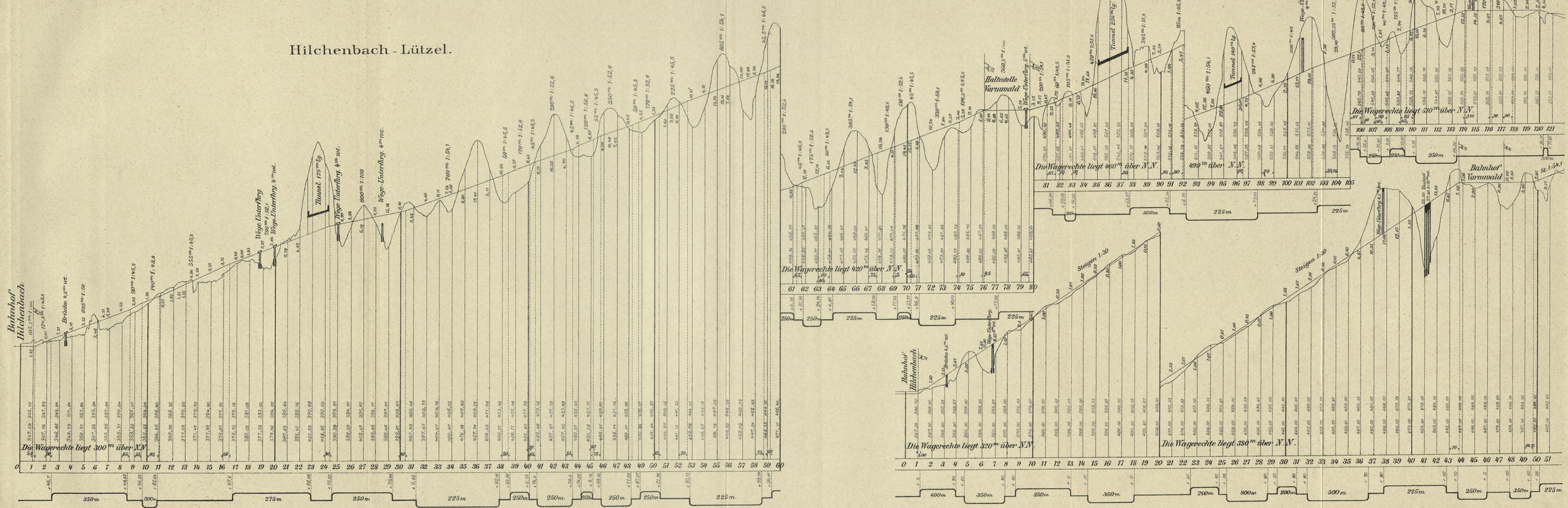


Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Hilchenbach - Lützel.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

200.00

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

S. 61

Gemeinde Helberhausen.

HADEM

BÜRGERMEISTEREI HILCHENBACH

Der Steimel

Am Steimel.

Am Hessenbruch.

HOF SCHREIBERG

DICKBRUCH

VORMWALD

SIEBELHOF

HALTESTELLE VORMWALD

WATZENSTEIN

HOF GINSBERG

Pfaffenhain.

Am Gitter.

HOF STERZENBACH

Gemeinde Vormwald.

Am Galgenberg.

Der Strahl.

Rauhelle.

KRONPRINZEN EICHE

BAHNHOF HILCHENBACH

HAARHAUSEN

Gemeinde Grund.

Gemeinde Haarhausen.

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

200.00

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

III-306331

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

100000298843