HANDBUCH

DER

INGENIEURWISSENSCHAFTEN

in fünf Bänden.

Fünfter Band:

Der Eisenbahnbau.

Ausgenommen Vorarbeiten, Unterbau und Tunnelbau.

Herausgegeben

von

F. Loewe und Dr. H. Zimmermann.

Siebente Abteilung.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1902.

DER
EISENBAHNBAU.

Ausgenommen Vorarbeiten, Unterbau und Tunnelbau.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften V. Band.

Siebente Abteilung:

Schmalspurbahnen.

Bearbeitet von

Dipl. Ingr. Alfred Birk,
o. ö. Professor an der k. k. deutschen technischen Hochschule zu Prag,

herausgegeben von

F. Loewe
Ord. Professor
an der technischen Hochschule
zu München

und

Dr. H. Zimmermann
Geheimer Oberbaurat
und vortragender Rat im Ministerium der
öffentlichen Arbeiten zu Berlin.

Mit einer Tafel, 145 Abbildungen im Text und vollständigem Sachverzeichnis.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1902.

Vorwort.

Der Bau der vollspurigen Eisenbahnen fußt auf bestimmten Grundsätzen, die aus langjährigen, vielseitigen Erfahrungen und umfangreichen Forschungen hervorgegangen sind und, bei allen Abweichungen und Unklarheiten im Einzelnen doch im großen Ganzen eine festgefügte Grundlage bilden. Im Gegensatze hierzu erfolgt der Bau und Betrieb schmalspuriger Bahnen nach vielfach voneinander abweichenden Grundsätzen und Anschauungen. Ursachen sind einerseits die Verschiedenartigkeit der Aufgaben, die durch solche Bahnen erfüllt werden sollen, und anderseits die Neuartigkeit ihrer Anordnung.

Diese Umstände erschweren im hohen Grade eine einheitliche Darstellung der Grundsätze für den Bau schmalspuriger Eisenbahnen, sobald man bemüht ist, mehr zu bieten, als eine Beschreibung ausgeführter Bahnen dieser Art. In den meisten Fällen beschränkt sich die, übrigens nicht spärliche, Litteratur über Schmalspurbahnen auf solche Beschreibungen; selten werden Erfahrungen übermittelt, durch die grundlegende und in allen Fragen wegweisende Erörterungen ermöglicht werden.

Das Bestreben nach einer solchen Lösung der hier gestellten Aufgabe begegnet allerdings noch einer anderen Schwierigkeit, die aus der großen Anpassungsfähigkeit der Eisenbahn an die verschiedenartigsten Aufgaben bei der Veränderbarkeit der Spurweite in den Grenzen von 1,435 m bis hinab zu 0,50 m erwächst. Der Einfluß der Spurweite auf die Bauelemente der Schienenwege ist praktisch viel zu wenig beobachtet und erprobt worden, als daß er theoretisch festgelegt werden könnte, ohne daß man dabei Gefahr liefe, den Boden der Wirklichkeit zu verlassen und sich in einer Fülle von Formeln zu verlieren, die entweder wertlos oder nur für ganz bestimmte, einzelne Fälle halbwegs verwendbar sind.

Die nachstehenden Betrachtungen sollen alles zusammenfassen, was bisher auf dem Gebiete des Schmalspurbahnwesens geschaffen worden ist und geeignet erscheint, dieses weiter auszugestalten und zweckmäßig zu entwickeln. Selbstverständlich sind nur jene Bauten besprochen und nur jene Fragen erörtert worden, die den Schmalspurbahnen eigentümlich sind, weil sie mit der Größe der Spurweite im Zusammenhange stehen. Alles was unabhängig von der Spurweite ist, wurde nach Thunlichkeit ausgeschaltet.

Prag, Juli 1902.

Alfred Birk.

Vorwort.

Der Bau der vollspurigen Eisenbahnen fußt auf bestimmten Grundlagen, die aus langjährigen, vielseitigen Erfahrungen und umfangreichen Forschungen hervorgegangen sind und auf allen Abweichungen und Unklarheiten im Einzelnen doch im großen Ganzen eine festgefügte Grundlage bilden. In Gegensatz hierzu erfolgt der Bau und Betrieb schmalspuriger Bahnen noch vielfach voneinander abweichenden Grundsätzen und Anschauungen. Hierzu sind einerseits die Verschiedenartigkeit der Aufgaben, die durch solche Bahnen erfüllt werden sollen, und andererseits die Neuartigkeit ihrer Anordnung.

Diese Umstände verursachen im hohen Grade eine unbestimmte Unsicherheit der Grundsätze für den Bau schmalspuriger Eisenbahnen, sobald man bemüht ist, mehr zu bieten, als eine Beschreibung ausgeführter Bahnen dieser Art. In dem meisten allen Gesagten zeigt sich die, übrigens nicht sprüchliche, Literatur über Schmalspurbahnen und solche Unternehmungen, selten werden Erfahrungen überhaupt, durch die grundlegende und in allen Fragen wegweisende Leitungen ermöglicht werden.

Das Bestreben, noch einer solchen Lösung der hier gestellten Aufgabe beizutragen, allerdings noch einer anderen Schwierigkeit, die aus der großen Anpassungsfähigkeit der Eisenbahn an die verschiedenartigsten Aufgaben bei der Verständnisarbeit der Interessen in den Grenzen von 1,435 m bis hinab zu 0,60 m erwachsen. Der Einfluß der Spurweite auf die Bauelemente der Eisenbahnen, ist praktisch viel zu wenig beobachtet und erprobt worden, als daß er theoretisch festgelegt werden könnte, wenn doch man dabei Gelahr läuft, den Boden der Wirklichkeit zu verlassen und sich in eigener Fülle von Formeln zu verlieren, die entweder wenig oder nur für eine bestimmte, einzelne Fälle brauchbar verwendbar sind.

Die nachstehenden Betrachtungen sollen alles zusammenfassen, was bisher auf dem Gebiete des Schmalspurbahnwesens geschaffen worden ist und zeigen, diese weiter auszugestalten und zweckmäßig zu entwickeln. Selbstverständlich sind nur jene Bauten besprochen und nur jene Fragen erörtert worden, die dem Schmalspurbahnen eigentümlich sind, weil sie mit der Größe der Spurweite im Zusammenhange stehen. Alles was unabhängig von der Spurweite ist, wurde nach Tunlichkeit ausgeschaltet.

Brag, Juli 1902.

Alfred Birk.

Inhalts-Verzeichnis.

Siebente Abteilung.

XIII. Kapitel.

Schmalspurbahnen.

Bearbeitet vom dipl. Ingenieur Alfred Birk,
o. ö. Professor an der k. k. deutschen technischen Hochschule zu Prag.

(Hierzu eine Tafel und 145 Textfiguren.)

Erster Abschnitt.

Entwicklung und Ausbildung der Schmalspurbahnen.

Zweiter Abschnitt.

Linienführung der Schmalspurbahnen.

Dritter Abschnitt.

Unterbau der Schmalspurbahnen.

Vierter Abschnitt.

Oberbau der Schmalspurbahnen.

XIII. Kapitel.

Schmalspurbahnen.

Bearbeitet vom dipl. Ingenieur **Alfred Birk**,
o. ö. Professor an der k. k. deutschen technischen Hochschule zu Prag.

Mit Tafel I und 145 Textfiguren.

Erster Abschnitt.

Entwicklung und Ausbildung der Schmalspurbahnen.

§ 1. Die ältesten Schmalspurbahnen. Für die erste bedeutende Lokomotiveisenbahn von Liverpool nach Manchester hatte ihr Erbauer G. Stephenson als Spurweite, d. i. Entfernung der Innenkanten der Schienen, das Maß von 4′ 8½″ englisch, gleich 1,435 m gewählt[1]). Bei den späteren Bahnbauten in England, auf dem europäischen Festlande und in Amerika folgte man im Anfange nicht durchwegs diesem Vorgange. Manche Ingenieure erachteten im Hinblick auf die Standfestigkeit und Leistungsfähigkeit der Lokomotiven eine größere Spurweite als zweckmäßiger; vereinzelt brachte man jedoch auch kleinere Spurweiten zur Anwendung. So namentlich bei der Festiniog-Eisenbahn in England, die im Jahre 1832 für den Betrieb mit Pferden erbaut wurde und hauptsächlich in Rücksicht auf die geringe Breite des als Unterbau benutzten Schutzdammes in der Bucht von Tremadoc eine Spurweite von 1′ 11½″ engl. = 0,597 m erhielt. Auf dem europäischen Festlande entstanden die ersten Bahnen mit schmaler Spurweite in Österreich, nämlich die Pferdebahnen von Budweis nach Linz, eröffnet am 1. August 1832 und von Linz über Lambach nach Gmunden, eröffnet in den Jahren 1834 bis 1836; für beide Bahnen hatte man die Spurweite von 3′ 6″ österr. = 1,106 m gewählt, entsprechend der in Böhmen und Oberösterreich damals gebräuchlichen Spurweite der Straßenfuhrwerke, deren Bauart für den Bau der Pferdebahnwagen als Vorbild diente. Als im Jahre 1856 auf der Strecke Lambach-Gmunden und drei Jahre später auch auf der Strecke Linz-Lambach der Lokomotivbetrieb zur Einführung gelangte, wurde die schmale Spur wegen der großen Schwierigkeiten, die das Gelände dem Umbau in eine normalspurige Bahn darbot, beibehalten. Nach dem Vorbilde der Eisenbahn von Budweis nach Linz wurde auch die erste Pferdebahn in Ungarn, die 49,5 km lange Linie Preßburg-Szered, eröffnet in den Jahren 1840 bis 1846, mit der Spurweite von 1,106 m erbaut; in den siebziger Jahren erfolgte anläßlich ihrer Verlängerung nach Sillein ihre Umgestaltung in eine vollspurige Lokomotiveisenbahn.

---

[1]) Vergl. I. Kapitel, § 16.

Rein wirtschaftlichen Erwägungen verdankte die schmalspurige Eisenbahn von Antwerpen über St. Nikolas und Lokeren nach Gent ihre Entstehung. Obwohl das durchaus ebene Gelände dem Baue einer vollspurigen Bahn nicht ungünstig war, entschied man sich doch behufs Herabminderung der Bau- und Betriebskosten für die kleinere Spurweite von 1,151 m. Diese 50 km lange Bahn, die hauptsächlich dem Personenverkehr dient, steht noch heute als Schmalspurbahn im Betriebe. In Frankreich war in den Jahren 1837 bis 1840 eine Pferdebahn von Creusot an den Zentralkanal mit der Spurweite von 1,30 m erbaut worden; diese 10 km lange Linie, anfangs nur für den Güterverkehr bestimmt, wird seit 1859 mit Lokomotiven betrieben und ist seit 1864 auch dem allgemeinen Personen- und Güterverkehr eröffnet. Eine zweite schmalspurige Eisenbahn aus jener Zeit, die allerdings nur für ihren Eigentümer arbeitet, ist die im Jahre 1846 eröffnete, 16 km lange Bahn von den Kohlengruben und Eisenwerken von Commentry zu dem Kanal von Berry in Montluçon; sie hat 1 m Spurweite und wird seit 1852 ebenfalls mit Lokomotiven betrieben.

In den Jahren 1853 bis 1856 erbaute die Oberschlesische Eisenbahn-Gesellschaft in ihrem Bergwerks- und Hüttengebiete in Oberschlesien ein Netz von Zweig- und Grubenbahnen mit 0,785 m Spurweite und von 105,18 km Gesamtlänge. Der Betrieb fand anfangs mit Lokomotiven, von 1860 an mit Pferden statt; später führte der Betriebspächter wieder teilweise den Lokomotivbetrieb ein.

§ 2. Entwicklung des Schmalspurbahnwesens in Europa. Bis zu Anfang der sechziger Jahre waren nur einzelne Linien schmalspurig erbaut worden; das Bestreben, der Schmalspur eine gewisse Berechtigung im Eisenbahnnetze zu gewähren, die Anerkennung ihrer großen wirtschaftlichen Bedeutung kam hierbei nicht zum Ausdrucke. Die Erkenntnis der Zweckmäßigkeit der schmalen Spur für gewisse volkswirtschaftliche Verhältnisse und Verkehrsbedürfnisse, ihrer in manchen Fällen vorhandenen Überlegenheit über die Vollspur vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus begann erst in den sechziger Jahren und auch dann zunächst nur in kleineren Kreisen weitblickender Techniker und Volkswirte zu erwachen. Der Vorschlag, die Schmalspur als berechtigtes Glied in das europäische Eisenbahnnetz einzufügen, ging von Frankreich aus. Anläßlich der von 62 Departements begehrten Eisenbahnbauten (1861) empfahl Eugène Flachat behufs Ermöglichung der Erfüllung dieser Wünsche die umfangreiche Anwendung der schmalen Spur, um hierdurch die Baukosten der Linien in schwierigem Gelände und mit geringem Verkehr thunlich herabzudrücken. Seinen Anregungen war es zu verdanken, daß das französische Lokalbahnnetz vom Jahre 1865 die Schmalspur, wenigstens stillschweigend, für alle in Betracht kommenden Verhältnisse der Vollspur gleichstellte. In der beteiligten Bevölkerung fand sie aber nur geringen Anklang; man erblickte in ihrer Anwendung eine kränkende Zurücksetzung; dazu kam der Umstand, daß die Departements in die Hände von Unternehmern gerieten, die vor allem bestrebt waren, den ertragsreichen Hauptbahnen Gegenbahnen zu schaffen und hierzu nur die Vollspur gebrauchen konnten. Erst zehn Jahre nach Erlassung des Lokalbahngesetzes fand die Schmalspur Anwendung, indem im Jahre 1874 die 22 km lange Linie von Gray nach Gy und Bucey (Departement Haute-Saône) mit einer Spurweite von 1 m, ebenso die Linie Arzew-Saïda mit 1,055 m Spur und im Jahre 1875 die Eisenbahn Hermes-Beaumont mit 1 m Spurweite genehmigt wurden. Aber noch gelangte die Überzeugung von dem fallweise großen wirtschaftlichen Nutzen schmalspuriger Bahnen

nicht endgiltig zum Durchbruche; das nächste Jahrzehnt brachte nur wenige schmalspurige Linien. Endlich drängten aber doch die ungünstigen wirtschaftlichen Erfahrungen mit vollspurigen Nebenbahnen und das wachsende Bedürfnis nach Aufschluß verarmter und der Verarmung entgegengehender Gegenden durch Eisenbahnen die Departements zur Wahl der schmalen Spurweite. Eine besondere Anregung hierzu gab das Gesetz vom 11. Juni 1880, das an Stelle der einmaligen Unterstützungen die Zinsengewährleistung setzte. Im Jahre 1885 wurde in den Departements Bourbonnais und Bretagne der Bau von 513 km Schmalspurbahnen mit Heimfall an den Staat durch Gesetz festgelegt und weiter zehn Departementsverwaltungen der Bau schmalspuriger Lokalbahnen mit Heimfall an die Departements in der Länge von 735 km genehmigt. Von da ab schritt die Entwicklung des schmalspurigen Bahnnetzes ziemlich rasch vorwärts; im Jahre 1899 standen rund 5000 km schmalspuriger Bahnen im Betriebe.

In Deutschland ging die erste öffentliche Anregung zur Anwendung der schmalen Spur nach allen vorliegenden Berichten von dem späteren sächsischen Geheimen Finanzrate C. Köpcke aus, der gelegentlich der Versammlung des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine in Hamburg (1868) anlässlich der Wechselrede über einen Antrag zum Bau billiger Bahnen die großen Vorteile der schmalen Spur eingehend beleuchtete. Da aber die Techniker des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen im selben Jahre auf ihrer Versammlung in Dresden für die Lokalbahnen gleiche Spurweite mit den Hauptbahnen, also Vollspur verlangten, so folgte der Anregung Köpckes zunächst keine verwirklichende That; sie blieb aber doch nicht ganz unbeachtet, sondern veranlaßte vielmehr eine vielfache Erörterung der Schmalspurfrage in technischen und volkswirtschaftlichen Zeitschriften. Der Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen trat ebenfalls bald der Frage näher und fühlte sich veranlaßt, in den im Jahre 1876 veröffentlichten „Grundzügen für die Gestaltung der Sekundäreisenbahnen" auch den Bahnen mit 1 m und 0,75 m Spur Beachtung zu schenken. Nachhaltiger und mächtiger aber war das Beispiel, das Buresch im Jahre 1876 durch den Bau der 7 km langen Eisenbahn von Ocholt nach Westerstede (Großherzogtum Oldenburg) bot; diese kleine Bahn mit 0,75 m Spurweite erregte durch ihre ungewöhnlich geringen Baukosten — 27829 Mk. für 1 km einschließlich Grunderwerb und Betriebsmittel — in den weitesten Kreisen berechtigtes Aufsehen. In gleichem Sinne wirkte das Beispiel, das Hostmann durch die im Jahre 1878 von der Lokomotivfabrik Krauss & Co. zu München mit einer Spur von 1 m erbaute Feldabahn gab, wobei zum ersten Mal in Deutschland auf größere Längen eine bestehende Straße als Bahnkörper benutzt wurde, so daß die 44 km lange Bahn einschließlich Grunderwerb und Betriebsmittel trotz der stellenweise bedeutenden Erdarbeiten und trotz der vielen Brücken, die notwendig waren, ebenfalls nur rund 28000 Mk./km kostete.

Wenn auch die in jeder Hinsicht und besonders in Bezug auf Leistungsfähigkeit zufriedenstellenden Betriebsergebnisse dieser Bahnen wesentlich dazu beitrugen, die vielfach so ungünstigen Urteile der Fachmänner nnd Laien über die Schmalspur zu ändern und überhaupt auf die Vorteile dieser Spur nachdrücklich aufmerksam zu machen, so vollzog sich der entschiedene Umschwung zu gunsten der Schmalspur in Deutschland doch erst durch den im Jahre 1879 gefaßten Entschluß der königl. sächsischen Regierung: „diejenigen Nebenlinien, welche nur bestimmt sind, neue Landesteile aufzuschließen und mit dem bestehenden Bahnnetze zu verbinden, somit

nur als Zuführungsstraßen für die Hauptbahnen zu dienen haben", mit schmaler Spurweite (0,75 m) auszuführen. Nach längeren Kämpfen gelang es der sächsischen Regierung, von den Ständen die Genehmigung zum Baue schmalspuriger Linien zu erhalten, deren Herstellung denn auch unverzüglich in Angriff genommen wurde.

Um dieselbe Zeit vollzog sich in Österreich-Ungarn ein Ereignis, das die Entwicklung des Schmalspurbahnwesens in hervorragender Weise förderte, nämlich der Bau der k. k. Bosnabahn. Bei der Besetzung Bosniens im Jahre 1878 zeigte sich sehr bald die Unzulänglichkeit der bestehenden Straßen für die genügende Versorgung der vorrückenden Truppen mit Lebensmitteln; es wurde daher die Herstellung einer 145 km langen Schleppbahn von Bosnisch-Brod nach Zepče unter Verwendung der vom Bau der Linie Temesvar-Orsova noch vorhandenen Lokomotiven und Rollwagen mit 76 cm Spurweite im Herbste 1878 in Angriff genommen. Die anfangs nur für Kriegszwecke geplante Bahn erwies sich in kurzer Zeit so überaus leistungsfähig, daß man deren dauernden Ausbau und Fortsetzung als Schmalspurbahn, trotzdem der Unterbau für eine Vollspur hergestellt worden war, beschloß. Bis zu diesem Zeitpunkte hatte die schmale Spur in Österreich — abgesehen von der Lambach-Gmundener Bahn — nur noch für Industriebahnen in besonders schwierigem Gelände Anwendung gefunden; so waren u. a. die baulich interessanten Linien Rostoken-Marksdorf und Reschitza-Deutsch Bogsan-Szekul in Ungarn entstanden.

Von nun an erwarb sich die schmale Spur in Deutschland und Österreich-Ungarn immer mehr Freunde und Anhänger, wenn es auch anderseits an grundsätzlichen Gegnern nicht fehlte. Abgesehen von Sachsen gelangten auch in den Reichslanden, in Thüringen, Preußen, Württemberg und Baden schmalspurige Bahnen zur Ausführung. Allmählich begannen auch einzelne Regierungen, die der Schmalspur bis dahin mehr oder weniger ablehnend gegenübergestanden waren, derselben größere Beachtung zu schenken; so sprach sich z. B. die preußische Regierung (1892) grundsätzlich für die Zulässigkeit der Schmalspur bei Kleinbahnen aus und fast gleichzeitig nahmen Württemberg, Hessen und andere kleinere Staaten Deutschlands den Bau schmalspuriger Bahnen in Angriff. In Österreich entstanden in den achtziger Jahren einzelne schmalspurige Bahnen; von Bedeutung für die weitere Entwicklung zeigte sich der Entschluß des Landes Steiermark, die mit seiner Unterstützung zu Stande kommenden Nebenbahnen schmalspurig herzustellen — ein Entschluß, mit dessen Verwirklichung auch bereits im Jahre 1890 begonnen wurde.

Überaus frühzeitig war in Norwegen und Schweden die Schmalspur in großem Umfange zur Anwendung gekommen. Die Bodengestaltung dieser Länder drängte dazu, die Schmalspur als vollberechtigtes Glied in das Eisenbahnnetz aufzunehmen. Die erste Hauptbahn Norwegens, die im Jahre 1854 eröffnete Linie von Christiania über Lilleström nach Eidsvold, wurde mit Vollspur erbaut. Die Betriebsergebnisse waren sehr ungünstige und veranlaßten den Staat, der selbst alle weiteren Bahnen unter Mitwirkung der Gemeinden und sonstigen Interessenten herstellte, aus wirtschaftlichen Gründen und in Rücksicht auf die ungünstigen Bodenverhältnisse in allen Fällen, in denen nicht die Verbindung mit dem Nachbarlande die Vollspur verlangte, die schmale Spur anzuwenden. Zu Ende des ersten Halbjahres 1891, also zu einer Zeit, wo in anderen Staaten die Regierungen erst ihre Gleichgültigkeit gegenüber der Schmalspurfrage aufgaben, besaß Norwegen bereits

ein schmalspuriges Bahnnetz von 969 km, dessen größte Linie (Christiania-Drammen-Skien-Randsfjord) 352 km lang ist.

In Schweden brachte der Staat, der sich 1854 den Bau der Stammbahnen vorbehielt, nur die Vollspur zur Anwendung. Die Privatbauthätigkeit, welcher die Zweigbahnen von untergeordneter Bedeutung verblieben, erblickte dagegen schon frühzeitig in der Anwendung der schmalen Spur ein wirksames Mittel zur Herabminderung der Baukosten und zur Ermöglichung von Bahnanlagen auch unter sehr schwierigen Geländeverhältnissen. Die erste Schmalspurbahn wurde im Jahre 1860 erbaut; im Jahre 1870 bestanden vier schmalspurige Linien mit zusammen 188 km Länge. Mit dem Aufschwunge der Privatbauthätigkeit in den Jahren 1870 bis 1888, in welchem Zeitraum 3300 km Privatbahnen gegenüber 800 km Staatsbahnen eröffnet wurden, gewann auch die Schmalspur an Boden und gegenwärtig sind rund 30 v. H. aller Privatbahnen schmalspurig. Von diesen Schmalspurbahnen bilden die Linien von Halmstad über Karlshamn und von Karlskrona über Karlshamn nach Kristianstad nebst Zweigbahn nach Holje (345 km), die Bahnen von Palsboda über Norsholm bis Vestervick an der Ostsee und von Vestervick nach Hultsfred (271 km), ferner die Linien Hjo—Stenstorp—Lidköping—Hakantorp, sowie Skara—Mariestad—Moholm (zusammen 215 km) zusammenhängende Netze, während die übrigen Schmalspurbahnen einzelne Linien bilden, die entweder an vollspurige Bahnen anschließen, oder ganz vereinzelt liegen.

Was Belgien anbelangt, so bildeten die ungünstigen Ergebnisse der Schmalspurbahn von Antwerpen nach Gent durchaus keinen Ansporn zur Nacheiferung. Die Bahn blieb lange vereinsamt. Im Jahre 1879 wurde die 10 km lange Linie Taviers—Embresin mit der Spurweite von 1,00 m hergestellt; diese Spur war hauptsächlich aus technischen Gründen gewählt worden, denn bei Anwendung der Vollspur wäre es nicht möglich gewesen, in das enge, vielfach gewundene Gebirgsthal, in das die Bahn als Sackbahn einläuft, ohne Aufwendung unverhältnismäßig hoher Baukosten einzudringen. In den nächsten Jahren entstanden nur einige Zweigbahnen mit der Spurweite von 1,2 m. Viel günstiger für die Schmalspurbahn gestalteten sich die Verhältnisse durch die im Jahre 1885 erfolgte Gründung der „Société nationale des chemins de fer", welche den Zweck hat, unter Mitwirkung des Staates, der Provinzen und Gemeinden Nebenbahnen zu erbauen und zu betreiben. Aus rein wirtschaftlichen Gründen und in der Absicht, die bestehenden Straßenzüge thunlich auszunützen, entschloß sich die Gesellschaft zur weitgehenden Anwendung der schmalen Spur und ebnete hiedurch derselben auch in Belgien die Pfade zu größerer Ausdehnung.

Nicht ohne Bedeutung sind die schmalspurigen Bahnanlagen in den Niederlanden, wo viele Dampfstraßenbahnen die schmale Spur erhielten, in Italien, besonders in Sardinien und Sicilien, in der Schweiz und in Griechenland, wo der Bau der schmalspurigen Bahn von Pyrgos nach dem Hafenstädtchen Katakolo anregend wirkte, so daß das Eisenbahnnetz Griechenlands, entsprechend der für die Vollspur höchst ungünstigen Gestaltung des Geländes, in seinen Haupt- und Nebenlinien durchaus die schmale Spur aufweist. Auch Spanien begann anfangs der achtziger Jahre den Ausbau seines Eisenbahnnetzes unter entschiedener Anwendung der Schmalspur anzustreben, und zwar lediglich in Würdigung der großen wirtschaftlichen Vorteile dieser Spur, welche überhaupt erst eine raschere Ergänzung des sehr unvollständigen Bahnnetzes ermöglichte.

In den übrigen Staaten Europas konnte die Schmalspur nicht festen Boden gewinnen. In den Balkanstaaten ist die Entwicklung des Eisenbahnwesens überhaupt zurückgeblieben und es mußte vor allem ein Anschluß an das vollspurige Weltbahnnetz geschaffen, oder es mußten ergänzende Glieder in dasselbe eingefügt werden. In England ist einerseits infolge der großen Entwicklung des Eisenbahnnetzes, anderseits in Rücksicht auf seine Bodengestaltung kein lebhafteres Bedürfnis für Schmalspurbahnen vorhanden; nur Irland weist schmalspurige Eisenbahnen auf. Die internationalen Eisenbahnkongresse in Brüssel (1885) und St. Petersburg (1892) beschäftigten sich in ernster Weise mit der Frage der Schmalspurbahnen und betonten in ihren Beschlüssen nachdrücklich die Vorteile der Schmalspur für die Entwicklung des Nebenbahnwesens. In gleichem Sinne sprach sich der Internationale permanente Straßenbahn-Verein auf seinen Generalversammlungen in Amsterdam (1890) und Budapest (1893) aus. Über die Länge der Schmalspurbahnen in einigen Staaten Europas — soweit hierfür verläßliche Mitteilungen vorliegen — gewährt die nachstehende Übersicht einige Aufklärungen.

Übersicht der Länge der Schmalspurbahnen in europäischen Staaten.

Land	Länge km	Anmerkungen	Land	Länge km	Anmerkungen
Deutschland	6866	Ende 1900	Bosnien-Herzegowina	696	Ende 1901
hiervon:			Frankreich	4911	„ 1898
Preußen . . .	4710		Belgien.	2361	„ 1900
Sachsen . . .	410		Niederlande.	968	„ 1899
Württemberg .	79		Schweiz	807	„ 1899
Mecklenburg .	61		Portugal	203	„ 1899
Baden	58		Schweden	2440	„ 1899
Reichslande. .	213		Norwegen	1168	„ 1899
Österreich.	708	Ende 1900	Finland	105	„ 1899
Ungarn.	124	„ 1898			

§ 3. Entwicklung des Schmalspurbahnwesens außerhalb Europa. — In Amerika wurde die erste Schmalspurbahn in den Jahren 1870 und 1871 gebaut; es ist dies die 1400 km lange Denver Rio Grande-Bahn, welche von Denver, einer Station der Pacificbahn, nach El Paso führt und Personen- wie Güterverkehr vermittelt. Für die schmale Spur hatte man sich hauptsächlich aus zwei Gründen entschieden: erstens, um möglichst billig zu bauen, da die Bahn erst Ansiedler, Kultur und Industrie in die von ihr durchzogenen Gegenden bringen sollte, und zweitens, um den Bau zahlreicher, in sehr schwieriges Gelände führender Zweigbahnen mit gleicher Spur zu ermöglichen. Zwei andere, in technischer Beziehung sehr interessante Schmalspurbahnen, die ebenfalls in den ersten siebziger Jahren erbaut wurden, sind die Linien von Golden Junction bis Forts Creek (24,6 km lang) mit mehreren Zweigbahnen und die 7 km lange Bahn von Spring Grove nach College Hill. Erstere, eine Zweigbahn der vollspurig erbauten Colorado-Zentral-Eisenbahn, führt durch enge Schluchten und stark gewundene Flußthäler, letztere verbindet die Station Spring Grove der vollspurigen Cincinnati-Hamilton und Dayton-Eisenbahn, durch teuere Grundstücke laufend und vorwiegend einen schmalen Landweg benutzend, mit der Sommerfrische College Hill bei Cincinnati.

In den letzten zwanzig Jahren hat die schmale Spur in Amerika große Verbreitung gefunden, besonders in den Vereinigten Staaten, in Argentinien und Brasilien, wo auch Gebirgsbahnen mit der ausgesprochenen Bedeutung von Hauptbahnen mit schmaler Spurweite hergestellt wurden, wie z. B. die Bahnen über die Anden. Auch Bolivia besitzt ein ausgedehntes Netz schmalspuriger Bahnen; ebenso wurde in Mexiko die schmale Spur neben der Vollspur eingeführt. Diese Fortschritte der schmalen Spur in Amerika sind um so bemerkenswerter, als hier die schmale Spur zunächst mit der Breitspur in Wettbewerb treten mußte und schon der gegenwärtig vielfach vollzogene Übergang von der Breitspur zur Vollspur nicht immer ohne Widerspruch seitens der maßgebenden Kreise und der Fachleute stattfand.

In Asien ist auf die Verbreitung der Schmalspur der Umstand, daß der überwiegend größere Teil des ganzen Eisenbahnnetzes unter englischem Einflusse entstanden ist, nicht ohne Einfluß geblieben. Kleinasien zählt nur rund 350 km Schmalspurbahnen (Mersina-Adana, Beyrut-Damaskus), in Britisch-Ostindien sind vorwiegend diejenigen Linien, die in Gebirgsgegenden führen, schmalspurig erbaut; dagegen findet die Schmalspur in Japan und in den unter holländischer Herrschaft stehenden Gebieten von Sumatra und Java grundsätzliche Anwendung, und zwar sowohl aus technischen, wie aus volkswirtschaftlichen Gründen.

Afrika besitzt ein ausgedehntes schmalspuriges Eisenbahnnetz in Algerien und Tunis; auch die Beira-Eisenbahn — 250 km — in Portugiesisch Afrika an der Küste des indischen Ozeans, die Kongo-Bahn — 400 km —, die Bahn Port-Saïd-Ismaila am Suezkanal, die Usambara- und die Ugandabahn sind schmalspurig erbaut; von den Bahnen der englischen Kapkolonie haben die meisten die Schmalspur; ebenso besitzt die 43 km lange Eisenbahn Tanga-Muhesa, die erste Bahn in Deutsch-Ostafrika, die schmale Spurweite und ist eine solche auch für die Bahn Kap-Kairo bestimmt.

Ziemlich ausgedehnte Anwendung fand die schmale Spur in Australien. Große Geländeschwierigkeiten zwangen hier, namentlich in Queensland, zur Abweichung von der anfangs viel angewandten Voll- und Breitspur. Das ging nicht ohne Kämpfe ab. Es ist ein Verdienst des Oberingenieurs Fitzgibbon, daß er beim Bau der ersten, in die Gebirgsketten eindringenden Bahnen so entschieden die Vorteile der schmalen Spurweite darlegte, daß diese über die Vollspur den Sieg davontrug. Im Jahre 1881 standen in Australien bereits über 500 km Schmalspurbahnen in Betrieb.

Soweit annähernd genaue Angaben vorliegen, standen zu Ende des Jahres 1900 in Britisch-Ostindien 10094, in der Asiatischen Türkei 327, in Afrika 13870 (darunter 1111 km in Algier und Tunis), in Java und Sumatra 3071, in Japan 9419, in Australien 10710 (darunter 4410 in Queensland, 3363 in Neuseeland, 2184 in Südaustralien) Kilometer Schmalspurbahnen im Betriebe.

§ 4. Verschiedenheit der Schmalspur. — Von der großen Freiheit, welche im Hinblick auf die Wahl der Spurweite besteht, sobald nur einmal die Vollspur außer Betracht bleibt, ist bisher ausgedehnter Gebrauch gemacht worden. Von 0,50 m an bis nahe an die Grenze der Vollspur schwanken die Spurmaße der Schmalspurbahnen. Die verschiedenartigsten Umstände beeinflußten die Wahl und nicht immer waren es rein fachliche Erwägungen. Wo aber diese zur Geltung kamen, da gestaltete sich die Entscheidung in der Regel besonders schwierig. Das Bestreben, die Baukosten thunlich herabzumindern, wies auf die Anwendung sehr kleiner

Spurmaße hin, während das Verlangen, die Leistungsfähigkeit der Bahn gegenüber der Vollspur nicht zu sehr zu verringern, zu gunsten größerer Spurweite sprach. Bei dem Mangel an genügenden Erfahrungen und an praktisch-wissenschaftlichen Studien waren — und sind wohl auch vielfach noch heute — die Anschauungen über den Einfluß der Spurweite in der einen, wie in der anderen Beziehung geteilt und oft weit auseinandergehend. Die Ansichten der maßgebenden Persönlichkeiten waren in den meisten Fällen entscheidend. Daher kommt die große Verschiedenheit der Spurweite bei den Kleinbahnen. In neuester Zeit beginnen sich die Anschauungen allerdings zu klären; wenn es auch noch immer an umfangreichen, eingehenden Versuchen über die Einflußnahme der Spurweite auf die technischen Grundlagen der Linienführung fehlt, so bietet einerseits die Praxis doch schon viele aufklärende Anhaltspunkte hierfür, und da auch anderseits über die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Spurmaße schon reiche Erfahrungen vorliegen, so läßt sich immerhin in einem gegebenen Falle unter sorgfältiger Beachtung und Erwägung aller Verhältnisse technischer und wirtschaftlicher Natur eine Wahl in zweckentsprechender Weise treffen.

In dem Maße, als sich die Wahl der Spurweite über den Einfluß des Zufalls erhob, reifte auch die Erkenntnis heran, daß Unterschiede von einigen Zentimetern in der Spurweite belanglos erscheinen und es sonach wohl angeht, mit einigen wenigen Werten der Spurweite auszukommen. In diesem Sinne sind jetzt 1,00, 0,75 und 0,60 m die gebräuchlichsten Spurmaße, wobei allerdings zu bemerken ist, daß die Spur von 0,60 m erst in jüngster Zeit bei Kleinbahnen mit Maschinenbetrieb Anwendung findet. Das preußische Gesetz über Kleinbahnen und Privat-Anschlußbahnen vom 28. Juli 1892 (Ausführungs-Anweisung vom 13. August 1898) erklärt außer der Vollspur nur Spurweiten von 1,00, 0,75 und 0,60 m für zulässig. Die Spurweite von 1,00 m — die Meterspur — hat vor allem in Frankreich und den französischen Kolonien Anwendung gefunden, doch sind hier in den letzten Jahren auch Bahnen mit 0,60 m Spur, so die Linie Pithiviers-Toury, erbaut worden. Die Meterspur findet sich ferner bei der Usambarabahn, Ugandabahn, in Angola (Afrika), bei Straßenbahnen auf dem europäischen Festlande u. s. w. Preußen zählte zu Ende 1900 132 Kleinbahnen mit 1 m Spurweite. Sehr verbreitet ist auch die Spurweite von 1,067 m = $3^1/_2{}'$ engl.; sie findet sich in den Niederlanden, in Norwegen, Belgien und Japan, auf der Insel Java, auch in Amerika, Afrika und in Australien. Sie wird namentlich von den Engländern bevorzugt und nach ihrer Anwendung im Kapland auch als Kapspur bezeichnet. Italien besitzt viele Bahnen mit 0,95 m Spurweite. Größere Abweichungen von der Meterspur, nämlich Maße von 1,10, 1,217 m, 1,220 m und 1,416 m, weisen einzelne Bahnen in Irland, Schweden, Asien, Amerika auf.

Die Spurweite von 0,75 m ist in Sachsen und Österreich (in letzterem Staate eigentlich 0,76 m) gleichsam als amtliche Schmalspur anerkannt; auch von den württembergischen Schmalspurbahnen besitzen drei Linien die Spurweite von 75 cm; in Preußen bestanden zu Ende des Jahres 1901 38 Bahnen mit 0,75 m Spurweite. In Frankreich ist die Spurweite von 0,75 m durch eine Ministerialverfügung vom Jahre 1891 als nicht zulässig erklärt. Dagegen hat sie in Norwegen und außerhalb Europa in Afrika, Amerika (Mexiko) und Britisch-Ostindien große Anwendung gefunden, unter anderen auch für die Kongobahn. Nicht selten sind die ihr naheliegenden Spurweiten von 0,725 m (Saarbrückener Schmalspurbahnen), 0,785 m (Bröhlthalbahn), 0,800 m u. s. w.

Mit der Spurweite von 0,60 m wurden früher nur Feld-, Wald- und Arbeitsbahnen erbaut. Seitdem aber Decauville auf der Weltausstellung in Paris (1889) die Verwendbarkeit dieser Spur für Kleinbahnen mit Lokomotivbetrieb und Personenverkehr nachgewiesen hat, gewinnt sie immer mehr Anhänger und eifrige Verfechter, namentlich in Frankreich, wo unter anderen die 31 km lange Bahn von Pithiviers nach Toury (Dep. Calvados) mit dieser Spur erbaut wurde. In Deutschland und auch in Frankreich legt man großes Gewicht darauf, sie vornehmlich für Militärzwecke zu benutzen. In Preußen waren zu Ende des Jahres 1901 11 Bahnen mit 60 cm Spurweite im Betriebe, so die Mecklenburg-Pommerschen Schmalspurbahnen (155 km), die Kleinbahnen des Landkreises Bromberg, die Kleinbahnen des Kreises Znin, die alle Personen- und Güterverkehr bewältigen und mit Dampflokomotiven betrieben werden; bahnbrechend wirkte hier die im Jahre 1897 eröffnete Wallücke-Bahn (17,220 km), mit der zum erstenmal der Versuch gemacht wurde, eine Kleinbahn von 60 cm Spurweite mit kräftigem, stoßlosem Oberbau, starken Drehgestelllokomotiven und Drehgestellwagen für Güter- und für Personenbeförderung zu schaffen. Die 250 km lange Baira-Bahn in Portugiesisch-Afrika, am indischen Ozean, besitzt die Spur von 61 cm, wird aber auf die Kapspur umgebaut, weil sie an die Bahn Kap-Kairo Anschluß erhalten soll; dagegen werden die Bahnen von Deutsch-Südwest-Afrika mit 60 cm ausgeführt. Die in das Himalaya-Gebirg führende, 821 km lange Darjeeling-Eisenbahn hat die Spurweite von 60 cm; ebenso die Trambahn Zeehan-Dundas und Nordost-Dundas in der Kolonie Tasmanien (Australien). Die Festiniog-Bahn hat eine Spurweite von 59,7 cm.

Vereinzelt sind auch kleinere Spurweiten bis herab zu 25 cm in Anwendung gekommen. So liegt im Bezirke Elberfeld eine Pferdebahn mit 42 cm Spurweite und der Herzog von Westminster ließ sich eine kleine Bahn von Eaton Hall nach Balderton mit der Spurweite von 15″ engl. = 38 cm herstellen; die gleiche Spur hat die von Percival Heywood erbaute Duffield Bank-Eisenbahn.

Nicht weniger Anhänger erfreut sich der Gedanke, der auch immer mehr als Antrag auftritt: wenigstens innerhalb zusammengehöriger größerer Wirtschaftsgebiete eine und dieselbe Spur anzuwenden. Er entspringt zunächst der Annahme, daß vielleicht doch in späterer Zeit ein Zusammenschluß der einzelnen Linien erfolgen könnte und eine Vereinfachung in der Herstellung der Fahrbetriebsmittel platzgreifen würde. Hiezu tritt die Erwägung, daß bei gleicher Spurweite eine gegenseitige Aushilfe mit Betriebsmitteln möglich ist, weil deren Beförderung auf den verbindenden Vollspurbahnen keinen Schwierigkeiten unterliegt; diese Erwägung wird um so einschneidender, je mehr die Bedenken gegen die militärische Leistungsfähigkeit der Schmalspurbahnen schwinden, je mehr diese zur Teilnahme an den allgemeinen Eisenbahnverkehr herangezogen werden.

Gegen diese Forderung der Spureinheit spricht mit ganz besonderem Nachdruck die Eigenart der Schmalspur und der mit ihr erbauten Bahnen. Letztere verlangen im Bau und Betrieb die innigste Anschmiegung an das Gelände und an die bestehenden Verkehrsverhältnisse. Jede, auch die scheinbar geringfügigste Erweiterung der Bauanlage, die über das engumschriebene Maß hinausgeht, also auch die Wahl einer größeren, als der unbedingt genügenden Spurweite kann die Bauwürdigkeit der Bahn in Frage stellen und die Ausführung unmöglich machen. In jedem Falle wäre also wohl zu erwägen, ob die Vorteile der Spurgleichheit auch der Größe der volkswirtschaftlichen Opfer, die einzelne Interessenten bringen müssen,

das Gleichgewicht halten. Diese Opfer werden um so bescheidener, und sie werden um so leichter zu ertragen sein, je kleiner die einheitliche Spur gewählt wird, weil unter Umständen den Bedürfnissen, die eine größere Spur wünschenswert erscheinen lassen, auch mit einer kleineren Spur genügt werden kann.

Bei solcher Auffassung läßt sich gegen ein Standmaß der Schmalspur von 75 cm — wie z. B. in Sachsen — kaum ein schwerwiegendes Bedenken erheben, namentlich wenn das Gebiet seiner Anwendung räumlich minder ausgedehnt ist und die technischen und wirtschaftlichen Verhältnisse im allgemeinen weniger verschiedene sind. Kaum zweckmäßig wäre es, die Meterspur zur Standschmalspur zu erheben, weil sie für viele Bedürfnisse doch zu groß ist. In Frankreich macht sich gegen eine Vereinheitlichung derselben auch bereits lebhafter Widerspruch geltend und man wendet sich, wie schon angedeutet, vielfach der Spurweite von 60 cm zu.

Die Spurweitenfrage steht gegenwärtig in lebhafter Erörterung. Es wird derselben am Schlusse der Betrachtungen über den Bau und die Fahrbetriebsmittel der Schmalspurbahnen näher getreten werden, da sich nur bei genauer Kenntnis des Einflusses der Spurweite auf die Baukosten und Betriebskosten, sowie auf die Leistungsfähigkeit einer Bahn über die Eignung der verschiedenen Spurweite für verschiedene Zwecke und Bedürfnisse sachgemäß urteilen läßt.

Zweiter Abschnitt.

Linienführung der Schmalspurbahnen.

§ 5. Einfluſs der Spurweite auf die Linienführung. Kleinster Krümmungshalbmesser. — Nach den Erörterungen im II. Kapitel ist die Spurweite von nicht unerheblichem Einflusse auf den Krümmungswiderstand. Wenn ein Größtwert für letzteren aus Betriebsrücksichten als zulässig erklärt wird, so kann der Mindestwert für den Bogenhalbmesser um so kleiner angenommen werden, je kleiner die Spurweite ist. Von den im II. Kapitel erwähnten Formeln berücksichtigt nur jene von Redtenbacher den Einfluß der Spurweite, während die anderen Formeln, aus Versuchen auf Hauptbahnen gewonnen, eben nur für die Vollspur Geltung besitzen.

Nach Redtenbacher ist der Krümmungswiderstand

$$w_r = 1{,}162\ \mu\ \frac{l+s}{2r} \tag{1}$$

Hierin bezeichnet μ die Reibungsziffer, die je nach der Fahrgeschwindigkeit zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{7}$ liegt, s die Spurweite, l den Radstand der Fahrzeuge, r den Bogenhalbmesser. Für eine Spurweite s_1, den Radstand l_1 und den Bogenhalbmesser r_1 wäre

$$w_r' = 1{,}162\ \mu\ \frac{l_1+s_1}{2r_1}$$

und mithin gilt

$$\frac{r}{r_1} = \frac{l+s}{l_1+s_1} \tag{2}$$

Diese Formel zeigt den großen Einfluß des Radstandes im Vergleiche zu der verhältnismäßig kleinen Spurweite.

Auf Hauptbahnen bietet die Anwendung der Formel Redtenbacher's, abgesehen von dem Umstande, daß ihre Ergebnisse mit den Versuchen nicht hinreichend übereinstimmen, besondere Schwierigkeiten wegen der Verschiedenheit der Radstände; bei Schmalspurbahnen entfällt dieses Bedenken mehr oder weniger, weil auf diesen Bahnen in der Regel nur die eigenen Fahrbetriebsmittel verkehren und daher in den einflußnehmenden Radständen geringere Unterschiede bestehen. Es ist deshalb auch möglich, die Spurerweiterung den kleinsten Radständen genauer anzupassen, wodurch der Widerstand in den Bögen an und für sich ein geringerer wird.

Nach den theoretischen Untersuchungen Boedecker's[2]) bleibt der Krümmungswiderstand unverändert, wenn in gleichem Verhältnisse mit der Spurweite auch der Radstand, der Raddurchmesser, der Spielraum im Gleise und der Krümmungshalbmesser des Bogens abnehmen. Wenn man nun auch den Raddurchmesser mit der

---

[2]) Boedecker, Die Wirkungen zwischen Rad und Schiene. Hannover 1887.

Verminderung der Spurweite nicht gleichmäßig verkleinert, so kann doch in Berücksichtigung des unerheblichen Einflusses des Raddurchmessers auf die Größe des Krümmungswiderstandes bei gleichmäßiger Verkleinerung des Radstandes mit der Spurweite angenommen werden, daß ein Bogen von 50 m Halbmesser bei 0,75 m Spur oder von 70 m Halbmesser bei 1,0 m Spur keinen größeren Widerstand bietet, als ein Bogen von 100 m Halbmesser bei der Vollspur. Von diesen, auf praktischen Erfahrungen beruhenden Annahmen ausgehend, setzt Launhardt[3]) den Krümmungswiderstand in kg/t allgemein

$$w_r = \frac{0{,}7\,s}{r} \tag{3}$$

und erhält annähernd genau

für $s = 1435$ mm, 1000 mm, 750 mm, 600 mm,

$$w_r = \frac{1000}{r_1} \quad \frac{700}{r_2} \quad \frac{500}{r_3} \quad \frac{400}{r_4}$$

also bei Zulässigkeit eines größten Halbmessers von $r_1 = 100$ für die Vollspur, entsprechend $r_2 = 70$ m, $r_3 = 50$ m und $r_4 = 40$ m.

In Bezug auf diese Formel und überhaupt auf alle ähnlich gebildeten Formeln bemerkt Goering[4]) ganz zutreffend, daß der Krümmungswiderstand bei kleineren Halbmessern sehr rasch zunimmt und sich schon bei einem gewissen endlichen Halbmesser dem Werte „unendlich" nähert. Die Form für die Gleichung des Krümmungswiderstandes muß also sein:

$$w = \frac{k}{r - r_0}, \tag{4}$$

worin r_0 jenen Halbmesser bezeichnet, für den der Widerstand unendlich groß wird. Launhardt's Formel würde hiernach nur für größere Halbmesser annähernd richtige Werte geben.

Goering stellt, diesen Darlegungen Rechnung tragend, folgende Zahlenformeln auf[5]):

$$\text{für } s = 1{,}00 \text{ m}, \quad w_r = \frac{400}{r - 20}.$$

$$\text{für } s = 0{,}75 \text{ m}, \quad w_r = \frac{350}{r - 10}.$$

In diesen Formeln entspricht der jähe Sprung, den der Wert des Krümmungswiderstandes z. B. für 1 m Spur von ∞ auf 400 macht, während der Halbmesser von 20 auf 21 m wächst, wohl kaum den wirklich auftretenden Verhältnissen, während die langsame Abnahme desselben mit größer werdendem Halbmesser zu gunsten ihrer Anwendung sprechen dürfte. Für die Spurweite von 60 cm könnte die Formel $w_r = \frac{280}{r - 5}$ Anwendung finden.

Haarmann[6]) empfiehlt unter Rücksichtnahme auf die Anwendung sehr kleiner Radstände und der Lenkachsen bei den Schmalspurbahnfahrzeugen folgende Formeln:

---

[3]) Launhardt, Technische Tracierung der Eisenbahnen. Hannover 1888, Heft II.

[4]) Röll, Encyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens. Wien 1895, S. 3392.

[5]) „Hütte", 1898.

[6]) A. Haarmann, Die Kleinbahnen. Berlin 1896.

$$\text{für } s = 1{,}00, \quad w_r = \frac{400}{r - 25}$$

$$s = 0{,}75, \quad w_r = \frac{350}{r - 10}$$

$$s = 0{,}60, \quad w_r = \frac{200}{r - 5}$$

$$\text{und für } s = 1{,}435 \text{ m}, \; w_r = \frac{600}{r - 50}.$$

Dem Halbmesser $r = 100$ m bei Vollspur würde sonach entsprechen:

bei $s = 1{,}00$ m . . . $r = 60$ m
„ $s = 0{,}75$ m . . . $r = 35$ m
„ $s = 0{,}60$ m . . . $r = 20$ m.

Czygan[7]) berechnet auf Grund der theoretischen Erörterungen Boedecker's unter bestimmten Größenannahmen für den Spielraum zwischen Radflansch und Schiene (12 mm), für den Radhalbmesser (250 mm) für die Ausrundung des Schienenkopfes (7 mm) u. s. w. für die Spurweite von 0,75 m den Krümmungswiderstand zu

$$w_r = \frac{500}{r - 6};$$

hiernach würde sich für $r = 7$ ein Widerstand $w = 500$ ergeben, während Goering für diesen Halbmesser noch einen negativen Wert erhält.

Alle bisher besprochenen Zahlenformeln geben nur angenäherte Werte; es fehlt, um zu hinlänglich genauen Ergebnissen zu gelangen, an Versuchen, wie solche auf den vollspurigen Bahnen mit günstigen Ergebnissen durchgeführt wurden. Die einzigen Versuche in dieser Beziehung sind jene auf den sächsischen Schmalspurbahnen (75 cm Spurweite) bei Verwendung von Wagen mit Lenkachsen. Aus den Ergebnissen entwickelte Hoffmann die Formel

$$w_r = \frac{40l + 0{,}4r}{r}, \tag{5}$$

worin l den Radstand bezeichnet. Hierbei ist freilich zu beachten, daß es trotz der großen Verbreitung der Lenkachsen noch immer viele Schmalspurbahnen gibt, auf denen nicht durchwegs Wagen mit Lenkachsen verkehren, so daß also vorstehende Formel für solche Bahnen nicht anwendbar ist.

Nach allen diesen Erwägungen erscheint es nicht möglich, den Krümmungswiderstand in Formeln auszudrücken, die ohne weiteres zur Berechnung der Zugkraft und Betriebskosten verwendet werden können. Die angegebenen Formeln sind nur zu Vergleichen innerhalb gebräuchlicher Grenzen verwendbar. Um über die unteren Grenzen der Krümmungshalbmesser für Schmalspurbahnen Aufklärung zu erhalten, ist es notwendig, die Erfahrungen bei Schmalspurbahnen, die schon längere Zeit im Betriebe stehen, zu Rate zu ziehen.

Auf den belgischen Vicinalbahnen mit der Spurweite von 1 m und 1,067 m werden Halbmesser unter 50 m auf freiem Felde nur ausnahmsweise bei der Annäherung an Bahnhöfe, bewegliche Brücken oder sonstige Punkte, wo eine Verminderung der zulässigen größten Fahrgeschwindigkeit von 30 km/St. eintreten muß, angewendet; im Weichbilde von Ortschaften kann der Bogenhalbmesser bis auf

---

[7]) Zeitschrift für Kleinbahnen. 1897, S. 545.

30 m vermindert werden, es darf aber auch die Fahrgeschwindigkeit 10 km nicht übersteigen.

Die französischen Meterbahnen und auch die rhätische Eisenbahn ($s = 1{,}0$ m) haben in der Regel kleinste Halbmesser von 100 m und in Weichenbögen solche von 80 m; es kommen auf den ersteren aber auch Halbmesser von 40 und 30 m vor. Die piemontesischen Dampftrambahnen, die ein Netz von 160 km mit 1,10 m Spurweite umfassen und gebirgiges Gelände durchziehen, haben in freier Strecke Bögen von 50 m Halbmesser, in Bahnhöfen solche von 35 m. Die norwegischen Staatsbahnen mit 1;067 m Spurweite haben keine Halbmesser unter 173 m. Auf den deutschen Bahnen mit 1 m Spurweite finden sich Halbmesser bis herab zu 35 m, doch gilt der Halbmesser von 50 m für nicht außergewöhnliche Fälle als Grenzwert. Die „Ausführungsanweisung zu dem Gesetze über Kleinbahnen und Privatanschlußbahnen in Preußen vom 28. Juli 1892" bestimmt als kleinsten Halbmesser für die Meterspur 50 m, für die Vollspur 100 m und erklärt kleinere Halbmesser nur bei besonderer Bauart der Maschinen und Wagen für scharfe Krümmungen als zulässig.

Bei der Spurweite von 0,75 m haben die sächsischen Schmalspurbahnen die kleinsten Halbmesser mit 50 m, die österreichischen Schmalspurbahnen (0,76 m) und die Kongobahn 60 m; die genannte Ausführungsanweisung bestimmt als kleinsten Wert 40 m. Es kommen allerdings auch weit schärfere Bögen zur Anwendung, so hat die Bröhlthalbahn (0,785 m Spur) 35 m, die Linie Cessous—Trebiaux 25 m kleinsten Halbmesser. Bei den neuesten Schmalspurlinien Sachsens sind geringere Halbmesser als 100 m auf der freien Strecke im allgemeinen nicht mehr zur Anwendung gekommen, weil die scharfen Bögen einerseits einen starken Verschleiß der Schienen, anderseits größere Unterhaltungskosten und Betriebserschwernisse verursachten.

Für die Bahnen mit 60 cm Spurweite empfiehlt Tartary[8]) als kleinsten Halbmesser 30 m; mit schärferen Bögen wurden sehr ungünstige Erfahrungen gemacht; am vorteilhaftesten wäre es nach ihm, Halbmesser unter 40 m nicht anzuwenden. Diese Angaben stimmen mit den Ergebnissen der Versuche überein, welche die preußische Eisenbahnbrigade bezüglich der Anwendbarkeit der Spur von 60 cm für Militärbahnen durchgeführt hat; es ergab sich hierbei, daß schärfere Krümmungen verwickelte Bauarten der Lokomotiven bedingen und deren Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, indem die überhaupt noch zulässigen Radstände in den Bögen zu starke Reibung verursachen. Auf der Bahn von Pithiviers nach Toury, ebenso auf der Wallücke-Bahn, die Hügel- und Gebirgsland durchzieht, ist der kleinste Halbmesser 50 m; auf den Kleinbahnen im Kreise Znin wurde nur bei wenigen Bögen ein kleinerer Halbmesser — bis 30 m herab — angewandt. Die wiederholt erwähnte „Ausführungsanweisung" setzt als kleinsten Halbmesser 30 m fest.

Die Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokalbahnen erklären für 1 m Spur 50 m, für 0,75 m Spur 40 m und für 60 cm Spur 25 m als kleinste Halbmesser, gestatten aber bei geeigneter Bauart der Fahrbetriebsmittel auch unter diese Grenzwerte herabzugehen. In annähernder Übereinstimmung hiermit bezeichnet Haarmann („Die Kleinbahnen") 50, 30 und 20 m als noch zulässige kleinste Halbmesser, obwohl er auch empfiehlt, wenn möglich nicht unter 60 m, bezw. 40 und 30 m zu gehen. Nach den praktischen Erfahrungen dürften für die

---

[8]) R. Tartary, Construction et exploitation des chemin de fer à voie de 0,60 m, Paris 1891.

drei genannten oder für ihnen sehr nahe kommende Spurweiten die Halbmesser von 75 m, beziehungsweise 50 und 30 m als jene untersten Grenzwerte erscheinen, deren Überschreitung nur ausnahmsweise unter dem Zwange örtlicher Verhältnisse stattfinden sollte. Bei Pferdebahnen, auch bei elektrischen Bahnen, wo die aus der Bauart der Lokomotive herrührenden ungünstigen Einflüsse auf den ruhigen Gang der letzteren und auf das Gleis nicht bestehen, können die Bögen, namentlich bei Anwendung von Drehgestellen mit sehr kleinen Radständen oder Lenkachsen, mit wesentlich kleineren Halbmesser ausgeführt werden; die erwähnten Versuche der preußischen Eisenbahnbrigade zeigten, daß bei 60 cm Spurweite Bögen mit 10 m Halbmesser von Wagen mit 70 cm Radstand und 45 cm Raddurchmesser anstandslos durchfahren wurden. Zezula bemerkt in seinem Buche: „Im Bereiche der Schmalspur", es sei durch zahlreiche, im Betriebe stehende Schmalspurbahnen bewiesen, daß die Spurweite von 1,00 m noch die anstandslose Anwendung von Bögen bis zu 30 m, die 60 cm Spur aber noch solche von 19 m Halbmesser gestatte. „So besitzen die mit 1,00 m Spur angelegten Eisenbahnen Genève—Veyrier und Rawensburg-Weingarten je 44, die Straßburger Straßenbahn 42, die Birsigthalbahn und die Mannheim-Weinheim-Heidelberger Lokalbahn je 40, die Walhallabahn 37 m, die Eisenbahn Frauenfeld-Wyl und die Voies étroites Genève je 35, die Appenzeller Straßenbahn, die Mainzer Lokalbahn, die Darmstädter und die Wiesbaden-Biebricher Straßenbahnen je 30 m Halbmesser, während bei der Himalaya-Bahn (61 cm Spur) Bögen von 21 m, bei den Breslauer Schmalspurbahnen mit 60 cm Spur aber noch Halbmesser von 19 m zur Anwendung gelangt sind." Es muß ausdrücklich davor gewarnt werden, außergewöhnlich scharfe Bögen, zu deren Anwendung in einzelnen Fällen örtliche Verhältnisse nötigten, als allgemein zulässig anzusehen. Man wird vielleicht an Baukosten sparen, indem man mit sehr kleinen Halbmessern arbeitet, man wird die Bögen auch „anstandslos" durchfahren, aber die Erhaltungskosten des Oberbaues und der Radreifen der Fahrbetriebsmittel werden zweifellos durch solche unzutreffende Anlagen wesentlich gesteigert.

§ 6. Einflufs der Spurweite auf die Steigungsverhältnisse. Wie in der I. Abt., II. Kap. 5. Abschn., § 32 ausgeführt wurde, gilt für die maßgebende Steigung einer Betriebsstrecke, d. i. für die größte, in der Geraden vorkommende Steigung, die Formel

$$\max \varphi = \omega - \omega_g$$

worin φ den Neigungswinkel der Bahn gegen die Wagrechte, ω die Kraft in Tonnen, die zur Fortbewegung einer Tonne Zuggewicht auf geneigter Bahn erforderlich ist, und ω_g den Widerstand des Zuges auf gerader und wagrechter Bahn bezeichnen. Wenn M das Gewicht der Lokomotive und T das Gewicht des Wagenzuges (in Tonnen) darstellt, so ist die erforderliche Zugkraft der Lokomotive

$$Z = \omega\,(M + T) \text{ in Tonnen.}$$

Das Gewicht der Lokomotive wird für vollspurige Nebenbahnen und Schmalspurbahnen, bei der Annahme, daß die erforderliche Zugkraft in beiden Fällen gleich groß ist, im allgemeinen ebenfalls gleich sein; es ist $M = \alpha Z$, wobei α im Durchschnitte zu 7 angenommen werden kann, wenn Z und M in Tonnen ausgedrückt sind und das ganze Gewicht der Lokomotive (M) auf den Treibachsen lastet. Anders gestalten sich die Verhältnisse bezüglich des Gewichtes der Wagen. Es ist

Thatsache, daß bei den Schmalspurbahnen das Verhältnis des Eigengewichtes der Wagen zur Nutzlast günstiger ist, als bei den Vollspurbahnen, daß also bei gleicher Nutzlast das Gewicht des Schmalspurbahnzuges kleiner ist als jenes des Vollspurbahnzuges. Die Ursache liegt in der gewöhnlich an und für sich leichteren Ausführung der Wagen und namentlich in der besseren Ausnutzung derselben[9]).

Nach Martin[10]) kann durch eine richtige Verwendung der Betriebsmittel bei der Einmeterspur eine Verminderung des toten Gewichtes gegenüber der Vollspur um durchschnittlich 20 v. H. erreicht werden. Glünder[11]) berechnet die Mehrleistung der Nutzlast bei der Einmeterspur bei Beförderung der meisten einer Bahn übergebenen Güter, wie: Kohlen, Steine, Holz, Eisen, Getreide u. s. w. im Hinblick auf das mitzuführende geringe tote Gewicht mit 35 v. H. bei gleichem Gesamtgewicht des voll- und schmalspurigen Zuges; bei Viehbeförderungen beträgt die Mehrleistung der Schmalspurbahn 30 v. H. gegen jene der Vollspur. A. Wendland[12]) tritt den Ausführungen Glünder's entgegen und gelangt zu der Schlußfolgerung, daß die Mehrleistung der Einmeterspur nur $12^1/_2$ v. H. beträgt. Martin's Angabe liegt sonach in der Mitte zwischen Glünder's und Wendland's Berechnungen und dürfte auch das Richtige treffen.

Auf der mit 75 cm Spurweite erbauten Linie Klotzsche-Königsbrück, die später in eine vollspurige Bahn umgebaut wurde, ergab sich, daß bei voller Belastung der Personenwagen das Verhältnis der Nutzlast zur toten Last 1 : 1,87 bei der Schmalspurbahn, 1 : 3,60 bei der Vollspurbahn beträgt; bei Vollbelastung der Güterwagen ist das Verhältnis 1 : 0,47 beziehungsweise 1 : 0,6; im ersteren Falle ergiebt sich eine Verminderung der toten Last um nahezu 50 v. H., im letzeren Falle um nahezu 22 v. H. Der Einfluß der ersteren kommt natürlich nicht voll zur Geltung, da die Züge in der Regel gemischte sind; es wird sich in jedem Falle darum handeln, ob die Züge mehr Güterwagen als Personenwagen führen oder umgekehrt; auch tritt — was nochmals betont werden soll — der fragliche Einfluß um so mehr zurück, je geringer die Ausnutzung der Tragfähigkeit der Lastwagen ist.

Es wird sonach bei einer gegebenen Leistung in Personenverkehr und Güterbeförderung das Gewicht des Wagenzuges (T) bei schmalspuriger Anlage kleiner sein, als bei vollspuriger Anlage. Da sonach die Gesamtlast ($M+T$) bei der Schmalspur für die gleiche Nutzlast kleiner ist, als bei der Vollspur, so kann auch bei gleicher Zugkraft der Lokomotive und bei deren voller Ausnutzung der Gesamtwiderstand bei der Schmalspur größer sein, als bei der Vollspur und es hängt die Größe max φ mithin von der Größe des Subtrahenden ω_g ab. Es ist nämlich

$$\omega_{(\text{Vollsp.})} = \frac{Z}{M+T_1},\ \omega_{(\text{Schm.})} = \frac{Z}{M+T_2};\quad M+T_1 > M+T_2, \text{ sohin } \omega_{(\text{Vollsp.})} < \omega_{(\text{Schmalsp.})}.$$

Wäre ω_g für Voll- und Schmalspur gleich, so würde max φ für die Schmalspur größer werden, als für die Vollspur. Für die genaue Ermittelung der Größe ω_g

---

9) Vgl. Ledig und Ulbricht, Die schmalspurigen Staatseisenbahnen im Königreich Sachsen.

10) Vergleichende Studie zwischen der Normalspur und der Spurweite von 1 m. Von Martin. Aus dem Französischen übersetzt von Civilingenieur E. A. Ziffer (Mitteilungen des Vereins für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens in Österreich. 1898 und 1899).

11) „Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen.“ 1897, Nr. 15.

12) „Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen.“ 1897, Nr. 23.

— des Widerstandes in gerader Bahn — fehlt es bisher an geeigneten Versuchsergebnissen, mit deren Hilfe allein die Feststellung des Abhängigkeitsverhältnisses zwischen ω_g, der Spurweite, der Fahrgeschwindigkeit u. s. w. möglich wäre. Czygan hat in der obenerwähnten Arbeit versucht, die Frage an der Hand der von A. Frank auf Grund eingehender Versuche entwickelten, für Vollspurbahnen giltigen Formeln[13]) auch für Bahnen von 75 cm zu lösen, muß aber doch hierbei gewisse Annahmen und Voraussetzungen machen, die dem Ergebnisse nur einen bedingten Wert zukommen lassen. Haarmann giebt in seinem wiederholt erwähnten Werke folgende Formeln für den Zugwiderstand in gerader Bahn an:

Spurweite	w_g Lokomotive	w_g Wagen
1,435 m	$4\sqrt{n} + 0{,}0020\,v^2$	$1{,}5 + 0{,}0010\,v^2$
1,000 m	$4\sqrt{n} + 0{,}0025\,v^2$	$1{,}7 + 0{,}0013\,v^2$
0,750 m	$4\sqrt{n} + 0{,}0030\,v^2$	$2{,}0 + 0{,}0015\,v^2$
0,600 m	$4\sqrt{n} + 0{,}0035\,v^2$	$2{,}2 + 0{,}0017\,v^2$

Hierin bedeuten:

v die Geschwindigkeit in km/Stunde,

n die Anzahl der steif gekuppelten Treibachsen der Lokomotiven.

Nach den „Grundzügen für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen“ darf in der Regel die Fahrgeschwindigkeit von 30 km in der Stunde an keinem Punkte der Bahn überschritten werden. Gewöhnlich liegt sie zwischen 15 und 25 km. Es ist nun für Lokomotiven mit drei gekuppelten Achsen

s	für $v = 10$ km	20 km	30 km
		w_g	
1,435	7,12 kg/t	7,72 kg/t	8,72 kg/t
1,000	7,17 „	7,92 „	9,27 „
0,750	7,22 „	8,12 „	9,62 „
0,600	7,27 „	8,32 „	10,07 „

für die Wagen ergiebt sich:

s	für $v = 10$ km	20 km	30 km
		w_g	
1,435	1,60	1,90	2,40
1,000	1,83	2,22	2,87
0,750	2,15	2,60	3,35
0,600	2,37	2,88	3,73

Man sieht, daß der Widerstand bei Lokomotiven und Wagen mit abnehmender Spurweite wächst, daß aber die Zunahme desselben um so kleiner wird, je geringer die Fahrgeschwindigkeit ist. Die Zunahme des Widerstandes mit abnehmender Spurweite ist eine Folge der Zusammensetzung dieses Widerstandes aus verschiedenen Einzelwiderständen (vgl. II. Kap. § 28, I). Der Widerstand der rollenden Reibung und der Zapfenreibung, ausgedrückt durch die von v unabhängige Größe, ist bei den Schmalspurbahnen wegen der im allgemeinen niedrigeren Räder und

[13]) Der Widerstand der Lokomotiven und Eisenbahnzüge, der Wasser- und Kohlenverbrauch, sowie der Effekt der Lokomotiven. Wiesbaden 1886.

schwächeren Achsschenkel größer; auch der Luftwiderstand, der mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, wird größer, weil in dem Ausdrucke $\lambda \frac{F}{T} v^2$ die Größe T (Zuggewicht) mit der kleiner werdenden Spurweite rascher abnimmt als die in Betracht kommende Stirnfläche F.

Wie wir gesehen haben, wächst ω bei Abnahme der Spurweite; es wächst aber auch ω_g und es läßt sich sonach nicht von vornherein ganz allgemein sagen, ob eine schmalspurige Bahn eine größere maßgebende Steigung erlaubt, als eine vollspurige; dies muß in jedem einzelnen Falle untersucht werden.

Beispiel. Die Züge einer Kleinbahn seien aus einer dreiachsigen Lokomotive von 18 t Reibungsgewicht, vier Personenwagen mit je 25 Plätzen und vier Güterwagen von je 10 t Tragfähigkeit zusammengesetzt. Auf vollspuriger Bahn würde das Gewicht eines solchen Zuges — leer — betragen

$$M + T_1 = 18 + 4 \times 25 \times 0{,}230 + 4 \times 5{,}5 = 63 \text{ t},$$

wobei das Gewicht eines Personenwagens mit 230 kg für einen Platz angenommen wurde.

Auf schmalspuriger Bahn (0,75 m) ist:

$$M + T_2 = 18 + 4 \times 25 \times 0{,}180 + 4 \times 4{,}7 = 55 \text{ t}.$$

Die Zugkraft der Lokomotive beträgt im Durchschnitt $\frac{18 \text{ t}}{7} = 2570$ kg. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/St. ist sonach

$$\text{für die Vollspur } \max \varphi_v = \frac{2{,}570}{63} - 0{,}0042 \text{ (Mittelwert)} = 0{,}037$$

$$\text{für die Schmalspur } \max \varphi_s = \frac{2{,}570}{55} - 0{,}0053 \text{ (Mittelwert)} = 0{,}041;$$

bei vollbesetzten Personenwagen und voller Ausnutzung der Güterwagen ergiebt sich

$$\max \varphi_v = \frac{2{,}57}{111} - 0{,}0034 = 0{,}0198$$

$$\max \varphi_s = \frac{2{,}57}{102} - 0{,}00276 = 0{,}0224.$$

Bei gleicher Leistungsfähigkeit der Lokomotive und gleicher Leistungsfähigkeit der Wagen wäre im vorliegenden Falle sonach auf der Bahn mit 0,75 m Spur eine maßgebende Steigung von 22 v. T. gegenüber einer solchen von 20 v. T. auf der Vollspur zulässig.

Wird — wie dies in der Regel geschieht — auf größeren Steigungen die Fahrgeschwindigkeit ermäßigt, so werden die Widerstandsunterschiede bei schmaler und voller Spur geringer und in diesem Falle wird es unter allen Umständen möglich sein, bei schmaler Spur etwas größere Steigungen anzuwenden, als bei Vollspur; selbstverständlich bleibt die Leistungsfähigkeit des Motors stets die entscheidende Größe, über die sich der entwerfende Ingenieur in allererster Linie klar sein muß.

Es ist bisher nur die schmale Spur im allgemeinen mit der vollen Spur in Vergleich gezogen worden. Vergleicht man die verschiedenen schmalen Spurweiten, so stellt sich die Sachlage insofern anders dar, als es fraglich bleibt, ob die Abnahme des Wagengewichtes mit abnehmender Spurweite die ebenfalls mit abnehmender Spurweite erfolgende Zunahme der Größe ω_g in Bezug auf den Wert $\max \varphi$ zum Ausgleich bringt. Man darf wohl annehmen, daß sich die kleinere Schmalspur der größeren gegenüber etwas ungünstiger verhält. Darüber kann nur im gegebenen Falle entschieden werden. Jedenfalls aber ist klar, daß die Größe der Steigung

wesentlich von der Bauart der Wagen abhängig ist und daß es notwendig erscheint, die Wagen so leicht als möglich und mit geringstem Bewegungswiderstand zu bauen.

Die Grenze der unschädlichen Steigungen liegt bekanntlich bei $\varphi = w_g$; da nun, wie eben erörtert wurde, im allgemeinen w_g bei Schmalspurbahnen größer ist als bei Vollspurbahnen, so sind bei ersteren auch größere Steigungen unschädlich — ein Umstand, der die Anpassungsfähigkeit der Schmalspurbahnen an das Gelände wesentlich erhöht.

In Krümmungen muß getrachtet werden, das Maß der Steigung und die Größe des Krümmungswiderstandes w_ϱ zu vermindern. Letzterer nimmt mit der Verminderung der Spurweite ab, so daß also bei kleinerer Spur auch in den Krümmungen größere Steigungen, oder auf größere Steigungen schärfere Bögen angewandt werden können, ohne daß hierdurch die Leistungsfähigkeit der Bahn vermindert würde.

In der Ausführung kommen Steigungen bis zu 50 v. T. vor (Cessous-Trebiaux-Vernarède 0,766 m Spurweite; Rešica-Szecul-Bogsan 0,95 m Spurweite, die Taltalbahn in Chile 1,067 m Spurweite); Yverdon-St. Croix mit 1,00 m Spurweite hat Steigungen von 44 v. T., die rhätische Bahn von gleicher Spur auf 8300 m Länge eine Steigung von 45 v. T.; Steigungen von 40 v. T. (Colorado-Zentralbahn, Tavaux-Ponthéricourt, piemontesische Dampftrambahnen) sind nicht selten. Auf den belgischen Vicinalbahnen erscheint als Grenze der Steigung 30 v. T. angenommen, auch für bedeutend lange Rampen; unter besonderen Verhältnissen hat man größere Steigungen, selbst bis zu 60 v. T. angewendet, doch werden diese nur als Ausnahmezustände betrachtet, die man — namentlich beim Durchqueren verbauter Ansiedlungen — eben nicht umgehen kann. Bei der Kongobahn hatte man 49, später 40 v. T. als größte Steigung festgesetzt. Bei den schmalspurigen Bahnen Sachsens beträgt die stärkste Steigung 1 : 30, bei den bosnisch-herzegowinischen Bahnen 25 v. T. (auf den Reibungsstrecken). Die Vicinalbahn von Pithiviers nach Toury (60 cm) besitzt bei der Ausfahrt aus dem Bahnhofe Pithiviers auf eine Länge von 117,30 m eine Steigung von 23,6 v. T., sonst vornehmlich Steigungen unter 10 v. T. Auf der Taltalbahn mußten aus betriebstechnischen Rücksichten die Steigungen von 47 v. T. auf 30 v. T. ermäßigt werden. Die als Hauptbahn ausgeführte und betriebene Gebirgsbahn Fukushina-Yonezawa (Japan) besitzt Steigungen von 1 : 30. Haarmann giebt als Grenzwerte für die Steigungen bei 1,00 m Spur 1 : 40, bei 0,75 m Spur 1 : 35 und bei 0,60 m Spur 1 : 30 an; nur ausnahmsweise hält er beziehungsweise 1 : 30, 1 : 25 und 1 : 25 noch für zulässig. Die größte Steigung der Wallückebahn beträgt 1 : 31. — Im Hinblick auf die Erschwernisse und die Verteuerung des Betriebes durch große Steigungen — gleichgiltig, ob eine Bahn voll- oder schmalspurig ist — wird es immer angezeigt sein, außergewöhnlich starke Steigungen nur in zwingendsten Fällen anzuwenden und jeweilig zu erwägen, ob solche überhaupt zweckmäßig sind, oder ob eine längere Entwicklung der Linie ihnen vorzuziehen ist. Wir halten 30 v. T. für die praktisch empfehlenswerte Grenze.

§ 7. Schmiegsamkeit der Schmalspur. — Die vorstehenden Betrachtungen zeigen, daß die schmale Spur im Vergleich mit der Vollspur schärfere Krümmungen und im allgemeinen auch etwas größere Steigungen gestattet, ohne daß hierdurch die Leistungsfähigkeit der Bahn beeinträchigt wird. Infolgedessen wird auch der Rauminhalt der Erdarbeiten verringert, die Anzahl und Bedeutung der Kunstbauten vermindert und in vielen Fällen, wo es bei Vollspur nicht zulässig ist, die Benutzung

steilerer und schärfer gekrümmter Straßenstrecken ermöglicht. Die Anpassung im Grundrisse ist viel bedeutender, als jene in lotrechter Ebene (Längenprofile). Es sind daher auch die Vorteile, die aus der Anwendbarkeit kleinerer Bogenhalbmesser sich ergeben, weitaus überwiegend. Auch wird sich gewöhnlich mehr Veranlassung zur Anwendung scharfer Bögen, als steiler Rampen bieten. Unzulässig ist es, bei Erörterung der Ersparnisse, die durch die schmale Spur gegenüber der Vollspur erzielt werden, für beide eine gemeinsame Achse (Trace) anzunehmen. Die Achse einer gut entworfenen vollspurigen Bahn wird immer eine andere sein, als jene einer zweckmäßig angelegten Schmalspurbahn.

Die große Anpassungsfähigkeit der Schmalspur an das Gelände erhellt aus folgenden Angaben über die sächsischen Staatsbahnen[14]).

Von der Länge sämtlicher in Krümmungen liegenden Staatseisenbahnstrecken befinden sich

in Bögen mit Halbmessern	bei Vollspur	bei Schmalspur
von 3000 m und darüber	1,48 v. H.	0,09 v. H.
„ weniger als 3000 m bis einschl. 2000 m . . .	2,06 „ „	0,48 „ „
„ „ „ 2000 „ „ „ 1500 „ . . .	3,59 „ „	— „ „
„ „ „ 1500 „ „ „ 1000 „ . . .	11,92 „ „	1,50 „ „
„ „ „ 1000 „ „ „ 500 „ . . .	28,42 „ „	8,11 „ „
„ „ „ 500 „ „ „ 400 „ . . .	14,60 „ „	3,34 „ „
„ „ „ 400 „ „ „ 300 „ . . .	20,32 „ „	8,25 „ „
„ „ „ 300 „	17,61 „ „	78,23 „ „

Von der Gesamtlänge der Bahnen liegen

in Steigungen	bei Vollspur	bei Schmalspur
im Verhältnis von 1 : 1000 und darunter	5,11 v. H.	0,85 v. H.
„ „ „ mehr als 1 : 1000 bis einschl. 1 : 400	7,84 „ „	5,80 „ „
„ „ „ „ „ 1 : 400 „ „ 1 : 200	18,41 „ „	10,34 „ „
„ „ „ „ „ 1 : 200 „ „ 1 : 100	40,73 „ „	20,02 „ „
„ „ „ „ „ 1 : 100 „ „ 1 : 80	12,09 „ „	6,98 „ „
„ „ „ „ „ 1 : 80 „ „ 1 : 60	8,12 „ „	24,44 „ „
„ „ „ „ „ 1 : 60 „ „ 1 : 40	7,54 „ „	25,11 „ „
„ „ „ „ „ 1 : 40 „	0,16 „ „	5,46 „ „

Als wichtigstes Ergebnis bezüglich der durch die vorstehenden Angaben gekennzeichneten Schmiegsamkeit der Schmalspur ist anzuführen, daß von sämtlichen Bahnen

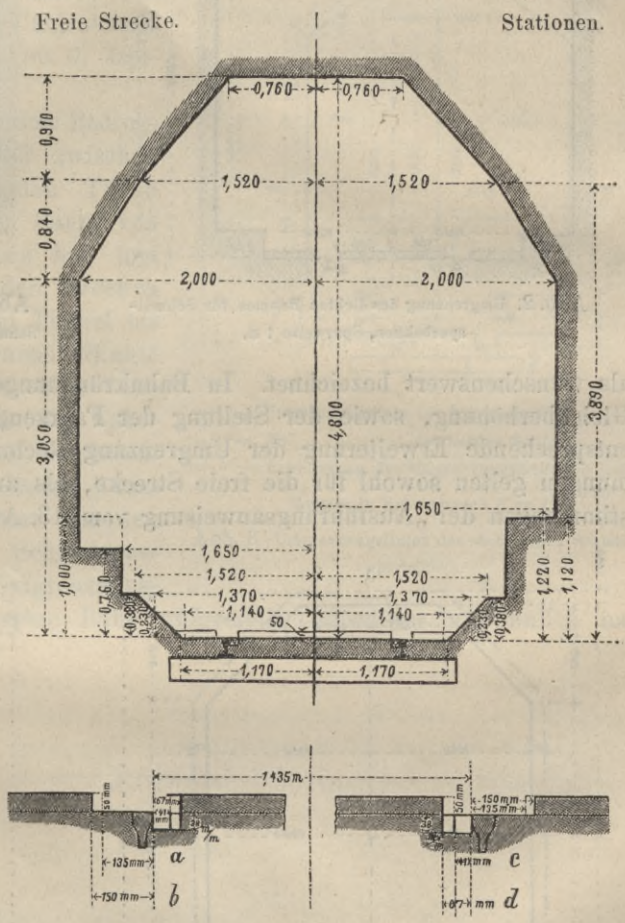
	bei Vollspur	bei Schmalspur
im Auftrag.	56,62 v. H.	55,54 v. H.
im Abtrag	35,07 „ „	26,23 „ „
in Geländehöhe. .	8,31 „ „	18,23 „ „

liegen. Die Wallückebahn (60 cm Spurweite) besitzt nur an einer einzigen Stelle im ganzen Verlauf der über 10 km langen Strecke eine Brücke mit zwei Öffnungen von 4,60 m lichter Weite, was lediglich der Wahl einer so kleinen Spurweite und der dadurch bedingten Anschmiegbarkeit an das Gelände zu verdanken ist.

---

[14]) Ledig u. Ulbricht, Die schmalspurigen Staatseisenbahnen im Königreich Sachsen. Leipzig 1895.

Zu besonderer Geltung gelangt die Schmiegsamkeit der Schmalspur bei der Führung der Bahnlinie durch Ortschaften und Städte. Für Straßenbahnen in Städten ist die Schmalspur allein am Platz, weil hier scharfe Bögen ganz unvermeidlich sind und sonach durch die Vollspur unnötigerweise die Erhaltungskosten des Oberbaues erhöht werden und der Betrieb erschwert wird. Bemerkenswerte Beispiele für die große Schmiegsamkeit der Schmalspur bieten u. a. die sächsischen Schmalspurbahnen Wilkau-Saupersdorf-Witzschhaus auf ihrer Strecke durch die Stadt Kirchberg und Mosel-Ortmannsdorf, die ein mit Wohngebäuden dicht besetztes Thal durchzieht. — Je kleiner das Ausmaß der Spurweite, um so größer wird die Schmiegsamkeit des Gleises. Es ist also auch bei der Entscheidung über das Ausmaß der schmalen Spur, beziehungsweise bei der Entscheidung über Vergleichslinien mit verschiedenen schmalen Spurweiten niemals von derselben Bahnachse auszugehen; man muß vielmehr jede Linie nach allen durch die ihr zugedachte Spurweite bestimmten Eigenschaften in Erwägung ziehen. Es kann immerhin der Fall eintreten, daß in Bezug auf die Linienführung allein durch die Verminderung der Spurweite keine Vorteile erzielt werden, wie dies z. B. in weitem, flachem Gelände sehr leicht möglich ist.



a Für unbewegliche Gegenstände, deren Abstand von der Fahrschiene unveränderlich ist;
b für alle übrigen unbeweglichen Gegenstände;
c bei Zwangschienen (Mindestmaß);
d für alle übrigen unbeweglichen Gegenstände.

Abb. 1. Umgrenzung des lichten Raumes für Schmalspurbahnen mit Rollschemelverkehr.

§ 8. Querschnitt des Lichtraumes bei Schmalspurbahnen. — Nach den „Grundzügen für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen“ ist für Schmalspurbahnen, auf welchen Wagen der Haupteisenbahn mittels besonderer Fahrzeuge (Rollschemel, Rollböcke, Transporteure u. s. w.) befördert werden sollen, die in Abb. 1 dargestellte Umgrenzung des lichten Raumes in der Höhenlage von der Unterkante der Radlaufkreise des auf dem Rollschemel u. s. w. stehenden Hauptbahnwagens ab einzuhalten. Gehen keine Wagen der Vollspurbahn auf die Schmalspurbahn über, so gelten die in den Abb. 2 u. 3 dargestellten Abmessungen

als Mindestmaße, doch wird die Durchführung der für die Spurweite von 1 m empfohlenen Umgrenzung des lichten Raumes auch für die Spurweite von 750 mm

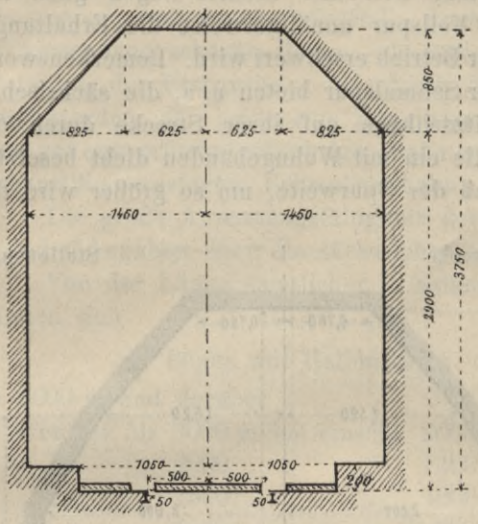


Abb. 2. Umgrenzung des lichten Raumes für Schmalspurbahnen, Spurweite 1 m.

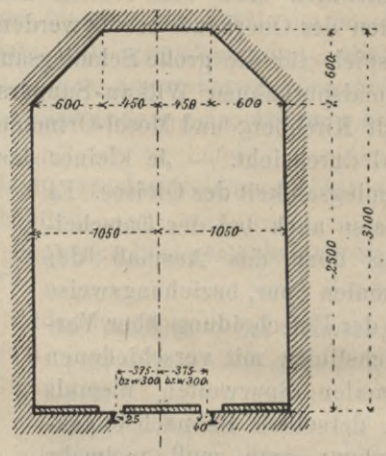


Abb. 3. Umgrenzung des lichten Raumes für Schmalspurbahnen, Spurweite 750 und 600 mm.

als wünschenswert bezeichnet. In Bahnkrümmungen ist der Spurerweiterung und Gleisüberhöhung, sowie der Stellung der Fahrzeuge, bezw. der Ladungen, durch entsprechende Erweiterung der Umgrenzung Rechnung zu tragen. Diese Bestimmungen gelten sowohl für die freie Strecke, als auch für die Stationen. Die Bestimmungen der „Ausführungsanweisung vom 13. August 1898 zu dem Gesetze über

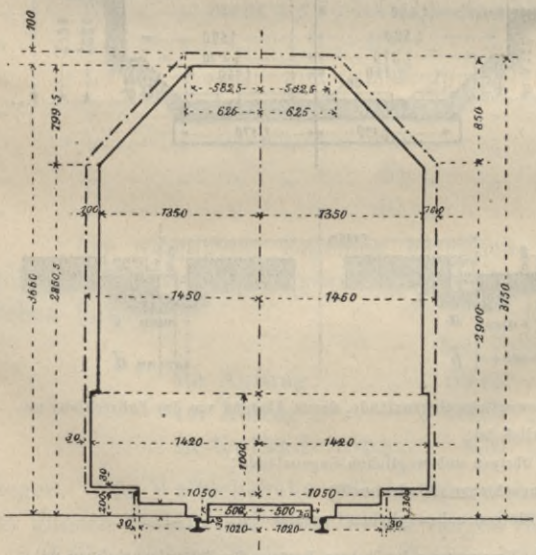


Abb. 4. Umgrenzungslinie für Lokomotive und Tender, Spurweite 1 m.

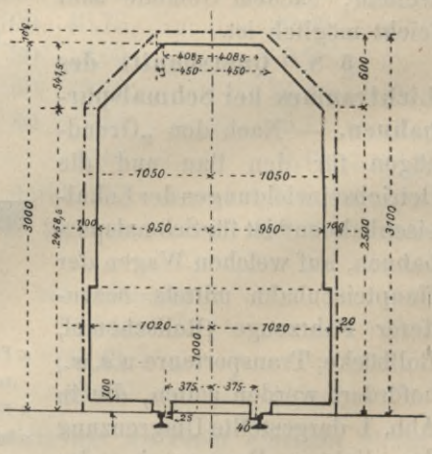
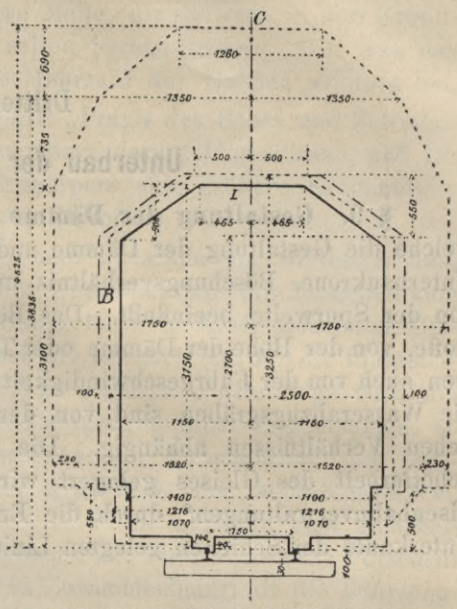


Abb. 5. Umgrenzungslinie für Lokomotive und Tender, Spurweite 750 mm.

Kleinbahnen und Privatanschlußbahnen vom 28. Juli 1892“ lehnen sich selbstverständlich an jene der „Grundzüge“ an.

Die Umgrenzungslinien für Lokomotiven und Tender sind in den Abb. 4 u. 5 dargestellt.

Bei den ersten sächsischen Schmalspurbahnen war für den Bau der Fahrbetriebsmittel ebenfalls die in Abb. 5 dargestellte Umgrenzungslinie des lichten Raumes maßgebend; diese Umgrenzung erwies sich als zu eng und wurde fast durchgängig nachträglich nach I (Abb. 6) erweitert, wobei *B* die Umgrenzung des lichten Raumes darstellt; für Linien mit Rollbockverkehr wurde aber die Umgrenzung des lichten Raumes nach *C* (Abb. 6) festgestellt.



—— *I* Umgrenzungslinie der Betriebsmittel;
- - - - - - *B C* „ des lichten Raumes;
— · — · — Erweiterung der Umgrenzungslinie des lichten Raumes in Krümmungen $C = 100 \cdot \frac{50}{R}$.

Abb. 6. Umgrenzungslinien der sächsischen Schmalspurbahnen.

In Frankreich schreibt das Bedingnisheft in der Regel vor, daß zwischen den am meisten vorspringenden Teilen von Bauten u. s. w. ein freier Raum von mindestens 0,7 m zu verbleiben hat und zwar ist dieses Maß in geraden Strecken bei Bahnüberführungen und im Tunnel bis mindestens 2 m Höhe über Schienenoberkante einzuhalten. Die freie Höhe über den Schienen ist gleich der Höhe der Fahrbetriebsmittel mehr 0,6 m zu bemessen. Der bei den Brücken freizuhaltende Raum wird von Fall zu Fall bestimmt. In den übrigen Staaten besteht für Schmalspurbahnen keine feststehende Umgrenzungslinie; sie wird für jede einzelne Bahn aufgestellt, allerdings gewöhnlich nach gleichen Grundsätzen.

Dritter Abschnitt.

Unterbau der Schmalspurbahnen.

§ 9. Gestaltung der Dämme und Einschnitte. — Von den drei Größen, welche die Gestaltung der Dämme und Einschnitte beeinflussen, nämlich Breite der Unterbaukrone, Böschungsverhältnis und Wasserabzugsgräben, wird nur die erste von der Spurweite beeinflußt. Das Böschungsverhältnis ist vornehmlich vom Baustoffe, von der Höhe der Dämme oder Tiefe der Einschnitte und schließlich bei Dämmen auch von der Fahrgeschwindigkeit und der Größe der darüber rollenden Masse, die Wasserabzugsgräben sind von der Gestaltung des Geländes und anderen örtlichen Verhältnissen abhängig. Die Kronenbreite des Erdkörpers, auf dem das Schotterbett des Gleises gelagert wird, ist im Bereiche des „Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen“ durch die Entfernung der Schnittpunkte einer durch die Unterkante der Schienen gelegten Linie mit den Böschungslinien bestimmt (Abb. 7).

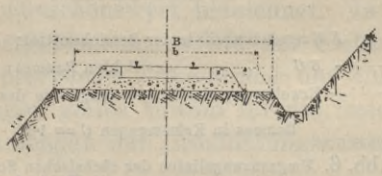


Abb. 7. Kronenbreite von Schmalspurbahnen.

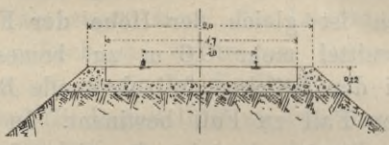


Abb. 8. Kronenbreite von Schmalspurbahnen.

Die „Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen“ schreiben im § 27 vor:

„Die Kronenbreite des Bahnkörpers ist so zu bemessen, daß die Entfernung des Schnittpunktes einer durch die Unterkante der Schienen gelegten Linie mit der Böschungslinie von der Mitte des Gleises bei Schmalspurbahnen nicht weniger als das Maß der Spurweite beträgt. (Abb. 8, 9, 10.)

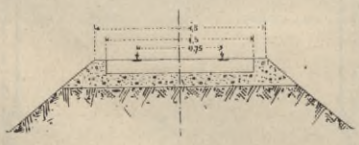


Abb. 9. Kronenbreite von Schmalspurbahnen.

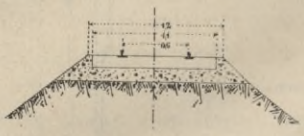


Abb. 10. Kronenbreite von Schmalspurbahnen.

In scharfen Krümmungen und auf hohen Dämmen wird eine Verbreiterung empfohlen.“

Nach § 3 dieser „Grundzüge“ soll die Bettung unter Unterkante der Schwellen bei schmalspurigen Bahnen mindestens 100 mm hinabreichen; wird die Schwellenstärke mit 130 mm angenommen, so ergibt sich bei einem Böschungsverhältnisse von 1 : 1,5 die zulässige kleinste Kronenbreite für eingleisige Bahnen zu

$B \geq 2{,}69$ m bei 1,00 m Spurweite
2,19 „ „ 0,75 „ „
1,89 „ „ 0,60 „ „

Beim Bau der Bahnen ist man auf diese Maße, die ja auch in den Grundzügen als Mindestmaße bezeichnet werden, selten herabgegangen, weil man das Unzulängliche derselben für die überwiegende Mehrzahl der Bahnen erkannt hat.

Schon M. M. v. Weber hat in seiner Schrift „Praxis des Baues und Betriebes der Sekundärbahnen mit normaler und schmaler Spur“ darauf hingewiesen, daß für gute Erhaltung der Schwellenlage und des Erdkörpers eine größere Kronenbreite erforderlich ist, als sie nach der eben erwähnten Vorschrift sich ergibt.

Nach den französischen Bedingnisheften muß zwischen der weitesten Ausladung der Fahrbetriebsmittel und der Kante der Unterbaukrone ein Zwischenraum von 0,9 m vorhanden sein. Nach der im Vereinsgebiete in Kraft stehenden Umgrenzung des lichten Raumes würde sich hiernach die Kronenbreite für die Einmeterspur zu 4,7 m, für die Spur von 0,75 m zu 3,9 m ergeben. Allerdings wird die volle Breite der Lichtraumeingrenzung von den Fahrzeugen nicht eingenommen, so daß diese Ausmaße in Wirklichkeit kleiner würden; die Kronenbreite der französischen Bahnen mit Meterspur beträgt in der Regel 4,3 oder höchstens 4,4 m. Die Bestimmung der Kronenbreite, wie der V. D. E. V. sie aufstellt, geht unmittelbar von der Spurweite aus, die wohl auch maßgebend ist; die französische Vorschrift steht mit der Spurweite nur mittelbar insofern in Zusammenhang, als die Fahrzeugbreite innerhalb gewisser Grenzen von der Spurweite abhängig ist; es scheint für ihre Annahme hauptsächlich die Rücksicht auf die Sicherheit der Bahnüberwachungsorgane und der Bahnarbeiter entscheidend gewesen zu sein, obwohl diese Rücksicht bei Bahnen minderer Bedeutung weniger ins Gewicht fällt. Es ist unbedingt zweckmäßiger, die Kronenbreite mit der Spurweite in Zusammenhang zu bringen, wie es der V. D. E. V. thut; mittelbar besteht ja hierbei doch immer ein Zusammenhang mit der Breite der Fahrzeuge, die eben auch von der Spurweite beeinflußt wird. Fairlie verlangt für die Bahnen mit 1 m Spurweite, die er allerdings als Hauptbahnen betrachtet wissen will, eine Kronenbreite von 3 m, d. i. das dreifache der Spurweite, welches Verhältnis er auch bei Vollspurbahnen als das zweckmäßigste erklärt.

Maßgebend für die Kronenbreite ist die Breite des Schotterbettes in der durch die Schienenunterkanten gelegten Ebene. Über dieses Ausmaß soll noch bei der Erörterung des Oberbaues der Schmalspurbahnen gesprochen werden. Außerdem nimmt auf die Kronenbreite der Umstand Einfluß, ob Bankette angebracht werden oder nicht. Vielfach werden solche für überflüssig gehalten und die Böschungen des Erdkörpers und des Schotterbettes in einer geraden Linie durchgeführt. Von manchen Seiten hingegen wird empfohlen, die Unterbaukrone über das Schotterbett hinausragen zu lassen, um das Abrollen des Bettungsstoffes zu vermeiden und den Bahnüberwachungsbeamten das Begehen der Strecken zu erleichtern. Diese Anschauung ist nicht unbegründet; man sollte — wenn nicht ganz besondere wirtschaftliche Rücksichten hiergegen sprechen — Bankette von 25 bis 30 cm auf Dämmen und in Einschnitten stets zur Ausführung bringen. So erhielten die ersten sächsischen Schmalspurbahnen (Spurweite gleich 0,75 m) bei einer Kronenbreite von 2,95 m keine Bankette; bei den seit 1894 erbauten Strecken wurden aber solche aus den oben

angegebenen Gründen hergestellt und es erhalten die Bahnen eine Kronenbreite von 3,45 m (Abb. 11 und 12). Bei der ersten deutsch-ostafrikanischen Eisenbahn Tanga-Muhesa (Spurweite gleich 1,00 m) sollen die Bankette, die beim Bau angelegt wurden, damit der Kleinschlag beim Abladen von den Wagen und beim Einbauen nicht über die Böschung hinunterrollt, während des Betriebes nach und nach wieder beseitigt werden, weil das vom Schotterbett herabströmende Wasser und

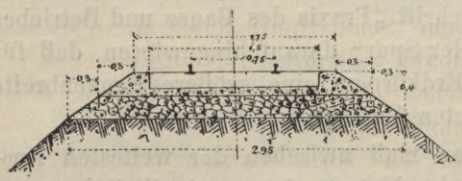


Abb. 11. Sächsische Schmalspurbahnen. Ältere Ausführung.

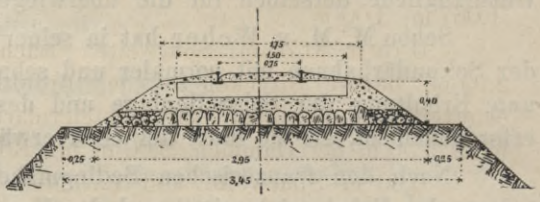


Abb. 12. Sächsische Schmalspurbahnen. Neuere Ausführung.

der Regen die Bankette ohnehin leicht zerstören und dann noch weit mißlichere Verhältnisse herbeiführen, als dies beim vollständigen Fehlen der Bankette der Fall ist. Bei der Kongobahn erhält das Schotterbett bei 350 mm Stärke unter Schwellenoberkante eine obere Breite von 1,90 m und eine untere Breite von 2,60 m; auf Dämmen haben die Bankette 45 cm, in Einschnitten 20 cm Breite. Tartary[15]) empfiehlt ebenfalls die Anwendung von Banketten zu Seiten des Schotterbettes im Ausmaße von je 40 cm (Abb. 13, 14).

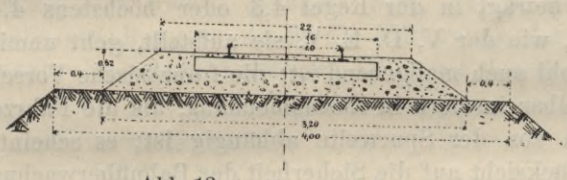


Abb. 13. Anordnung nach Tartary.

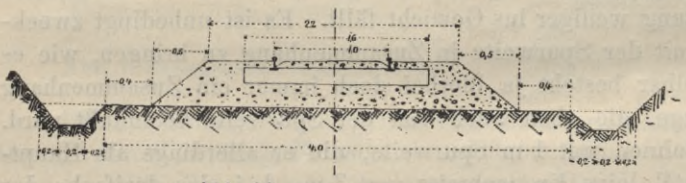


Abb. 14. Anordnung nach Tartary.

Bei größerer Höhe der Dämme — etwa über 5 m — wird häufig die Unterbaukrone erweitert. So sind z. B. bei der Schafbergbahn (Zahnradbahn mit 1 m Spurweite) die in der Krone 3,4 m breiten Dämme um $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{30}$ ihrer Höhe in der Krone erbreitert, je nachdem sie aus Erde oder Stein oder mit Steinsatz hergestellt sind. Bei den Erdeinschnitten dieser Bahn sind die Gräben 0,30 m tief und an der Sohle 0,30 m breit, bei Felseinschnitten, die 3,0 m Kronenbreite besitzen, 0,35 m breit und tief; von 5,0 m Einschnittstiefe an wird die Grabensohle um $\frac{1}{200}$ dieser Tiefe erbreitert.

Die „Grundzüge“ empfehlen auch in scharfen Krümmungen eine Verbreiterung der Kronenbreite.

Auch die Oberbauanordnung beeinflußt die Kronenbreite. Für Bahnen mit Schwellenschienengleis kann die Bettung schmäler ausgeführt werden, als für Bahnen mit Querschwellengleis. So beträgt die ideelle Kronenbreite der Wallückebahn im ersteren Falle 1,5 m, im letzteren 2,0 m.

Kronenbreiten bei bestehenden Bahnen:

---

[15]) Tartary, Constructions des chemins de fer à voie de 60 cm. Paris 1891.

1 m Spurweite: Feldabahn bei Dämmen 3,90, in Einschnitten 3,40 m; belgische Vicinalbahnen 3,50 m, Viège-Zermatt 3,60 m, Hermes-Beaumont 3,80 m, Lausanne-Echallens 3,00 m, attische Bahnen 3,00 m, Transandenbahn 3,10 m, österr. Bahnen 3,40 bis 3,50 m, Landquart-Davos 3,60 m, bei weiteren Anlagen 3,80 m, Tanga-Muhesa 3,50 m, Taviers-Embresin 4,00 m, französische Südbahn 4,00 m, corsicanische Bahnen 4,40 m, St. Georges de Commiers à la Mure 4,70 m, norwegische Bahnen (1,067 m) 3,00 m.

0,75 m (0,76 m) Spurweite: Sächsische Schmalspurbahnen ältere Strecken 2,95 m, neuere Strecken 3,45 m, Bröhlthalbahn 2,51 m, Waldeburgerbahn 2,83 m, österreichische Bahnen 3,00 m (steiermärkische Schmalspurbahnen 2,80 m), Kongobahn 3,50 m bei Dämmen, 3,00 m bei Einschnitten.

0,60 m Spurweite und darunter (Abb. 15—18): Wallückebahn 1,5 m bei Schwellenschienen, 2,0 m bei Querschwellengleis; Pithiviers-Toury 2,70 m, Decauville-Bahnen 2,50 m, Festiniogbahn (0,62 m) 3,00. Die Kleinbahn von Eaton Hall nach Balderton (0,38 m) hat 4′ engl. = 1,2192 m Kronenbreite.

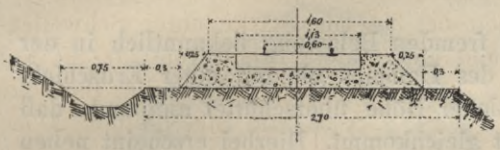


Abb. 15. Schmalspurbahn Pithiviers-Toury.

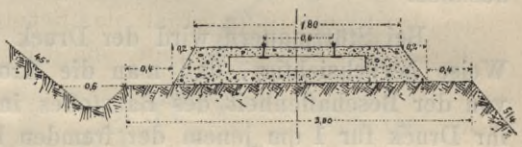


Abb. 16. Schmalspurbahn Pithiviers-Toury.

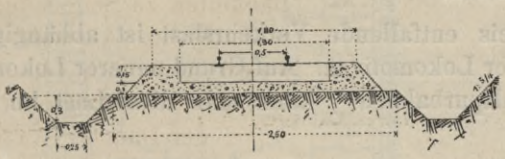


Abb. 17. Schleppbahn in Schwarzbach.

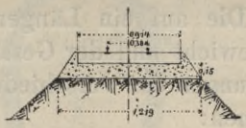


Abb. 18. Schmalspurbahn Eaton Hall-Balderton.

Haarmann (Die Kleinbahnen) empfiehlt als ideelle Kronenbreite (im Sinne der Bestimmungen des „V. D. E.-V.“) bei Querschwellen 3,0, bezw. 2,5 und 2,0 m, bei Schwellenschienen 2,5, bezw. 2,0 und 1,5 m.

Bei Einschnitten ist es immer angezeigt, alle Anordnungen zu treffen, welche notwendig sind, um das Abrollen von Erde und Steinen in die Gräben zu verhüten. Es werden daher bei tieferen Einschnitten an den Böschungen gewöhnlich Bermen von 0,5 bis 1,0 m Breite angebracht. Auf den belgischen Vizinalbahnen bedeckte man Böschungen in Lehmboden zum vorübergehenden Schutze, bis der Grassamen aufgegangen war, mit einer leichten Schicht von Asche oder Kohlenstaub, die das Wasser auf der Oberfläche ablaufen läßt und es hindert, in die Böschung einzudringen. Bei der Skagensbahn wurden die in Einschnitten bloßgelegten Sandflächen zum Schutze gegen Versandung des Bahnkörpers mit Heidekraut abgedeckt und später mit Dünenhalm bepflanzt; diese Befestigungsart hat sich vorzüglich bewährt[16].

§ 10. Kunstbauten im allgemeinen. Stützmauern. Tunnels. Der Einfluß einer geringeren Bemessung der Spurweite auf Kunstbauten, d. i. auf Mauern, Durch-

[16]) Kuhrt, Die Skagensbahn. Wiesbaden 1891.

lässe, Brücken und Tunnels ist ein mittelbarer und ein unmittelbarer. Mittelbar macht sich das Spurmaß infolge der größeren Anpassung der Bahnen mit Schmalspur an das Gelände in der Weise geltend, daß bei den genannten Bauten gewisse Ausmaße, so bei den Mauern die Höhen des aufgehenden Mauerwerks, bei Brücken über Flußläufe oder Schluchten die lichte Höhe, bei Tunnels die Längen gegenüber vollspurigen Bahnen in der Regel geringer ausfallen; allerdings werden bei schmalspurigen Bahnen Kunstbauten, namentlich aber Mauern, in der Regel häufiger vorkommen, weil die Schmalspur in enge, gewundene Thäler eindringt, wohin die Vollspur überhaupt nicht mehr geführt werden kann. Der unmittelbare Einfluß liegt in der gewöhnlich kleineren Verkehrslast und in der geringeren Breite der Unterbaukrone. Die letztere Größe ist die weitaus maßgebendere. Die Verkehrslast nimmt nicht immer mit der Spurweite ab; es wird später besprochen werden, daß auf einzelnen Bahnen mit 75 cm Spurweite Lokomotiven mit größerem Achsdrucke verkehren, als auf Bahnen mit der Meterspur; die 60 cm-Spur hat allerdings fast ausnahmslos Betriebsmittel, die auf die Kunstbauten geringere Beanspruchungen ausüben.

Bei Stützmauern wird der Druck der fremden Belastung bekanntlich in der Weise berücksichtigt, daß man die Krone des Dammes als mit einer Erdschicht von der Beschaffenheit des Baustoffes in solcher Höhe überschüttet annimmt, daß ihr Druck für 1 qm jenem der fremden Last gleichkommt. Hierbei erscheint neben dem Oberbau auch einerseits die Achsenbelastung und der Radstand der Fahrzeuge und anderseits die Spurweite von Einfluß.

Die auf ein Längenmeter Gleis entfallende Verkehrslast ist abhängig von dem Gewicht und der Gesamtlänge der Lokomotiven. Auf Grund neuerer Lokomotivanordnungen für verschiedene Schmalspurbahnen[17]) kann man diese Last im Mittel annehmen:

für 1 m Spur zu 3000 kg/m
für 0,75 m „ „ 2600 „
für 0,60 m „ „ 2000 „

Die Breite, längs der sich diese Last auf die Unterbaukrone verteilt, ergiebt sich nach der Formel

$$B = l + 2\,h_1 \operatorname{ctg} \varphi,$$

wenn l die Länge der Schwelle, h_1 die Stärke der Bettung unter der Schwelle, φ den Böschungswinkel des Schotters bedeuten; für die Annahme, daß $l = 1{,}80$ m, beziehungsweise 1,50 m und 1,30 m für die drei Spurweiten 1,00 m, 0,75 m, 0,60 m, sodann $h_1 = 200$ mm und $\varphi = 45^0$ ist, erhält man im Mittel beziehungsweise $B = 2{,}20$ m, 1,90 m und 1,70 m, wonach sich — das Gewicht für 1 cbm Hinterfüllungsstoff zu

---

[17]) Das Gewicht der dienstbereiten Lokomotive, geteilt durch die Gesamtlänge der Lokomotive, ist bei den belgischen Vizinalbahnen $\frac{15000\text{ kg}}{5{,}48} = 2664$ kg/m, bei der Walhallabahn $\frac{11540\text{ kg}}{4{,}10} = 2810$ kg/m; bei den sächsischen Schmalspurbahnen (0,75 m) $\frac{26740}{9} = 2971$ kg/m, bei den bosnischen Bahnen (0,76 m) $\frac{16000}{6{,}33} = 2528$ kg/m, bei den Decauvillebahnen (0,60 m) $\frac{11530}{5{,}5} = 2100$ kg/m, $\frac{7500}{3{,}8} = 1970$ kg/m u. s. f.

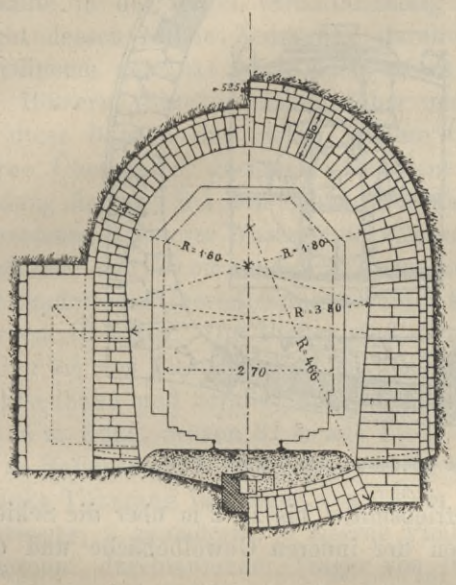
1600 kg gerechnet — die Höhe des der Verkehrslast gleichwertigen Erdkörpers zu beziehungsweise

$$h = 0{,}852 \text{ m}, \quad 0{,}855 \text{ m}, \quad 0{,}735 \text{ m}$$

ergiebt.

Im Hinblick auf die Erschütterungen durch die verkehrenden Lasten endlich kann man sonach die Verkehrsbelastungshöhe für 1 m und 0,75 m Spurweite zu 0,90 m, für 0,60 m Spurweite zu 0,80 m in Rechnung setzen. Bei Hauptbahnen und vollspurigen Nebenbahnen nimmt man diese Höhe in der Regel mit 1,0 m an — der Einfluß der Spurweite auf die Ausmaße der Stützmauern ist sonach praktisch unwesentlich; man wird unter die gebräuchlichen Ausmaße nicht herabgehen können.

Die Lichtraumumgrenzung der Tunnels ist durch die vorgeschriebene Umgrenzung des lichten Raumes überhaupt gegeben. Nach § 16 der „Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen“ hat neben dieser



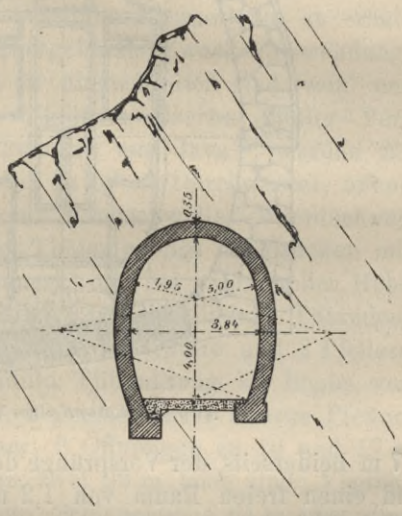


Abb. 19. Tunnel der Staatsbahn auf Sumatra. $s = 1{,}067$. Abb. 20. Tunnel der sächsischen Bahn Hainsberg-Kipsdorf.

Umgrenzung überall ein Spielraum von mindestens 200 mm zu verbleiben und in Krümmungen die etwa geänderte Lage der Umgrenzung Berücksichtigung zu finden. Auch wird die Herstellung geräumiger, in Entfernungen von etwa 50 m einander gegenüber gestellter Nischen, die zur leichteren Auffindung mit weißem Anstrich versehen werden, zur Sicherung der Arbeiter empfohlen.

Gewöhnlich sind — und nicht mit Unrecht — die lichten Ausmaße der Tunnels größer bemessen, als hiernach notwendig wäre (Abb. 19, 20, 21). Die Tunnels der Festiniogbahn sind allerdings nur 2,08 m weit und bildeten bei der Breite der älteren Personenwagen von 1,875 m geradezu Gefahrpunkte für die Reisenden und die Zugsmannschaft. Gegenwärtig wird die Lichtweite der Tunnels nirgends so eng bemessen. Auf den norwegischen Bahnen erhalten die Tunnels bei 3,3 m Durchfahrtshöhe 3,3 m Durchfahrtsbreite und 4,95 m Höhe. Die Tunnels der Salzkammergutbahn (0,76 m Spur), so z. B. der 442 m lange Tunnel bei Eibenberg, besitzen 4,1 m größte Breite in 1,75 m Höhe, 4,19 m lichte Höhe über Schienenunterkante

und 15,9 qm normale Ausbruchsfläche. Für die einmetrige Albulabahn sind die Tunnels mit einem Lichtraum von 20 qm entworfen; sie sollen in 2,75 m Höhe über Schienenoberkante 4,5 m lichte Weite und im ganzen 5,0 m, bei geringer Länge aber 4,7 m Höhe erhalten. Der 5311 m lange Gravehalstunnel der Linie Christiania-Bergen in Norwegen (1,067 m Spurweite) hat 5,9 m größte Lichthöhe und 4,6 m Lichtweite. Das Bedingnisheft in Frankreich bestimmt eine lichte Breite von

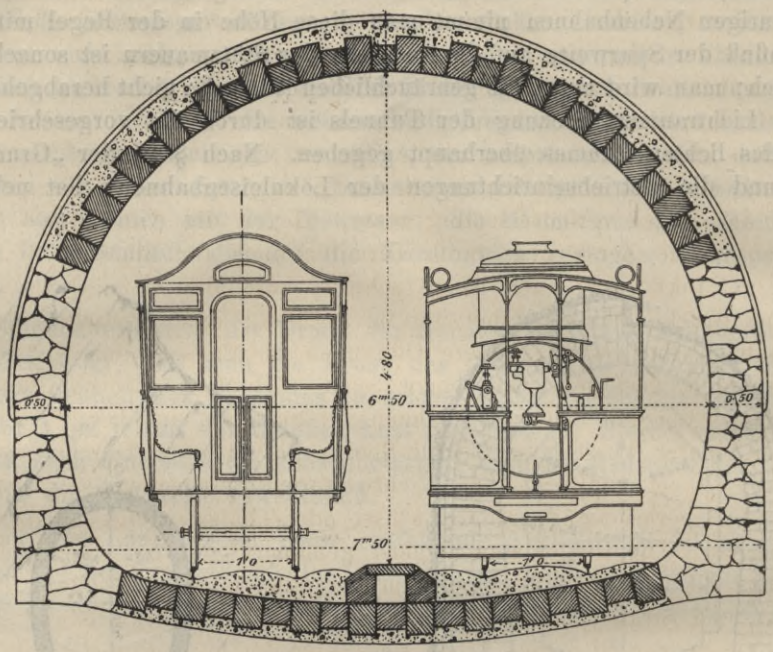


Abb. 21. Entwurf eines Tunnels für die Stadtbahn in Paris. $s = 1{,}0$ m.

0,7 m beiderseits der Vorsprünge der Fahrbetriebsmittel bis zu 2 m über die Schiene und einen freien Raum von 1,2 m zwischen der inneren Gewölbefläche und den Fahrbetriebsmitteln.

§ 11. Kunstbauten. Brücken. — Zu dem Bau von Brücken finden bei Schmalspurbahnen natürliche und künstliche Steine, Beton, Eisen und Stahl, Verbindungen von Beton und Eisen, und auch Holz Verwendung. Die wiederholt genannten „Grundzüge“ geben in § 15 einer sorgfältigen Wölbung von guten natürlichen und künstlichen Steinen oder Beton den Vorzug vor jeder anderen Bauart, „wenn nicht besondere Gründe eiserne Brücken vorteilhafter erscheinen lassen“. Bei der anzustrebenden innigen Anschmiegung der Bahn an das Gelände wird aber gerade bei Schmalspurbahnen in seltneren Fällen die für Steingewölbe erforderliche Entfernung zwischen Hochwasserspiegel und Schienenhöhe vorhanden sein und werden Betoneisengewölbe oder eiserne oder hölzerne Träger zur Ausführung kommen müssen. Die „Grundzüge“ erklären hölzerne Brücken, soferne dieselben gegen Feuersgefahr entsprechend geschützt sind, für zulässig. In Gegenden mit großem Reichtum an billigen und verwendbaren Hölzern unterliegt die Anwendung derselben für kleinere und auch größere Brückenbauten um so weniger einem Anstande, als auch die Erhaltung solcher Brücken sich nicht kostspielig stellt, obgleich häufiger

Auswechslungen einzelner Bauteile notwendig sind. Auf den schmalspurigen Waldbahnen in Galizien (800 und 760 mm Spurweite) finden sich zahlreiche Holzbrücken mit Lichtweiten bis zu 10 m und mit 3 bis 6 Öffnungen. (Über den Rzyczkabach mit 6 Öffnungen zu 7,0 m, über den Czaczawafluß mit 3 Öffnungen zu 10,0 m Lichtweite.)[18] Auf der Salzkammergutbahn haben alle Brücken bis zu 2,0 m Spannweite hölzernen Überbau erhalten. Eiserne oder hölzerne Überbauten erfordern auch weniger umfangreiche Vorbereitungen und Zurüstungen als Gewölbebrücken, sodaß sich vielfach der Bau der letzteren nur unter besonderen Umständen, z. B. bei großen Spannweiten oder bei einer größeren Anzahl von Öffnungen in nicht zu großer Entfernung von einander lohnend erweisen dürfte[19]. Beim Bau von Schmalspurbahnen in Tropengegenden wird die Herstellung von gewölbten Brücken und Durchlässen aus künstlichen oder natürlichen Steinen wegen der hohen Beförderungskosten der notwendigen, selten an der Baustelle oder in ihrer Nähe vorhandenen Baustoffe in der Regel verhältnismäßig teuer. Gegen die Anwendung von Holz spricht dessen rasche Zerstörung durch Termiten auch für den Fall, daß es mit Carbolineum getränkt wird; auch ist es schwer, geschulte Zimmerleute zu erhalten. Hölzerne Brücken finden daher nur für vorübergehende Zwecke Anwendung. Für diese Bahnen sind, wenn größere Öffnungen zu überschreiten sind, wohl nur eiserne Überbauten geeignet, bei denen auch vorteilhaft eiserne Pfeiler Verwendung finden. Bei den Schmalspurbahnen auf Sumatra und Java[20] wurden für Übersetzung kleinerer Wasserläufe eiserne Röhren bis zu 60 cm Durchmesser, offene Durchlässe von 70 cm und 2 × 70 cm Lichtweite mit Langschwellen-Überdeckung angewendet; die Überbrückung größerer Flüsse oder Thäler erfolgt mit Brücken mit eisernem Überbau. Die Pfeiler sind zumeist gemauert, nur bei sehr großer Höhe wurden sie aus Eisen hergestellt; bemerkenswert sind u. a. der Viadukt Tjitandoui für Eisenbahn und Straße, mit 3 Öffnungen zu je 62 m Lichtweite und 2 Pfeilern von 44 m Höhe, wovon 31 m aus Eisen sind; Viadukt Tjibankrong im Bogen von 200 m Halbmesser, 8 Öffnungen von 16 und 17 m, 2 gemauerte, 5 eiserne Pfeiler; Viadukt Tjikérang im Bogen von 150 m Halbmesser, 9 Öffnungen zu 16 und 17 m Lichtweite, 2 gemauerte, 6 eiserne Pfeiler, wovon zwei 32 m hoch sind; Viadukt Tyitaroum, durchlaufender Träger von 162 m Länge, Schienenhöhe 64 m über dem Wasserspiegel des Flusses. Für kleinere Wasserdurchlässe empfehlen sich Röhren aus Eisen, Thon, Zement, Beton und Eisen (Monier, Wünsch, Hennebique); die Betoneisenröhren besitzen geringe Wandstärke, daher auch ein geringes Gewicht und sind leicht zu befördern; sie können etwa 50 cm unter Unterbaukrone verlegt werden. An der Kongobahn wurden die Wasserdurchlässe aus Billigkeitsrücksichten aus weichem Stahlblech hergestellt, das in Europa vollständig vorgearbeitet, dann zerlegt und an Ort und Stelle wieder zusammengefügt wurde. Die Dichtung der ineinandergeschachtelten, kegelförmigen Eisenteile wurde anfangs mit Zement bewirkt; später stopfte man in die Verbindungsstellen Werg und überließ die weitere Dichtung der eindringenden Erde. Stahl scheint nach den bisherigen Erfahrungen unter der Witterung nicht zu leiden. Nach den „Grundzügen“ ist die Herstellung ganzer

---

[18]) „Mitteilungen des Vereins für die Förderung des Lokalbahnwesens in Österreich.“ 1894, S. 285 und 1897, S. 405.

[19]) Zeitschrift f. Kleinbahnen. 1895, S. 77.

[20]) Post, Les chemins de fer aux colonies et dans les pays neufs. Zeitschr. f. Lokal- u. Straßenbahnen 1901.

Bauwerke aus Beton, sowie für kleinere Durchlässe die Überdeckung mit Steinplatten und die Anwendung aller Gattungen Rohrdurchlässe aus Eisen, Steinzeug oder Zement zulässig. Die Wahl des Baustoffes wird übrigens von der Größe der Spurweite nicht beeinflußt. Die Betoneisenbauweise hat in jüngster Zeit ebenfalls Eingang in den Brückenbau für schmalspurige Bahnen gefunden. Die Firma G. A. Wayss hat auf der niederösterreichischen Waldviertelbahn (76 cm Spurweite) zwei Brücken in Betoneisen ausgeführt[21]); die größere Brücke über die Lainsitz bei Gmünd ist gewölbt, hat eine mittlere Öffnung von 20 m und zwei seitliche Öffnungen mit je 15 m Lichtweite. Die Gewölbe wurden als Drucklinienbogen mit beiläufig $^1/_8$ Stich gebaut, in fettem Beton (1 : 3) mit gegen die Bogenachse gleichliegend angeordneten Rundeiseneinlagen. Der Mittelbogen ist am Scheitel 36, an den Kämpfern 50 cm stark; die Gewölbebogenstärken der Seitenöffnungen betragen am Scheitel 30 cm, an den Kämpfern 40 cm; die größte Beanspruchung des Betons ist 27 kg/qcm. Die zweite Brücke, über den Braunaubach, ist 10 m weit. Das Tragwerk besteht aus 3 Betoneisenbalken und der dieselben verbindenden Betoneisenplatte. Der mittlere Balken ist 85 cm hoch, 54 cm breit und nimmt 80 v. H. der gesamten zufälligen Belastung auf; die seitlichen Träger, die gleichzeitig den Abschluß der 50 cm hohen Überschüttung bilden und deshalb um 50 cm in der Höhenlage gegen den Mittelbalken abweichen, nehmen je $^1/_{10}$ der Verkehrslast auf. Die Druckbeanspruchung des Betons ist 30 kg/qcm. Die Ersparnis gegenüber der Eisenkonstruktion kann zu 30 v. H. angenommen werden; von großer Bedeutung ist aber eine gute, auf reiche Erfahrungen gestützte Ausführung.

Was die den Berechnungen zu Grunde zu legenden Verkehrslasten anbelangt, so empfiehlt es sich, die thatsächlich in Verwendung kommenden Fahrbetriebsmittel und deren ungünstigsten Stellungen in jedem einzelnen Falle in Betracht zu ziehen. Hierbei wäre allerdings zu erwägen, ob nicht zukünftig vielleicht Lokomotiven oder Wagen mit größeren Achsdrucken und ungünstigerer Achsenentfernung in Betrieb kommen könnten. Erscheint dieser Fall nicht unbedingt ausgeschlossen, oder nicht in sehr weiter Ferne stehend, so wird es angezeigt sein, die Achsdrucke der Lokomotiven im Sinne der Bestimmungen des § 44 der „Grundzüge“ zu wählen und sonach dieselben für 1 m Spurweite mit 9 t, für 0,75 m Spurweite mit 8 t und für 0,60 m Spurweite mit 7 t anzunehmen. Die festen Radstände der Lokomotiven und Wagen sind bezüglich ihrer Grenzen im Hinblick auf die in der Bahn vorkommenden Krümmungen durch die §§ 53 und 54 der „Grundzüge“ gegeben; sie sollen nicht größer gewählt werden

für Lokomotiven	für Wagen					
als 1,100 m	1,400 m	für Bögen	mit	25 m	Halbmesser
1,500 „	1,800 „	„	„	„ 40 „	„
1,600 „	2,000 „	„	„	„ 50 „	„
2,000 „	2,500 „	„	„	„ 75 „	„
2,300 „	2,900 „	„	„	„ 100 „	„

Unter Beachtung dieser Bestimmungen giebt Landsberg im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften II. Bd. 2. Abt. VII. Kap. folgende Lastenanordnungen:

---

[21]) Der Bautechniker. 1901, S. 45.

Spurweite 1,0 m

Lokomotive					Güter- oder Personenwagen						
Achsenabstand	2,1	1,1	1,1	2,7	2,0	2,75	2,0	2,0	2,75	2,25	m
Achsdruck	9	9	9		4	4		4	4		t

Spurweite 0,75 m

Lokomotive					Güter- oder Personenwagen						
Achsenabstand	1,8	0,9	0,9	2,4	2,25	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	m
Achsdruck	8	8	8		4	4		4	4		t

Die Belastungszüge wären aus zwei Lokomotiven und dahinter befindlichen, vollbeladenen Güter-, bezw. vollbesetzten Personenwagen, deren Abmessungen und Gewichte den ersteren ziemlich gleich sind, zu bilden.

Für die Spurweite von 0,60 m könnte im Hinblick auf bisherige Ausführungen folgende Lastenanordnung aufgestellt werden:

Lokomotive					Wagen						
Abstand	1,6	0,6	0,6	2,1	2,2	2,5	2,2	2,2	2,5	2,2	m
Achsdruck	7,0	7,0	7,0		3,5	3,5		3,5	3,5		t

Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß auf den Bahnen mit 0,6 m Spurweite fast ausschließlich zweiachsige Lokomotiven, oder Lokomotiven nach Mallet's Anordnung mit zwei vierräderigen Triebgestellen verkehren und die Achsdrucke bei diesen Lokomotiven 5,0 t nicht überschreiten. Die angegebenen Belastungszüge gehen also jedenfalls ziemlich weit über die wirklich bestehenden Verhältnisse hinaus; ihre Annahme wird daher in Rücksicht auf die ganz getrennte Anlage der Kleinbahnen mit 60 cm Spurweite nur ausnahmsweise begründet sein.

Bevorzugt man die Annahme einer stellvertretenden, gleichförmig verteilten Last, so kann man bei gewölbten Brücken — nach A. W. Meyer[22]) — für Bahnen mit 1,00 m weiter Spur die Belastung in Tonnen für das Quadratmeter

$$p = 0{,}82 + \frac{5{,}1}{l}$$

und für Bahnen mit 0,75 m Spurweite

$$p = 0{,}58 + \frac{5{,}0}{l}$$

setzen.

Bei eisernen Brücken entsprechen den oben angegebenen Einzellasten folgende gleichförmig vertheilte Lasten:

a) für die Gurtungen:

Stützweite. m	Spurweite: 1,00 m t	0,75 m t
5	7,6	7,3
8	5,5	5,1
10	4,64	4,34
20	3,88	3,69
30	3,11	2,90

[22]) Kalender für Eisenbahntechniker. Wiesbaden, J. F. Bergmann.

b) für die Gitterstäbe:

Länge des belasteten Brückenteiles	Spurweite: 1,00	0,75
m	t	
5	8,42	7,87
8	6,41	6,40
10	6,16	6,14
20	4,45	4,23
30	3,54	3,53

In den Brückenverordnungen der verschiedenen Staaten finden sich keine Vorschriften über die Verkehrslasten, die bei Schmalspurbahnen der Berechnung zugrunde zu legen sind. Dieselben werden von Fall zu Fall unter Berücksichtigung der thatsächlich verkehrenden Fahrbetriebsmittel bestimmt, und zwar gewöhnlich in Hundertteilen der für vollspurige Bahnen vorgeschriebenen Lasten. So wurden z. B. für die Brücken der im Jahre 1900 erbauten niederösterreichischen Waldviertelbahn als zufällige Belastung 80 v. H. des Normalbelastungszuges nach der Brückenverordnung vom 15. September 1897 — also eine ziemlich bedeutende Belastung — angenommen.

Bei der ersten, oder auch bei überschlägigen Berechnungen können für das Eigengewicht der eisernen Brücken beiläufige Annahmen gemacht werden. Ganz allgemein ist das Gesamtgewicht der Brücke für 1 m Gleis

$$g = a + bl,$$

worin l die Stützweite der Brücke in m.

Spurweite: 1 m.

α) Fahrbahn aus Holzquerschwellen unmittelbar auf den Hauptträgern

$$g = 305 + 26l;$$

β) Fahrbahn zwischen den Hauptträgern auf Quer- und Längsträgern

$$g = 425 + 27l.$$

Diese Formeln finden sich im Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II. Bd., zweite Abteilung, VII. Kap. Prof. Steiner gibt in seinem „Vademecum für Bauingenieure“ die Formel

$$g = 520 + 29l,$$

die im allgemeinen zutreffende Werte liefert.

Spurweite 0,75 m.

Nach Lucas (Civilingenieur, 1882).

g Eigengewicht der Brücke für das lfd. m Gleis,

g_0 Eisengewicht der Brücke für das lfd. m Gleis,

δ Stärke des Stehblechs in Centimetern.

A. Träger von 10 bis 30 m Stützweite:

α) Fahrbahn zwischen den Hauptträgern, hölzerne Querschwellen auf Zwischenträgern, Bohlenbelag 4 cm stark:

$$g = 390 + \left(8 + 10\delta + \frac{3}{8}l\right)l, \quad g_0 = 270 + \left(8 + 10\delta + \frac{3}{8}l\right)l.$$

β) Fahrbahn auf einem Kiesbett zwischen den Hauptträgern:

$$g = 1390 + (9 + 11\delta + 0{,}4l)l, \quad g_0 = 330 + (9 + 11\delta + 0{,}4l)l.$$

γ) Fahrbahn auf den Hauptträgern:

$$g = 250 + (6{,}5 + 10{,}2\delta + 0{,}5l)l; \quad g_0 = 120 + (6{,}5 + 10{,}2\delta + 0{,}5l)l.$$

B. Träger von 1—10 m Stützweite:

$$g = 50 + 29\,l.$$

Prof. Steiner gibt die Formel

$$g = 390 + 29\,l.$$

Die Untersuchung einer größeren Anzahl gut durchgedachter Brückenanordnungen führte zu der Formel

$$g = 142 + 28\,l \text{ für Stützweiten unter 10 m,}$$
$$g = 108 + 33\,l \text{ für Stützweiten über 10 m.}$$

Spurweite 0,60 m.

Man kann allgemein, sofern es sich nicht um weitgehende Annäherung handelt, die ja auch mit den vorstehend angegebenen Formeln nicht erreicht werden kann, setzen:

$$g = 135 + 26\,l.$$

In seiner „Vergleichenden Studie zwischen der Vollspur und der Spurweite von 1 m“ gibt Ingenieur Martin[23]) nach den eisernen Brücken einer größeren französischen Linie mit 1 m Spurweite für den eisernen Überbau folgende Gewichtszahlen an:

Lichtweite der Brücke m	Gewicht des Überbaues Tonnen
2	0,7
3	1,6
4	2,6
5	3,5
6	4,0
8	6,3
15	17,0
20	23,0
25	28,0
30	36,0
35	48,0

Diese Bahn wird mit Lokomotiven von 29 t Dienstgewicht befahren.

Die gemauerten Widerlager von Brücken mit hölzernem oder eisernem Überbau wurden früher häufig schmäler gehalten als die Unterbaukrone; gegenwärtig führt man sie fast allgemein in gleicher Breite wie die Unterbaukrone aus.

Der lichte Abstand der Geländer einer eingleisigen Brücke wird in Rücksicht auf unvermeidliche Fehler in der Ausführung des Oberbaues vorteilhaft etwas größer gewählt, als die vorgeschriebene Umgrenzung des lichten Raumes erfordert; für 1 m Spur etwa 3,0—3,1 m, für 0,75 und 0,60 m Spur 2,2—2,3 m. Soll zwischen den Geländern, beziehungsweise Trägerwänden bei eisernem Überbau und dem Fahrbetriebsmittel Raum für einen Menschen sein, so hat man beiderseits 0,3 m hinzuzufügen, also die Entfernung der Geländer oder Trägerwände mit 3,6, beziehungsweise 2,8 anzunehmen. Nach den österreichischen Vorschriften muss an jeder Brückenstelle vollspuriger Bahnen zwischen Gleisachse und nächstem Geländerstabe oder äußerstem Dielungsrande eine Entfernung von mindestens 2,15 m auf freier

[23]) Paris, Juvent & Co. 1897. Übersetzt und mit Bemerkungen und Litteraturangaben versehen von E. A. Ziffer in den Mitteil. d. Ver. f. d. Förderung des Lokal- u. Straßenbahnw. 1898 u. 1899.

Strecke und von mindestens 3,00 m in Bahnhöfen vorhanden sein; die gleiche lichte Entfernung ist auch bei den Gurtungen und Diagonalstreben bis auf 2 m Höhe über der Dielung vorhanden. Sinngemäß auf Schmalspurbahnen angewandt, ergibt sich der in Rede stehende Abstand bei 1 m Spur zu 1465 mm, bei 0,75 und 0,60 m Spur zu 1065 mm, sofern vollspurige Wagen auf der schmalspurigen Bahn nicht befördert werden. In Bögen ist bei Anordnung von Hauptträgern und Geländern auch auf die Schrägstellung der Wagen Rücksicht zu nehmen; das Ausmaß der etwa erforderlichen Erbreiterung ergibt sich aus $x = \frac{u}{s} \cdot t$, wenn u die Überhöhung, s den Mittenabstand und t die lotrecht auf die geneigte Gleisebene gemessene Höhe des Trägers oder Geländers über Schienenoberkante bedeuten, und es wird im Hinblick auf die Gestaltung der Umgrenzung:

für 1,00 m Spurweite bei $t \geqq 2{,}9$ m $\cdots x = 2{,}9 \frac{u}{s}$

$t \gtreqless \begin{matrix} 0{,}2 \text{ m} \\ 2{,}9 \text{ m} \end{matrix} \cdots x = t \cdot \frac{u}{s}$

für 0,75 m und 0,60 m Spur bei $t \geqq 2{,}5$ m $\cdots x = 2{,}5 \frac{u}{s}$

$t < 2{,}5$ m $\cdots x = t \cdot \frac{u}{s}$ [24].

Auf die Anordnung und Berechnung der einzelnen Brückenteile nimmt die Spurweite keinen Einfluß.

---

[24]) Vgl. E. Häseler, Der Brückenbau. I. 1. Braunschweig 1888.

Vierter Abschnitt.

Oberbau der Schmalspurbahnen.

§ 12. Gleislage. Lage der Schienen im Grundrifs. Spurerweiterung. — Wie schon im II. Kap. § 23, S. 169 und sodann im IV. Kap. S. 83ff. erläutert worden ist, wird in Bögen eine Erweiterung der Spur notwendig und es hängt das Maß dieser Erweiterung von dem Achsstand der Fahrzeuge, dem Krümmungshalbmesser des Gleises und dem Spielraume der Spurkränze ab; die Fahrgeschwindigkeit ist ohne Einfluß. Der Achsstand der Fahrzeuge ist auf den vollspurigen Haupt- und Nebenbahnen sehr verschieden, so daß jene Formeln für die Spurerweiterung, welche den Achsstand berücksichtigen, in der Praxis schwer verwendbar sind. Als weiterer Nachteil der theoretisch abgeleiteten Formeln wird in den erwähnten Kapiteln der Umstand angeführt, daß diese Formeln nur einen einzelnen Wagen ins Auge fassen, während beim Eisenbahnbetriebe doch vor allem die Beförderung ganzer Züge in Betracht kommt. Bei Zügen äußern aber die an den Kuppelungen wirkenden Kräfte einen wesentlichen Einfluß auf die Stellung der Wagen gegen einander und jedes einzelnen Wagens im Gleise. Es werden deshalb von den Bahnverwaltungen die theoretischen Formeln gewöhnlich nicht benutzt, sondern die Spurerweiterungen nach gewonnenen Erfahrungen ausgeführt.

Bei den Schmalspurbahnen werden die eben angedeuteten Mängel der theoretisch entwickelten Formeln weniger grell hervortreten. Auf den einzelnen schmalspurigen Linien verkehren nämlich in der Regel fast nur einheitlich erbaute Fahrzeuge, bei denen also auch der Achsstand und der Spielraum der Spurkränze wenig verschieden, ja zumeist ganz gleich sind. Die Züge der Schmalspurbahnen bestehen gewöhnlich nur aus wenigen Wagen, so daß die gegenseitige Einwirkung der Wagen nicht zu besonderer Geltung gelangt. Die Verwendung der theoretischen Formeln würde sonach bei den Schmalspurbahnen weniger Schwierigkeiten begegnen. Es ist nun aber zu beachten, daß die Spurerweiterung für Schmalspurbahnen überhaupt von geringerer Bedeutung ist, als für vollspurige Bahnen. Die Frage der Spurerweiterung ist — worauf schon in den eingangs angeführten Kapiteln hingewiesen wurde — weniger eine Frage der Betriebssicherheit, als vielmehr eine solche der Wirtschaftlichkeit und weniger eine Frage der Theorie, als eine solche der Erfahrung, wobei es zunächst darauf ankommt, eine einfache und bei der Ausführung auch von untergeordneten Bediensteten leicht zu handhabende Gebrauchsformel zu finden, die sich im allgemeinen den theoretischen Erwägungen und deren Ergebnissen anpaßt. Bei dem gewöhnlich schwachen Verkehr auf schmalspurigen Bahnen kann der Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit, der nach den neueren Erfahrungen auch bezüglich der Vollspurbahnen jedenfalls überschätzt worden ist, überhaupt nur gering sein; überdies finden auch auf den Schmalspurbahnen Betriebsmittel mit Drehgestellen immer mehr Eingang und bei diesen werden Spurerweiterungen

in den Bögen überflüssig. Die Erhaltung der Spurerweiterungen ist bei dem geringen Mannschaftsstande der Schmalspurbahnen und der häufig sehr bescheidenen technischen Ausbildung der untergeordneten Beamten, denen die Erhaltungsarbeiten obliegen, schwierig und deshalb vielfach auch mangelhaft, selbst wenn hierfür sehr einfache Vorschriften bestehen. Wohl vorwiegend aus diesem Grunde hält auch Bernardo Puig[25]) die Spurerweiterung für unzweckmäßig und geradezu für nachteilig.

Es darf ferner nicht übersehen werden, daß schon in den geraden Strecken gegenüber der festgestellten Spurweite fast ausnahmslos eine gewisse Erweiterung vorhanden ist und die Spurkränze im Gleise einen Spielraum besitzen. Nach den „Grundzügen für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen", § 2 sind „entsprechende Abweichungen" von der Spurweite — als Folge des Betriebes — zulässig; die sächsischen Schmalspurbahnen z. B. gestatten einen Spielraum von 5 mm; der im Jahre 1892 vom Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen berufene Ausschuß für technische Angelegenheiten erklärt bei 1 m Spur 7 mm, bei 0,75 m Spur 5 mm Erweiterung infolge des Betriebes als noch zulässig. Der Spielraum der Spurkränze im Gleise (nach der Gesamtverschiebung der Achse gemessen) soll bei der vorgeschriebenen Spurweite mindestens 5 mm und bei größter Abnutzung nicht über 20 mm betragen (§ 46).

Bezüglich der Spurerweiterung enthalten die genannten Grundzüge folgende Bestimmung (§ 2, Abs. 3):

> „In schärferen Krümmungen ist die Spurweite, soweit dies mit Rücksicht auf die Breite der Radreifen, der Zahnstange und der Spurrinne zulässig ist, angemessen zu vergrößern. Diese Vergrößerung darf jedoch, sofern die Betriebsmittel nicht besonders für größere Spurerweiterungen eingerichtet sind, selbst unter Einrechnung der größten infolge des Betriebes zulässigen Spurerweiterung bei schmalspurigen Gleisen von 1 m Spurweite das Maß von 25 mm, bei solchen von 750 mm Spurweite das Maß von 20 mm und bei Kleinbahnen mit 600 mm Spurweite das Maß von 18 mm nicht überschreiten."

Bei der Ausführung der Spurerweiterung auf schmalspurigen Bahnen beobachtet man in der Regel den gleichen Vorgang wie auf vollspurigen Bahnen; es wird ein zulässiges Höchstmaß der Spurerweiterung angenommen und ein Halbmesser festgesetzt, über den hinaus eine Spurerweiterung nicht mehr anzubringen ist. Bezeichnet e_1 das größte Maß der Erweiterung und r_1 den diesem Maß entsprechenden Halbmesser, so ist für den Halbmesser r die Spurerweiterung

$$e = e_1 \frac{r_1}{r} \cdot$$

Aber selbst diese einfache Formel wird bei der Ausführung nicht befolgt und zwar um so weniger, als man gewöhnlich die Spurerweiterung stufenweise von 2 zu 2 mm oder von 5 zu 5 mm anordnet, was namentlich dann vorteilhaft ist, wenn einzelne Teile der Befestigungsmittel in ihren Ausmaßen oder besonderen Anordnungen durch die Spurerweiterung beeinflußt werden.

Goering empfiehlt im Taschenbuch des Vereins „Hütte" zur Berechnung der Spurerweiterung die empirisch gewonnenen Formeln

---

[25]) „Die Leistung und Widerstandsfähigkeit des schmalspurigen Oberbaues". Zeitschrift für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt. 1896, S. 277.

bei 0,75 m Spur für $R = 50$ bis 150 m $e = 140 : \sqrt{R}$

bei 1,00 m Spur für $R = 80$ bis 250 m $e = 240 : \sqrt{R}$

und als Größtmaß die Erweiterung $e_{max} = 25$, bezw. 20 mm bei 1,0, bezw. 0,75 m Spurweite.

Dementsprechend wäre

bei 0,60 m Spur für $R = 30$ bis 130 m $e = 100 : \sqrt{R}$ und $e_{max} = 18$ mm anzunehmen.

Für die belgischen Vizinalbahnen wurde seitens der Generaldirektion bezüglich der Ausführung der Spurerweiterung ein Rundschreiben[26]) erlassen, in dem es heißt:

„Die Anwendung zu großer Erweiterungen, oder auch irgendwelcher Erweiterungen dort, wo hierfür keine Notwendigkeit besteht, hat ernste Unannehmlichkeiten im Gefolge. Außer den Schwierigkeiten bei der Gleisverlegung (verschiedene Dexelung für Holzschwellen oder verschiedene Weiten der Bolzenlöcher bei Eisenschwellen), welche leicht zu Irrtümern Veranlassung geben können, setzt man sich der Gefahr aus, durch die Spurerweiterung in starkem Verhältnisse die Reibung des rückwärtigen inneren Rades an der Schiene zu vermehren und die äußere Schiene durch das vordere äußere Rad unter einem Winkel angreifen zu lassen, der um so größer ist, je größer die Spurerweiterung."

Auf Grund eingehender Studien hat die Direktion beschlossen, die Spurerweiterung für die Bögen mit 30 m Halbmesser auf 10 mm und für die Bögen mit 40 m Halbmesser auf 5 mm zn beschränken. Die Bögen mit größerem Halbmesser (50 m und darüber) erhalten keine Spurerweiterung. Den Berechnungen wurden Lokomotiven mit ungünstigen Achsenanordnungen zu Grunde gelegt. Die thatsächlich verkehrenden Lokomotiven sind aber in dieser Hinsicht günstiger gebaut, da ihre äußeren Achsen ein seitliches Spiel besitzen, dessen Wirkung sich jener der Erweiterungen des Gleises noch hinzufügt.

Der vorerwähnte Ausschuß für technische Angelegenheiten des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen schlägt folgende Formeln vor:

$$\text{bei 1,00 m Spur, } e = \frac{(600 - R)^2}{16000} \text{ in mm}$$

$$\text{bei 0,75 m Spur, } e = \frac{(400 - R)^2}{8000} \text{ in mm.}$$

Danach ergiebt sich bei 1,00 m Spur für $R = 80$ m . . . $e = 17$ mm

bei 0,75 m Spur „ $R = 50$ m . . . $e = 15$ mm;

diese Werte sind kleiner, als die nach der Formel Goering's berechneten Werte.

In Österreich erhalten die Bahnen mit 1 m Spurweite folgende Erweiterungen:

$R = 50 - 120$ m	25 mm
130 — 180 m	20 mm
200 — 250 m	16 mm
280 — 300 m	12 mm
350 — 400 m	8 mm
450 — 500 m	4 mm.

[26]) Cirkular Nr. 15 vom 23. Juli 1886. Mitteilung der Direktion an den Verfasser.

Die kgl. ungarischen Staatsbahnen gestatten für 1 m Spurweite als größte Spurerweiterungen $e = 40$ mm für $R = 80$ m und $e = 13$ mm für $R = 150$ m.

Auf der Schmalspurbahn Flensburg-Glücksburg (1 m) beträgt die größte Spurerweiterung 15 mm; größere Erweiterungen erwiesen sich als unzweckmäßig. Die Schmalspurbahn Landquart-Davos (1,00 m) hat

für $R =$	100 — 140	die Erweiterung	25 mm
	150 — 210	„ „	20 mm
	220 — 280	„ „	15 mm
	300 — 400	„ „	10 mm
	450 — 500	„ „	5 mm.

Die Spurerweiterungen auf den corsischen Bahnen (1 m Spur) betragen für

$R =$ 100 — 150	20 mm
150 — 300	15 mm
300 — 450	10 mm.

Bei den Bahnen auf Java (1067 mm) wechselt die Spurerweiterung je nach den Krümmungshalbmessern zwischen 4 und 25 mm; bei den Bahnen auf Sumatra (1069 mm) beträgt die Erweiterung

für $R =$	200 — 150 m	24 mm
	350 — 250 m	18 mm
	500 — 400 m	12 mm
	1000 — 600 m	6 mm.

Die Gleise der sächsischen Schmalspurbahnen (0,75 m) erhalten bei

$R =$	50 — 75 m	die Erweiterung	$e = 20$ mm
	75 — 100 m	„ „	$e = 15$ mm
	100 — 200 m	„ „	$e = 10$ mm
	200 — 300 m	„ „	$e = 5$ mm.

Die kgl. württembergischen Staatsbahnen schreiben für die Spurerweiterung auf den Nebeneisenbahnen mit 0,75 m Spurweite die Formel vor:

$$e = \frac{3500}{R} - 7 \text{ in mm, wenn } R \text{ in m,}$$

mit Beschränkung auf das Höchstmaß von 55 mm, das bei einem Halbmesser $R = 50$ m zur Anwendung kommt, während die Formel hierfür 63 mm ergeben würde; diese findet nur bis $R = 60$ m ihre richtige Verwendung. In Krümmungen mit dem Halbmesser von $R \geqq 500$ m werden Spurerweiterungen nicht ausgeführt, wie dies auch die Formel ergiebt. Der große Wert des Höchstmaßes ist jedenfalls sehr auffällig.

Bei den österreichischen Eisenbahnen von 76 cm Spurweite erhalten die Gleise

für $R =$	50 — 100 m	eine Erweiterung	$e = 20$ mm
	100 — 150 m	„ „	$e = 16$ mm
	160 — 220 m	„ „	$e = 12$ mm
	250 — 350 m	„ „	$e = 8$ mm
	400 — 500 m	„ „	$e = 4$ mm.

Auf der Schleppbahn der Fürstlich Schwarzenberg'schen Graphitwerke in Schwarzbach (60 cm Spur) haben die Gleise in Bögen von $R = 50$ m eine Erweiterung von 4 mm, in Bögen von $R = 100$ m eine solche von 2 mm, in Bögen von $R = 200$ m muß die Spurlehre noch bequemes Spiel haben; Bögen von $R > 200$ m

werden wie die geraden Strecken gebaut. Die Kleinbahn Pithiviers-Toury (60 cm Spur) hat bei kleinsten Halbmessern von 50 m keine Spurerweiterungen. Tartary hält solche für Bahnen von 60 cm Spur für nicht erforderlich.

Haarmann bringt sie jedoch bei der Wallückebahn zur Ausführung und zwar beträgt hier die Spurerweiterung

für $R =$	75 — 50 m	12 mm
	100 — 75 m	9 mm
	250 — 100 m	6 mm
	500 — 250 m	3 mm.

§ 13. Gleislage. Höhenlage der Schienen. — Bekanntlich pflegt man in Gleisbögen den äußeren Schienenstrang höher zu legen, als den inneren; man bezweckt damit vornehmlich eine wirtschaftliche Wirkung durch eine größere Schonung des äußeren Schienenstranges, gegen den ein Anlaufen des äußeren Vorderrades stattfindet; weiter wird durch diesen Vorgang auch in gewissem Sinne die Betriebssicherheit erhöht. Doch können durch zu weit gehende Überhöhungen und die damit verbundene Entlastung der äußeren Räder, namentlich wenn diese mit einer größeren Spurerweiterung zusammentrifft, leicht Entgleisungen veranlaßt werden.

Auch bezüglich der Überhöhung weisen die neueren Erfahrungen darauf hin, daß die Betriebssicherheit hierbei kaum in Frage steht und auch die Wirtschaftlichkeit nicht wesentlich durch sie beeinflußt wird, indem der größere Verschleiß an Material in den Krümmungen von Umständen abzuhängen scheint, die bisher nicht näher berücksichtigt wurden[27]).

Auf schmalspurigen Bahnen mit ihrem zumeist geringen Verkehr und den Fahrzeugen mit Lenkachsen oder Drehgestellen tritt das wirtschaftliche Moment der Überhöhung mehr in den Hintergrund, ganz abgesehen davon, daß hierauf noch ganz andere Umstände und in weit stärkerem Grade Einfluß nehmen. Technisch ist die Überhöhung leichter und richtiger ausführbar, weil in der Regel nur einerlei, gleichmäßig angeordnete Fahrbetriebsmittel verkehren und auch nur eine einzige Fahrgeschwindigkeit in Betracht kommt. Die theoretisch entwickelte Formel für die Überhöhung, in mm ausgedrückt, nämlich

$$h = \frac{1000\, s\, v^2}{120\, R},$$

worin s die Spurweite in Metern, v die Fahrgeschwindigkeit in km/St., R den Halbmesser des Bogens in Metern bedeuten[28]), kann sonach für Schmalspurbahnen zuverlässigere Anwendung finden, als für vollspurige Bahnen, auf die verschiedene Fahrbetriebsmittel übergehen. Man erhält

für 1 m Spurweite . . . $h = 8{,}3\,\frac{v^2}{R}$

„ 0,75 „ „ . . . $h = 6{,}2\,\frac{v^2}{R}$

„ 0,60 „ „ . . . $h = 5{,}0\,\frac{v^2}{R}$.

---

[27]) Vergleiche „Die Behandlung der Frage der Überhöhung des äußeren Schienenstranges und der Spurerweiterung in gekrümmten Gleisesträngen im Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.“ Bearbeitet von J. Sandner.

[28]) Handbuch der Ing.-Wiss. V. Bd. II. Kap. § 18 und 19.

Es handelt sich im weiteren nur noch darum, einerseits jenen Halbmesser, bei dem mit der Überhöhung des äußeren Schienenstranges zu beginnen ist und anderseits die größte zulässige Überhöhung überhaupt festzustellen. Würden der Krümmungshalbmesser und die Fahrgeschwindigkeit eine Überschreitung der letzteren erfordern, so müßte in dem betreffenden Bogen die Fahrgeschwindigkeit ermäßigt werden. So besteht z. B. für die sächsischen Schmalspurbahnen die Vorschrift, daß in jenen Bögen, in denen die inneren Schienen infolge zu starker Überhöhung nach außen — in Bezug auf die Gleisachse — neigen würden, die Fahrgeschwindigkeit soweit zu ermäßigen ist, bis eine zulässige Überhöhung sich ergiebt.

Bei Festsetzung der größten zulässigen Überhöhung wäre wohl zu beachten, daß zu große Überhöhungen eher nachteilig als vorteilhaft sind. Wenn auch einzelne Bahnen, wie z. B. die corsikanischen Bahnen mit 1 m Spurweite, Überhöhungen bis 150 mm $\left(\text{für } v = 45 \text{ km/St. nach der Formel } h = \frac{15000}{R}\right)$ anwenden, so haben sich in vielen anderen Fällen, so auf der Feldabahn (1 m Spurweite), auf der Linie Flensburg-Glücksberg die ursprünglich ausgeführten Überhöhungen bis zu 100 mm als nachteilig erwiesen, namentlich im Hinblick auf die geringe Fahrgeschwindigkeit (20—25 km/St.); auf letztgenannter Bahn ermäßigte man die Überhöhungen bis auf 25 mm. Der im Jahre 1892 vom V. D. E. V. gewählte Ausschuß für technische Angelegenheiten empfahl für die Überhöhung bei 1 m Spur $h = \frac{200 \cdot v}{R}$, bei 0,75 m Spur $h = \frac{120 \cdot v}{R}$, wobei in ersterem Falle 100 mm, im letzteren 75 mm als Grenzwert zu gelten hat und bei $R > 600$, bezw. $R > 400$ keine Überhöhungen mehr anzuwenden sind.

Auf den belgischen Vizinalbahnen verkehren die Züge im Bereiche der Ortschaften mit 10 km, außerhalb derselben mit 30 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde. Im ersteren Falle wird die kleinste Überhöhung von 1 mm bei einem Halbmesser von 500 m, die größte Überhöhung von 27 mm bei dem vorkommenden kleinsten Halbmesser von 30 m angewendet. Die Strecken mit 30 km Fahrgeschwindigkeit erhalten die kleinste Überhöhung von 4 mm bei $R = 2000$ m, die größte Überhöhung von 75 mm für die Spurweite $s = 1{,}067$ m und 70 mm für die Spurweite $s = 1{,}000$ m bei $R = 100$ m; in den Bögen mit 75 m und 50 m Halbmesser — es sind dies die vorkommenden schärfsten Bögen der freien Strecken — wird die Fahrgeschwindigkeit auf 20 km/St. und die Überhöhung auf 44 bezw. 65 mm bei der Spurweite $s = 1{,}067$ m und auf 42 bezw. 63 mm bei der Spurweite $s = 1{,}000$ m ermäßigt. Auf Landquart-Davos kommen die für Geschwindigkeiten von $v = 27$ bis 36 km/St. berechneten Überhöhungen nur bis herab zu $R = 100$ m in Anwendung. Die Bahnen Javas und Sumatras haben Überhöhungen von 22—90 mm, wobei der kleinste Halbmesser 150 m beträgt. Auf der Straßenbahn St. Gallen-Gais werden Überhöhungen für Fahrgeschwindigkeiten von 15 bis 30 km und in Bögen von 500 bis 30 m Halbmesser ausgeführt. Auf den sächsischen Schmalspurbahnen werden Bögen über 600 m Halbmesser ohne Überhöhung hergestellt; die größte zulässige Überhöhung wird für $v = 25$ km/St. und $R = 50$ m berechnet. Bei den württembergischen Schmalspurbahnen erfolgt die Berechnung der Überhöhung nach der Formel $h = \frac{4000}{R}$; hierbei kommt $\max h = 50$ mm bei $R = 80$ m bis $R = 40$ m in Anwendung und es beginnt die Überhöhung mit 4 mm bei $R = 1000$ m. — Auf den österreichischen

Schmalspurbahnen darf die Überhöhung des äußeren Schienenstranges bei 1 m Spurweite nie mehr als 80 mm, bei 0,76 m Spurweite nie mehr als 50 mm betragen; die Fahrgeschwindigkeiten sind mit 15, 20, 25, 30 und 35 km/St. für erstere, mit 15, 20, 25 und 30 km/St. für letztere anzunehmen; die Überhöhungen wachsen von 5 mm an um je 5 mm. Tartary[29]) hält nach den bei Bahnen mit 60 cm Spur gemachten Erfahrungen für solche Bahnen eine Überhöhung von 18 bis 30 mm in der Mitte der Bögen von 50 bis 40 m Halbmesser und eine Überhöhung von 30 bis 35 mm in den Bögen von 30 bis 20 m Halbmesser für genügend. Auf der Wallückebahn (60 cm) beträgt die Überhöhung bei $R = 40, 50, 60, 70 \ldots 1000$ m bezw. 50, 40, 35, 30 . . . 3 mm. Die Überhöhung kann hergestellt werden durch Hebung des äußeren Schienenstranges, oder Senkung des inneren um das volle Maß der Überhöhung, oder auch durch gleichzeitige Hebung und Senkung des äußeren und inneren Stranges um die halbe Überhöhung. Der letztere Vorgang ist empfehlenswert, weil hierbei die Höhenlage der Achse festgehalten wird; er findet aber selten Beachtung, weil er weniger einfach durchzuführen ist.

§ 14. Übergangsbögen bei Schmalspurbahnen. — Bei den schmalspurigen Bahnen mit 1,00 m und 75 cm, beziehungsweise ähnlichen Spurweiten, werden Übergangsbögen gewöhnlich hergestellt; bei den Bahnen mit 60 cm Spur ist dies nicht immer der Fall; man führt die erforderliche Ausgleichung beim Übergange aus der Geraden in den Bogen und umgekehrt in der Regel beim Verlegen des Oberbaues nach dem Augenmaße aus[29]). Bei Lokomotivbetrieb und bei Anwendung größerer Fahrgeschwindigkeiten dürfte aber auch bei so geringen Spurweiten eine sachgemäße Ausführung der Übergangsbögen empfehlenswert sein; allerdings hat sich auf der Wallückebahn der Mangel von Übergangsbögen nicht nachteilig erwiesen. Bei dieser Bahn beträgt die Länge der Einleitung in die Überhöhung eines Bogens das 200fache der Überhöhung.

Für den Übergangsbogen steht die kubische Parabel

$$z = \frac{x^3}{6\,C}$$

in Anwendung. In dieser Formel bedeuten z und x die Ordinate und Abscisse eines Punktes des Übergangsbogens, bezogen auf die, durch den Anfangspunkt des Bogens gelegte Tangente und $C = \frac{s\,v^2\sigma}{g}$ eine von der Spurweite s, der Fahrgeschwindigkeit v m/Sec., der Übergangssteigung $\frac{1}{\sigma}$ und der Erdbeschleunigung g abhängige Größe[30]). Wegen der bei Schmalspurbahnen fast ausnahmslos für alle verkehrenden Züge gleichen Fahrgeschwindigkeit läßt sich für diese Bahnen der Übergangsbogen in weit genauerer Übereinstimmung mit den thatsächlichen Verkehrsverhältnissen ausführen, als auf Hauptbahnen, auf denen Züge mit sehr verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten laufen.

Die Übergangssteigung wird in den Grundzügen mit $\frac{1}{200}$ als kleinstes Ausmaß festgesetzt; es ist aber empfehlenswerter $\frac{1}{\sigma} = \frac{1}{300}$, oder wenigstens $\frac{1}{250}$ zu setzen, um auch bei größerem Radstande ein die Spurkranzhöhe übersteigendes

[29]) Tartary, Constructions des chemins de fer à voie de 60 cm.

[30]) Siehe Handbuch der Ing.-Wiss. V. Bd. I. Abt. II. Kap. § 20.

Schweben des Rades zu vermeiden. Vielfach wird $\frac{1}{\sigma} = \frac{1}{600}$ angenommen.

In der Regel wird für C ein bestimmter Zahlenwert festgestellt, so daß für alle Kreishalbmesser ein gleicher einheitlicher Übergangsbogen erhalten wird.

Auf den österreichischen Schmalspurbahnen gilt

für s	v in km/St.	C
1,00	35	4500
	25	3000
	20	1500
0,75	30	3000
	20	1500
	15	750

Gewöhnlich wird für Bögen mit $R = 150$ bis 300 m ein Festwert $C = 3000$ und für $R < 150$ ein solcher $C = 1500$ vorgeschrieben. Bei den württembergischen Schmalspurbahnen wird $C = 3000$ bei einer Übergangssteigung von $\frac{1}{500}$ gesetzt; übrigens darf, wenn bei Gegenkrümmungen die erforderliche Länge für jede Übergangsrampe nicht vorhanden ist, die Übergangssteigung auf 3,33 v. T. (1 : 300) erhöht werden. Die belgischen Vizinalbahnen lassen den Wert C mit der Größe des Bogenhalbmessers sich ändern. Es ist für

R in m	C
30	360
35	450
40—45	560
50—60	800
60—75	1 000
75—100	1 500
100—125	2 000
125—150	3 000
150—200	4 000
200—300	6 000
300—400	9 000
400—500	12 800
500	17 500

Die Übergangsbögen werden bei diesen Annahmen für flachere Bögen größer; z. B. bei $R = 30$ m ist die Länge des Übergangsbogens $l = 12$ m, bei $R = 200$ m ist $l = 27{,}33$ m; $l_{max} = 35$ m für $R = 500$ m.

Bei den schmalspurigen Bahnen Sumatras sind die Übergangsbögen

für $R = 350-250$ m	10 m lang
„ $R = 250-200$ m	15 m „
„ $R = 200-150$ m	20 m „

Bei Schmalspurbahnen, die in sehr hügeliges oder gebirgiges Gelände führen und deshalb sehr scharfe, sich rasch folgende Bögen erhalten müssen, ist die Anwendung längerer Übergangsbögen immer mißlich und sie kann mitunter auch zu beträchtlichen Schwierigkeiten in der Linienführung Veranlassung geben. In ebenem Gelände, wo große Bogenhalbmesser zulässig sind, bleibt die Länge der Übergangsbögen fast ohne Einfluß auf die Bahnlinie. Die Anordnung der Übergangsbögen

nach dem Vorgange der „Société Nationale des Chemins de fer Vicinaux“ ist von diesem Standpunkte aus ganz berechtigt; sie hat aber den Nachteil, daß man es nicht mit einheitlich angeordneten Bögen zu thun hat und daß gerade in den scharfen Bögen, wo ein besonders sanfter und stetiger Übergang notwendig ist, ein solcher in geringerem Grade als bei den schärferen Bögen stattfindet. Im Hinblick auf diese Umstände wäre die Anwendung der Lemniscate — Bernoulli's Schleifenlinie — für Schmalspurbahnen zu empfehlen[31]. Diese Linie, zu den Radioïden gehörig, giebt für Hauptbahnen wesentlich kürzere Übergangsbögen, als die kubische Parabel; aber auch für Schmalspurbahnen gewährt sie in dieser Beziehung Vorteile, denn hier können mitunter Längenverminderungen von 0,6—0,8 m ebenso wichtig sein, als solche von 1,4 und 2,5 m bei Hauptbahnen. Dabei giebt die Lemniscate einen theoretisch genauen und sonach auch praktisch zweckmäßigen Übergang zwischen Gerade und Bogen und es ist ihre Ausführung auf dem Felde mindestens eben so einfach und leicht, wie jene der kubischen Parabel.

Nach den „Grundzügen“ soll zwischen zwei entgegengesetzten Krümmungen eines Bahngleises ein gerades Stück von solcher Länge eingelegt werden, daß die Fahrzeuge sanft und stetig in die andere Krümmung einlaufen. Zu diesem Behufe müßte die Länge der geraden Strecken gleich dem größten vorkommenden Radstande sein. Für die österreichischen Schmalspurbahnen ist eine Zwischengerade — zwischen den Anfangspunkten der Übergangsbögen gemessen — von 7 m Länge vorgeschrieben. Auf vielen Bahnen geht man über dieses Maß hinaus; so ist bei den Bahnen auf Sumatra und Java die Länge der Zwischengeraden bei Bögen von entgegengesetzter Krümmung mindestens 30 m lang. Es wird dieses Maß wohl auch vorteilhaft nach der Länge der Züge bemessen.

Die Einschaltung des Übergangsbogens bedingt, daß entweder der Bogen in der Richtung vom Scheitel des Tangentenwinkels gegen den Mittelpunkt des Bogens zu, oder daß die Lage der zu verbindenden Geraden verschoben wird. In der Regel wird der erstere Vorgang als der einfachere von beiden Arten der Ausführung beobachtet; der Übergangsbogen wird zur Hälfte in die Gerade, zur Hälfte in den Bogen gelegt und zwar erfolgt diese Verteilung mit Bezug auf den ursprünglichen Bogenanfang.

§ 15. Bau des Gleises. Form und Stärke der Schienen. — Die für den vollspurigen Oberbau im III. Kapitel dieses Bandes angestellten Betrachtungen gelten im allgemeinen auch für den Oberbau der Schmalspurbahnen; es dürfen hierbei nur jene Verhältnisse berücksichtigt werden, die den letzteren besonders zukommen. Die Beanspruchung des Oberbaues einer Schmalspurbahn einerseits und seine Widerstandsfähigkeit anderseits sind anders als beim vollspurigen Oberbau. Die geringere Weite des Gleises beeinflußt die Standfestigkeit des Gleises in ungünstiger Weise; auch die höhere Schwerpunktslage der Fahrzeuge im Vergleiche zur Größe ihrer Standlinien und die größere Ausladung der Wagenkasten sind von ungünstigem Einfluß.

Nach Zimmermann[32] ist für den zunächst in Betracht kommenden Quer-

---

[31]) Vgl. die Abhandlung des Verfassers in der „Monatsschrift f. d. öffentl. Baudienst“, III. Jahrgang, in der an der Hand der nur für Hauptbahnen geltenden Vorschläge Adam's (Ann. des ponts et chaussées) die Theorie und praktische Anwendung der Lemniscate eingehend erörtert wird.

[32]) Berechnung des Eisenbahnoberbaues. Berlin 1888, und Handbuch der Ing.-Wiss., V. Bd., III. Kap.

schwellen-Oberbau das größte von der Schiene aufzunehmende Biegungsmoment mit Rücksicht auf die Einsenkung der Schwellen in die Bettung

$$M_{\max} = \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10} \cdot \frac{G\,a}{4};$$

hierin bedeuten:

G den größten Raddruck,

$$\gamma = \frac{B}{D} = \frac{\text{Steifigkeit der Schiene}^{33)}}{\text{Eindrückbarkeit der Schwellen}} = \frac{6EJ}{a^3} : \frac{Cb}{[\eta_\varrho] \cdot \sqrt[4]{\frac{Cb}{4E_1 J_1}}};$$

a den Abstand der Schwellen,

E das Elastizitätsmaß für die Schiene,

E' „ „ „ „ Schwelle,

J „ Trägheitsmoment des Schienenquerschnittes,

J' „ „ „ Schwellenquerschnittes,

C die Bettungsgröße, d. i. die Kraft in kg, welche — auf 1 qcm der Bettung ausgeübt — die Senkung von 1 cm hervorbringt,

b die untere Breite, l die halbe Länge der Schwelle,

$[\eta_\varrho]$ eine Hilfsgröße, die vornehmlich der Biegsamkeit der Schwelle Rechnung trägt.

Die Größe γ liegt für $C = 3$ bei den schmalspurigen Bahnen im allgemeinen zwischen 0,70 und 1,10; hiernach würde sich also das größte Biegungsmoment zwischen

$$M = 0{,}246\ G\,a \text{ und } M = 0{,}274\ Ga$$

ergeben. Bei den Spurweiten von 1 m und 0,75 m sind die Unterschiede in den Trägheitsmomenten der Schienen, in den Schwellenausmaßen und der Schwellenentfernung gewöhnlich so unwesentlich, daß es vollkommen zulässig erscheint, für beide Spurweiten das gleiche Biegungsmoment

$$M = 0{,}26\ Ga$$

in Rechnung zu setzen. Bei Gleisen mit 60 cm Spurweite ist in der Regel die Steifigkeit der Schiene trotz der geringeren Schwellenentfernung, also die Größe B, bezw. die Größe γ nicht unerheblich kleiner, als bei Gleisen mit 1 m Spur und 0,75 m Spur und es kann das Biegungsmoment

$$M = 0{,}25\ Ga$$

gesetzt, d. h. die Schiene als ein frei aufliegender Träger von der Stützweite gleich der Schwellenentfernung behandelt werden. Hierbei ist allerdings der Kleinstwert der Bettungsgröße gewählt worden; bei einer Bettung von Kies auf Packlage oder auf Felsboden wäre C größer — bis 8 und darüber — in Rechnung zu stellen; aber gerade bei Kleinbahnen wird die Bettungsgröße selten und dann nur in geringem Maße über 3 hinausgehen, weil der Oberbau mit Rücksicht auf die geringere Beanspruchung gewöhnlich mit einfachem Kiesbette hergestellt wird.

Die zulässige Inanspruchnahme von Flußstahlschienen kann unbedenklich mit 1000 kg/qcm angenommen werden.

Die Größe des durch den Raddruck hervorgerufenen, auf eine Schwelle entfallenden Schienendruckes, von dem die Pressung auf das Schotterbett und in

---

33) B ist die Kraft, welche die Schiene bei einem Schwellenabstande a um 1 cm zu biegen vermag: D die Kraft, welche die Schwelle in ihrem Angriffspunkte um 1 cm in die Bettung eindrückt.

weiterer Folge der Umfang der Gleisregulierung einschließlich der Schotterbetterneuerung abhängig ist, wird durch die Achsenentfernung der Fahrzeuge wesentlich beeinflusst. Es ist für eine Einzellast der Schienendruck

$$P = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \cdot G,$$

für eine unendliche Anzahl gleicher Lasten in der Entfernung

$$e = a \ldots P = G$$

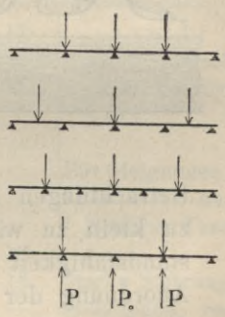
$$e = 2a \ldots P = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \cdot G$$

$$e = 3a \ldots P = \frac{\gamma + 1}{3\gamma + 1} \cdot G$$

$$e = 4a \ldots P = \frac{4\gamma^2 + 13\gamma + 2}{16\gamma^2 + 18\gamma + 2} \cdot G.$$

Die in Wirklichkeit vorkommenden Radstände und Schwellenentfernungen geben natürlich sehr viele Lastanordnungen; Bernardo Puig hat in seiner oben erwähnten Abhandlung[34]) das Verhältnis des größten Schienendruckes zum Raddruck für verschiedene Belastungsfälle und für die Werte $\gamma = \frac{1}{2}$, 1, 2, 3 und 4 berechnet. Für die wichtigsten, am häufigsten vorkommenden Radstände ergeben sich folgende Werte:

	$\gamma = \frac{1}{2}$	1	2	3	4
$\frac{P}{G} = \frac{3\gamma^2 + 40\gamma + 7}{5\gamma^2 + 34\gamma + 7}$;	$\frac{P}{G} = 1{,}099$	1,087	1,042	1,000	0,964
$\frac{P}{G} = \frac{12\gamma^2 + 107\gamma + 19}{4(5\gamma^2 + 34\gamma + 7)}$;	$\frac{P}{G} = 0{,}748$	0,750	0,739	0,727	0,716
$\frac{P}{G} = \frac{3\gamma^3 + 118\gamma^2 + 95\gamma + 26}{7\gamma^3 + 196\gamma^2 + 193\gamma + 26}$;	$\frac{P}{G} = 0{,}600$	0,573	0,569	0,568	0,567
$\frac{P}{G} = \frac{2\gamma^2 + 18\gamma + 7}{5\gamma^2 + 34\gamma + 7}$, $\frac{P_0^*}{G} = \frac{2\gamma^2 + 40\gamma}{5\gamma^2 + 34\gamma + 7}$	$\frac{P}{G} = 0{,}653$	0,587	0,547*	0,545*	0,538*



Man sieht hieraus, daß der Schienendruck bei Schmalspurbahnen, bei denen γ in der Regel zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 liegt, größer ist, als bei vollspurigen Bahnen, bei denen γ über die Einheit hinausgeht. Wenn die Achsenentfernung bei dreiachsigen Fahrzeugen gleich der Schwellenentfernung ist, dann wird der Schienendruck sogar größer als der Raddruck; bei Bahnen mit 60 cm Spur ist der Radstand der Lokomotive oft auch kleiner, als die Schwellenentfernung, so daß das Verhältnis zwischen Schienen- und Raddruck noch ungünstiger wird. Durch die Vergrößerung des Radstandes wird das Verhältnis $\frac{P}{G}$ kleiner, jedoch nur bis $e = 2a$; wenn $e > 2a$ wird, so gestaltet sich das Verhältnis $\frac{P}{G}$ bei kleinem Werte von γ wieder ungünstiger. Bei dem bedeutenden Einfluß der Größe γ auf den Schienendruck und bei der Bedeutung des letzteren für die wirtschaftliche Durchführung der Oberbauerhaltung dürfte es unter Umständen angezeigt sein, zur Verminderung des Schienendruckes ein größeres

---

34) Zeitschr. f. Eisenb. und Dampfschiffahrt. 1896.

Trägheitsmoment des Schienenquerschnittes zu wählen, als jenes, das für die Aufnahme der Biegungsbeanspruchung der Schiene genügt.

Für den Langschwellen-Oberbau, der aber in größerem Umfange hauptsächlich bei schmalspurigen Straßenbahnen zur Anwendung gelangt, ist nach Zimmermann das Biegungsmoment

$$M = \frac{G \cdot L}{4}, \quad L = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{Cb_0}},$$

worin J das Trägheitsmoment der Schiene und Schwelle zusammengenommen und $b_0 = \frac{b}{\beta(\eta_0)}$ die wegen der Querbiegung einzusetzende verminderte Schwellenbreite bezeichnen.

Was Gestalt und Abmessungen der Schiene bei Schmalspurbahnen anbelangt, so dienen für sie im allgemeinen die Schienen der Vollspurbahnen als Vorbilder. Die breitfüßige Schiene findet ihrer Billigkeit wegen — im Vergleiche zur Stuhlschiene — fast ausnahmslos Anwendung. Die Stuhlschiene liegt nur auf wenigen Bahnen, z. B. auf der Festiniogbahn (Abb. 22, 23). Wie aus den obigen

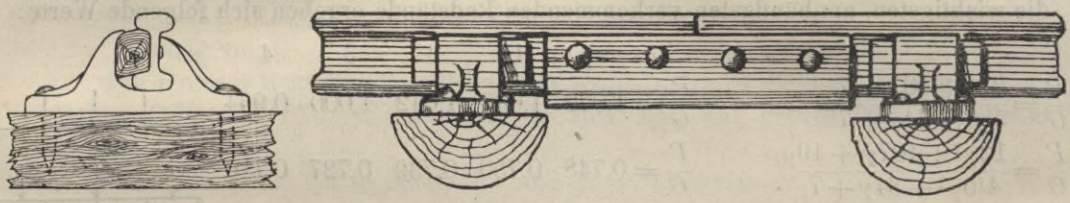


Abb. 22, 23. Oberbau der Festiniogbahn.

Betrachtungen hervorgeht, ist es nicht empfehlenswert, das Gewicht der Schiene zu klein zu wählen. Wenn auch dasselbe auf die Tragfähigkeit und die Widerstandsfähigkeit des Gleises nicht jenen großen Einfluß hat, wie die Gestaltung und Anordnung der Schwellen, so wird durch ungenügende Stärke der Schienen doch die Erhaltung des Oberbaues wesentlich verteuert, namentlich dann, wenn eine Steigerung des Verkehrs platzgreift. Dann sind oft kostspielige und zeitraubende Gleisumbauten nicht zu vermeiden. So wogen, wie Haarmann in seinem Werke über die Kleinbahnen (Berlin 1896) mitteilt, die auf der Festiniogbahn im Jahre 1832 angewendeten Schienen nur 8 kg/m; nach kurzer Betriebszeit mußten sie gegen solche von 14 kg/m und im Jahre 1870 gegen Stahlschienen von 25 kg/m ausgewechselt werden. Auf den mecklenburg-pommerschen Schmalspurbahnen haben sich die Schienen von 9 kg/m als vollkommen unzulänglich erwiesen. Die Anwendung kräftiger geformter Schienen wird sich besonders notwendig erweisen, wenn die Erhaltung des Gleises aus irgend welchen Gründen nicht mit wünschenswerter Sorgfalt durchgeführt werden kann; dann werden viele mangelhaft unterstopfte Schwellen im Gleise liegen, die unter der Radlast in die Bettung einsinken; wenn

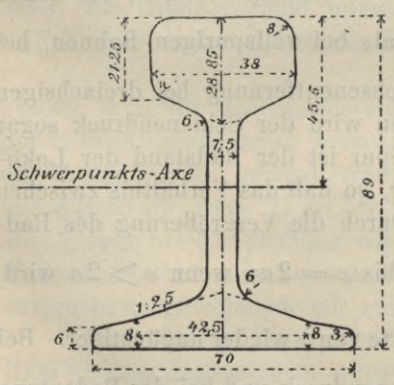


Abb. 24. Schiene der deutsch-ostafrikanischen Bahnen.

nun auch der stärkere Schienenquerschnitt ein solches Einsinken nicht aufhalten kann, so wird immerhin die Durchbiegung eine weit geringere sein und eine bleibende Formänderung der Schienen nicht so leicht eintreten. Aus diesem Grunde empfiehlt Bernhard für die deutsch-ostafrikanischen Bahnen, die mit Lokomotiven von 3,5 t Raddruck befahren werden, Schienen von 16,9 kg/m, während bisher Schienen von 15,5 kg/m zur Verlegung gelangten (Abb. 24). In den Ausführungsbestimmungen vom 19. November 1892 zum Kleinbahngesetz wird als unterste Grenze für das Schienengewicht 9,5 kg/m festgesetzt.

Die nachstehende Zusammenstellung gibt die Abmessungen der Schienenquerschnitte mehrerer Schmalspurbahnen, bei deren Bau im allgemeinen Betriebssicherheit und Sparsamkeit in vollen Einklang gebracht wurden, deren Anlagen daher mehr oder weniger als vorbildlich betrachtet werden können.

Schienenquerschnitte bei schmalspurigen Bahnen.

Name der Bahn	Spurweite m	Gewicht kg/m	Länge m	Höhe mm	Fußbreite mm	Kopfbreite mm	Stegdicke mm	Trägheitsmom. cm^4	Widerstandsmoment cm^3	Zahl der Schwellen f. eine Schiene	Anmerkungen
Flensburg-Kappeln	1,00	15,20	9,0	85	70	40	10	188,08	42,75	11	
Zell-Todtnauer Lokalb.	1,00	15,75	8,5	90	75	45	7	216,40	46,00	12	Eiserne Querschw.
Skagensbahn	1,00	12,40	7,5	77	64	42	7	—	—	9	Größter Raddruck 1,75 t
Staatsb. auf Sumatra	1,067	25,7	7,0	110	90	53	10	—	—	—	
	1,067	40,0	7,0	138,7	102	60	13	—	—	—	Für Steigungen über 30 v. T. und in längeren Tunnels
Belgische Vizinalbahn	1,00	21,5	9	110	—	—	—	—	77	10	
Landquart-Davos	1,00	23,5	10	108	92	50	9	472	85	13	Starke Steigungen
Marseiller Ostbahn	1,00	24,5	—	120	100	46	—	—	—	—	Steigungen von 40 v. T.
Tanga-Muhesa	1,00	15,50	8,0	89	70	38	7,5	212,6	46,7	11	
		16,90	8,0	89	70	38	10	222,4	47,8	11	Verstärkter Oberbau } Eiserne Querschwelle
Forster Stadteisenb.	1,00	24,40	9,0	115	90	53	—	—	—	—	
Doberan-Heiligendamm	0,90	15,75	—	91	69	37	6	—	—	—	
Sächs. Schmalspurb.	0,75	17,63	9,0	91	80	42	9	243	54	12	
Württemb. „	0,75	20,00	9,0	100	85	44	10	344	69	10—13	
Bosnabahn	0,76	17,8	—	90	75	42	10	—	—	—	
		13,9	—	80	65	37	19	—	—	—	
Österr. Schmalspurb.	0,76	17,9	9,0	90	85	42	10	235	51,6	11	
Ochold-Westerstede	0,75	12,6	7,5	70	64	37,5	—	—	—	12	
Pithiviers-Toury	0,60	9,5	5,0	60	64	—	—	—	—	8	Eiserne Querschw.
Festiniogbahn	0,60	24,8	7,32	—	—	—	—	—	—	9	Stuhlschienen
Wallückebahn	0,60	15,8	10	90	75	45	7,5	225	48,2	12	Eiserne Querschw., 2,5 t Raddruck
Schwarzb. Graphitw.	0,60	7,3	6,0	65	50	—	—	—	—	11	

§ 16. Bau des Gleises. Unterstützung und Befestigung der Schienen. — Wie schon erwähnt, werden bei Schmalspurbahnen auf eigenem Unterbau vorwiegend Querschwellen verlegt. Langschwellen-Oberbau findet sich äußerst selten. Zezula führt in seiner Statistik schmalspuriger Eisenbahnen, die alljährlich in der „Zeitschrift für Kleinbahnen“ zur Veröffentlichung gelangt, nur in einem einzigen Falle — bei den Kreis-Altenaer Schmalspurbahnen — die Anwendung von Langschwellen-Oberbau an, fügt aber hinzu, daß derselbe allmählich in Querschwellen-Oberbau umgewandelt wird. Die wesentlichen Vorteile des Querschwellen-Oberbaues, nämlich leichte und sichere Erhaltung der Spurweite durch die Schwellen selbst, sowie einfache und ausgiebige Seitenentwässerung des Gleises zwischen den Schwellen treten bei den Schmalspurbahnen, wo es vor allem darauf ankommt, die Erhaltungsarbeiten während des Betriebes thunlich zu vereinfachen, gegenüber dem Nachteile einer unstetigen Unterstützung der Schiene ganz besonders scharf hervor, so daß die Anwendung eines Langschwellen-Oberbaues bei Schmalspurbahnen im allgemeinen kaum empfohlen werden kann.

Abmessungen der Holzquerschwellen bei schmalspurigen Bahnen.

Name der Bahn	Spurweite m	Länge m	Breite m	Höhe m	Anmerkung
Flensburg-Kappeln	1,00	1,70	0,15	0,12	
Skagensbahn	1,00	1,80	0,15	0,10	
Belgische Vizinalbahn	1,00	1,80	0,24	0,12	
Landquart-Davos	1,00	1,80	0,20	0,15	
Marseiller Ostbahn	1,00	1,75	0,18	0,12	
Elektr. Bahn Laon	1,00	1,80	0,18	0,14	
Elektr. Straßenb. in Gablonz a. N.	1,00	1,85	—	—	Schienen 20,4 kg/m
Doberan-Heiligendamm	0,90	1,50	—	0,12	
Menaggio-Porlezza	0,85	1,60	0,16	0,13	
Sächs. Schmalspurbahnen	0,75	1,70	0,20	0,16	
Württemb. Schmalspurbahnen	0,75	1,50	0,18	0,13	
Salzkammergutlokalbahn	0,76	1,50	0,14 / 0,20	0,13	
Neuere österr. Schmalspurbahnen	0,76	1,60	0,14 / 0,20	0,13	
Steierm. Schmalspurbahnen	0,76	1,50	0,14 / 0,18	0,13	
Mecklenb. Pommersche Vizinalb.	0,60	1,20	0,16	0,10	
Festiniogbahn	0,60	1,35	0,20	0,10	
Schwarzb. Graphitw.	0,60	1,30	0,20	0,15	

Die Schwellen sind vorwiegend aus Holz. Eiserner Querschwellen-Oberbau findet sich besonders auf mehreren deutschen Bahnen, wie auf der Wallückebahn, weiter bei Doberan-Heiligendamm, Eichstätt, Bahnhof-Stadt, auf den Altenaer und Kreuznacher Bahnen, auf Linien der Straßburger Straßenbahngesellschaft, auf schweizerischen Bahnen, auf einigen Linien der belgischen Vizinalbahnen, bei den Bahnen mit 60 cm Spurweite und namentlich bei Tropenbahnen. Die Holzschwellen unterliegen hier einer raschen Zerstörung infolge der verderblichen Einflüsse des tropischen Klimas, wie auch durch die zahlreichen weißen Ameisen. Auch das

ungemein harte und schwere Mangrovenholz bewährte sich trotz eines Anstriches mit heißem Karbolineum nicht, da es rasch trockenfaul wird. Nur in sehr holzreichen Gegenden und bei einem Untergrunde, der infolge seiner chemischen Beschaffenheit eine baldige Zerstörung eiserner Schwellen befürchten läßt, ist die Holzschwelle bei Tropenbahnen der Eisenschwelle vorzuziehen[35]). Nicht ungünstige Ergebnisse wurden mit Schwellen aus Diattiholz gewonnen, das bei den Bahnen auf Java zur Anwendung gelangt.

Der Stoff für die Holzschwellen ist hauptsächlich Tannen-, Kiefern-, Fichtenholz; Eichenholz wird zumeist nur für die Hölzer von außergewöhnlichen Ausmaßen, wie solche bei Weichen benötigt werden, verwendet; Lärchen- und Buchenholz steht weniger in Gebrauch. Zezula's Statistik für das Betriebsjahr 1898/9, welche über 2300 km Bahnen umfaßt, berichtet nur in einem einzigen Falle — bei den Rhätischen Bahnen — über die Anwendung von Buchenholz, während bei den angeführten deutschen, schweizerischen und norwegischen Bahnen Buchenholz ganz ausgeschlossen erscheint. Die Schwellen aus Tannen-, Kiefern- und Fichtenholz werden zumeist getränkt, gelangen aber auch oft ungetränkt zur Verlegung. Besonders berücksichtigenswert stellt sich das Kiefernholz, dessen Lebensdauer durch eine gute Tränkung bedeutend erhöht wird[36]) und dessen Preis in der Regel kein hoher ist. Auch das Fichtenholz kann getränkt, bei nicht zu schlechtem Bettungsmaterial, mit Erfolg Verwendung finden.

Die Querschnittsform der hölzernen Querschwellen ist entweder der Halbkreis oder das Trapez, oder auch das Rechteck mit scharfen oder abgerundeten Kanten; Trapez und Halbkreis sind wegen der großen Auflagerfläche am vorteilhaftesten. Für die Abmessungen sind folgende theoretische Betrachtungen bestimmend. Es ist nach Zimmermann bei gleichmäßig unterstopften Schwellen:

	in der Mitte	im Lastpunkt	am Ende
die Einsenkung	$y_0 = \frac{k \cdot P}{C \cdot b}\left[\eta_0\right]$	$y_r = \frac{k \cdot P}{C \cdot b}\left[\eta_\varrho\right]$	$y_l = \frac{k \cdot P}{C \cdot b}\left[\eta_\lambda\right]$
der Bettungsdruck	$p_0 = \frac{k \cdot P}{b}\left[\eta_0\right]$	$p_r = \frac{k \cdot P}{b}\left[\eta_\varrho\right]$	$p_l = \frac{k \cdot P}{b}\left[\eta_\lambda\right]$
das Biegungsmoment	$M_0 = \frac{P}{2k}\left[\mu_0\right]$	$M_r = \frac{P}{2k}\left[\mu_\varrho\right]$	$M_l = 0;$

hierin ist $k = \sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4 \cdot E \cdot J}}$ und es bezeichnet P den Schienendruck, der von der Größe des Raddruckes, von der Entfernung sowohl der Radachsen als auch der Schwellen abhängig ist. Die Hilfsgrößen $[\eta_0]$, $[\eta_\varrho]$, $[\eta_\lambda]$ und $[\mu_0]$ und $[\mu_\varrho]$ sind in den Tabellen S. 52 u. 53 zusammengestellt und zwar für die drei in Frage kommenden Spurweiten, für die Schwellenenlängen 130, 140, 150, 160, 170 und 180 und für die Querschnittsausmaße (17 × 13) qcm und (20 × 15) qcm. Man ersieht hieraus, daß für die gleiche Spurweite die Einsenkungen und Bettungsdrucke mit der Zunahme der Schwellenlänge abnehmen und daß beide um so größer werden, je kleiner die Spurweite ist. Für die stärker bemessenen Querschwellen werden die Hilfsgrößen $[\eta]$

---

[35]) Bernhard, Der Eisenbahnbau in Deutsch-Ostafrika mit besonderer Berücksichtigung des Baues der Linie Tanga-Muhesa. Berlin 1898.

[36]) Centralblatt der Bauverw. 1884. S. 118. Die Dauer der Schwellen beträgt bei Eichenholz roh 14—16 Jahre, getränkt 20 Jahre, bei Kiefernholz roh 7—8 Jahre, getränkt 14—18 Jahre.

Werte von $[\eta_0]$, $[\eta_\varrho]$, $[\eta_\lambda]$

	l	$\lambda = kl$	$\varrho = k \cdot \frac{s}{2}$					
			0,6800	0,6100	0,5168	0,4636	0,4080	0,3760
			$s = 1{,}00$		$s = 0{,}75$		$s = 0{,}60$	
			$b = 0{,}17$ . . . . 0,20 $h = 0{,}13$ 0,15		$b = 0{,}17$ . . . . 0,20 $h = 0{,}13$ 0,15		$b = 0{,}17$ . . . . 0,20 $h = 0{,}13$ 0,15	
$[\eta_0]$	130	0,884	1,03994	. . . . .	1,11559	. . . . .	1,16231	. . . . .
		0,793	. . . . .	1,19329	. . . . .	1,24171	. . . . .	1,28095
	140	0,952	0,96782	. . . . .	1,05175	. . . . .	1,10299	. . . . .
		0,854	. . . . .	1,11148	. . . . .	1,16653	. . . . .	1,20909
	150	1,020	0,90755	. . . . .	0,99927	. . . . .	1,05476	. . . . .
		0,915	. . . . .	1,03847	. . . . .	1,09992	. . . . .	1,14568
	160	1,088	0,86089	. . . . .	0,95960	. . . . .	1,01887	. . . . .
		0,976	. . . . .	0,98248	. . . . .	1,04986	. . . . .	1,08202
	170	1,156	0,82736	. . . . .	0,93193	. . . . .	0,99435	. . . . .
		1,037	. . . . .	0,93682	. . . . .	1,00969	. . . . .	1,04453
	180	1,224	0,80078	. . . . .	0,91041	. . . . .	0,97557	. . . . .
		1,098	. . . . .	0,89797	. . . . .	0,97592	. . . . .	1,01227
$[\eta_\varrho]$	130	0,884	1,20736	. . . . .	1,14100	. . . . .	1,14759	. . . . .
		0,793	. . . . .	1,31721	. . . . .	1,26540	. . . . .	1,27165
	140	0,952	1,10594	. . . . .	1,06160	. . . . .	1,07910	. . . . .
		0,854	. . . . .	1,21423	. . . . .	1,17429	. . . . .	1,19230
	150	1,020	1,01700	. . . . .	0,99421	. . . . .	1,02053	. . . . .
		0,915	. . . . .	1,12039	. . . . .	1,09594	. . . . .	1,12199
	160	1,088	0,94281	. . . . .	0,94069	. . . . .	0,97839	. . . . .
		0,976	. . . . .	1,04424	. . . . .	1,03535	. . . . .	1,05112
	170	1,156	0,88357	. . . . .	0,90073	. . . . .	0,94703	. . . . .
		1,037	. . . . .	0,97924	. . . . .	0,97810	. . . . .	1,00747
	180	1,224	0,83381	. . . . .	0,86800	. . . . .	0,92210	. . . . .
		1,098	. . . . .	0,92181	. . . . .	0,94169	. . . . .	9,96908
$[\eta_\lambda]$	130	0,884	1,28368	. . . . .	1,14865	. . . . .	1,07416	. . . . .
		0,793	. . . . .	1,37446	. . . . .	1,20922	. . . . .	1,22423
	140	0,952	1,18578	. . . . .	1,03945	. . . . .	0,95944	. . . . .
		0,854	. . . . .	1,27390	. . . . .	1,16597	. . . . .	1,11169
	150	1,020	1,08235	. . . . .	0,92570	. . . . .	0,83430	. . . . .
		0,915	. . . . .	1,16843	. . . . .	1,05789	. . . . .	1,00001
	160	1,088	0,99083	. . . . .	0,82953	. . . . .	0,74274	. . . . .
		0,976	. . . . .	1,08420	. . . . .	0,96185	. . . . .	0,90236
	170	1,156	0,89830	. . . . .	0,73326	. . . . .	0,64474	. . . . .
		1,037	. . . . .	0,99233	. . . . .	0,86465	. . . . .	0,80204
	180	1,224	0,80613	. . . . .	0,63697	. . . . .	0,54714	. . . . .
		1,098	. . . . .	0,90167	. . . . .	0,77015	. . . . .	0,70308

allerdings größer, als für die schwächer gehaltenen Schwellen; da aber bei den stärkeren Schwellen der Wert von k kleiner ist und das im Werte größere b im Nenner erscheint, so ergiebt sich — wie aus den Formeln leicht ersichtlich ist — ein geringerer Wert für die Einsenkungen und die Bettungsdrucke. Für eine zweckmäßige Erhaltung des Oberbaues ist es wünschenswert, daß die stärkste Einsenkung und der größte Bettungsdruck nicht an den Schwellenenden auftreten und daß weder jene noch dieser einen gewissen Betrag überschreiten. Man darf bei den

Werte von $[\mu_0]$ und $[\mu_\varrho]$.

	l	$\lambda = kl$	$\varrho = k \cdot \frac{s}{2}$					
			0,6800	0,6100	0,5168	0,4636	0,4080	0,3760
			$s = 1{,}00$		$s = 0{,}75$		$s = 0{,}60$	
			$b = 0{,}17$ . . . . 0,20 $h = 0{,}13$ 0,15		$b = 0{,}17$ . . . . 0,20 $h = 0{,}13$ 0,15		$b = 0{,}17$ . . . . 0,20 $h = 0{,}13$ 0,15	
$[\mu_0]$	130	0,884	−0,44332	. . . . .	−0,14590	. . . . .	+0,05498	. . . . .
		0,793	. . . . .	−0,40791	. . . . .	−0,15587	. . . . .	+0,03311
	140	0,952	−0,37435	. . . . .	−0,08497	. . . . .	0,11148	. . . . .
		0,854	. . . . .	−0,34584	. . . . .	−0,07924	. . . . .	0,08719
	150	1,020	−0,30770	. . . . .	−0,02702	. . . . .	0,17466	. . . . .
		0,915	. . . . .	−0,28535	. . . . .	−0,02316	. . . . .	0,13966
	160	1,088	−0,24458	. . . . .	+0,02654	. . . . .	0,21309	. . . . .
		0,976	. . . . .	−0,22783	. . . . .	+0,02724	. . . . .	0,18894
	170	1,156	−0,18642	. . . . .	+0,07367	. . . . .	0,25480	. . . . .
		1,037	. . . . .	−0,17287	. . . . .	+0,07549	. . . . .	0,23292
	180	1,224	−0,13423	. . . . .	+0,11642	. . . . .	0,29205	. . . . .
		1,098	. . . . .	−0,12057	. . . . .	+0,12095	. . . . .	0,27643
$[\mu_\varrho]$	130	0,884	0,05410	. . . . .	0,15515	. . . . .	0,24895	. . . . .
		0,793	. . . . .	0,04604	. . . . .	0,11499	. . . . .	0,21636
	140	0,952	0,08820	. . . . .	0,19821	. . . . .	0,29526	. . . . .
		0,854	. . . . .	0,07617	. . . . .	0,17467	. . . . .	0,25994
	150	1,020	0,12353	. . . . .	0,24136	. . . . .	0,35008	. . . . .
		0,915	. . . . .	0,10807	. . . . .	0,20582	. . . . .	0,30313
	160	1,088	0,16278	. . . . .	0,28361	. . . . .	0,38235	. . . . .
		0,976	. . . . .	0,14408	. . . . .	0,25493	. . . . .	0,34314
	170	1,156	0,20359	. . . . .	0,32274	. . . . .	0,41977	. . . . .
		1,037	. . . . .	0,18006	. . . . .	0,29407	. . . . .	0,38159
	180	1,224	0,24128	. . . . .	0,35919	. . . . .	0,45371	. . . . .
		1,098	. . . . .	0,21665	. . . . .	0,33183	. . . . .	0,42037

schmalspurigen Gleisen, an die im allgemeinen geringere Anforderungen gestellt werden, noch Einsenkungen bis 7 mm und Bettungsdrucke bis 2 kg/qcm, bei einer Bettungsziffer von $C = 3$, als zulässig annehmen.

Die Biegungsmomente, die für die Beurteilung des Tragvermögens der Querschwelle maßgebend sind, wachsen bei gleichem Schwellenquerschnitte und Schwellenstoff mit der Verminderung der Spurweite und mit der Verlängerung der Schwelle. Bei kleinerer Spurweite sind die Momente in den Lastpunkten bei den in Betracht kommenden Verhältnissen durchweg größer, als die Momente in Schwellenmitte; es wird daher die Ausnutzung des Schwellenquerschnittes hier ungünstiger, weil es nicht möglich ist, eine Gleichheit der Momente in der Mitte und an den Lastpunkten herbeizuführen. Die Erfüllung der letzteren Forderung bei der Spurweite von 1 m würde bei einer Schwellenlänge von rund 1,70 m annähernd stattfinden. Doch empfiehlt es sich, zur Erzielung eines kleineren Druckes über dieses Längenmaß hinauszugehen.

Bei einer Bettungsziffer $C = 3$, einem Schwellenquerschnitte von 20×15 cm dürfte nach dem Vorhergehenden, sofern der Bettungsdruck 2 kg/qcm nicht überschreiten soll, bei

$s = 1{,}00$ m und $l = 180$ cm der Schienendruck P höchstens 3600 kg,
$s = 0{,}75$ m „ $l = 150$ cm „ „ P „ 3000 kg,
und $s = 0{,}60$ m „ $l = 130$ cm „ „ P „ 2560 kg

betragen. Bei einem Schienendruck von $P = 3600$ kg würde der Oberbau einer Bahn mit 0,60 m Spurweite jedenfalls sehr bedeutende Oberbauerhaltungsarbeiten verursachen, da selbst bei einer Schwellenlänge von 180 cm der Bettungsdruck weit über 2 kg/qcm steigen würde. In einer Studie, in der allerdings zunächst nur die eiserne Querschwelle der Vollspurbahnen in Betracht gezogen erscheint, kommt Baurat A. Francke[37]) zu dem Ergebnis, daß ganz allgemein und also auch für Schmalspur giltig, das Längenverhältnis $\frac{\text{Spurweite}}{\text{Schwellenlänge}} = \frac{6}{11}$ als das theoretisch vollkommenste bezeichnet werden muß, weil hierbei die elastische Neigung im Schienendruckpunkte nicht nur für die Schmiegsamkeit der Lagerung $\eta = 0$, sondern auch bei einem zweiten thatsächlich in Betracht kommenden zwischen 0 und 1 liegenden Werte derselben verschwindet und alle Zahlenwerte für die elastische Neigung für jeden in der Wirklichkeit möglichen Wert η sehr klein ausfallen. Hiernach wäre also für

$s = 1{,}00$, $l = 1{,}83$ m; $s = 0{,}75$ m, $l = 1{,}37$ m und für $s = 0{,}60$ m, $l = 1{,}10$ m

zu wählen. Wir halten aus praktischen Gründen für die Spurweite von 0,75 und 0,60 m größere Längen für empfehlenswert.

Man sieht, daß eine zweckmäßige Gestaltung des Oberbaues im Hinblick auf die ruhige Lage desselben und die Herabminderung der Erhaltungskosten nicht gedankenlos für jede beliebige Spurweite nach sonst vorliegenden Ausführungen, oder gar nach dem Vorbilde vollspuriger Bahnen bewirkt werden kann, sondern daß in jedem einzelnen Falle eine sorgfältige Erwägung aller maßgebenden Größen: Raddruck, Achsenstand, Schwellenentfernung, Schienen- und Schwellenquerschnitt, Schwellenlänge statthaben muß. Zu berücksichtigen bleibt allerdings noch, daß die oben gegebenen theoretischen Formeln sich nur auf Schwellen beziehen, die ihrer ganzen Länge nach gleichmäßig unterschlagen sind. In der Ausführung läßt sich diese Voraussetzung nicht erfüllen; die Schwellen werden nicht gleichmäßig unterschlagen. Die Verhältnisse sind hierbei — wie nähere theoretische Untersuchungen erweisen — etwas ungünstiger, als bei gleichmäßig unterschlagenen Schwellen, worauf durch zweckentsprechende Abänderung der theoretisch erhaltenen Werte Rücksicht genommen werden kann.

Wie schon erwähnt wurde, gelangten eiserne Querschwellen bisher selten zur Anwendung, wohl des größeren Anschaffungspreises wegen. In Deutschland hat u. a. die Wallückebahn in den Strecken auf eigenem Untergrund einen ganz eisernen Oberbau. Die Schwellen haben 1,3 m Länge und wiegen 18,34 kg. Bemerkenswert ist, daß von einer Schrägstellung der Schienen Abstand genommen worden ist und auch die Radreifen der Fahrzeuge keine kegelförmige Gestalt besitzen. Der äußerst geringe Einfluß der schlank verlaufenden Bögen bei so kleiner Spurweite auf den Lauf der Fahrzeuge mit kurzen Radständen macht die Schrägstellung und Kegelform entbehrlich; es liegt sogar im Interesse der einfachen Gestaltung und Schonung der Weichen- und Kreuzungsbestandteile, die Schienen gerade zu stellen und die Radreifen zylindrisch zu formen. Die An-

---

[37]) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1900, S. 89—92.

ordnung hat sich bisher zweckmäßig erwiesen. Auch die Zell-Todtnauer Lokalbahnen unter anderen haben eiserne Schwellen (Abb. 25). Die Schmalspurbahnen

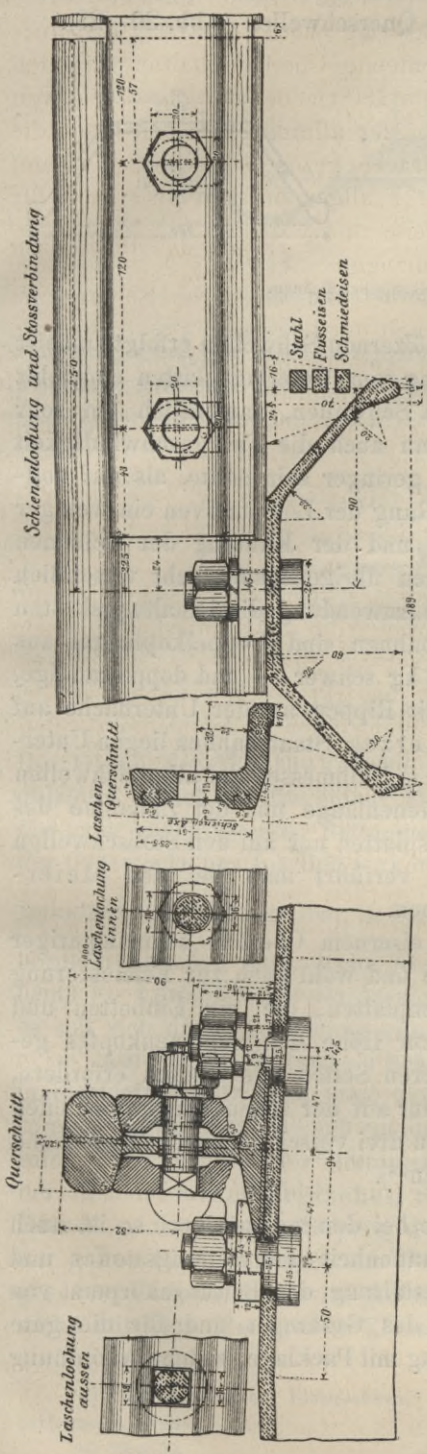


Abb. 25. Oberbau der Zell-Todtnauer Lokalbahnen.

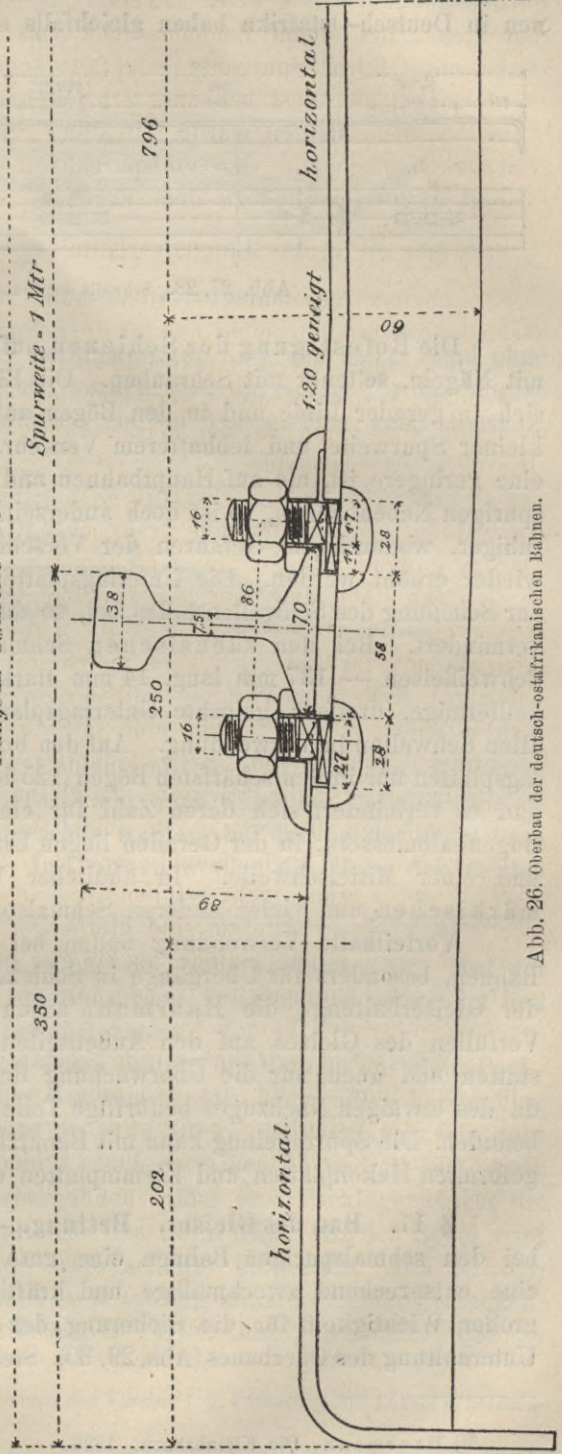


Abb. 26. Oberbau der deutsch-ostafrikanischen Bahnen.

auf Sumatra (1,067 m) besitzen die eisernen Querschwellen Post's mit veränderlichem Querschnitte und 38 kg Gewicht; die Schwellen sind 1,9 m lang, am Ende 280 mm, in der Mitte 135 mm breit, am Ende 125 mm, in der Mitte 126 mm hoch. Die Bahnen in Deutsch-Ostafrika haben gleichfalls eiserne Querschwellen (Abb. 26—28).

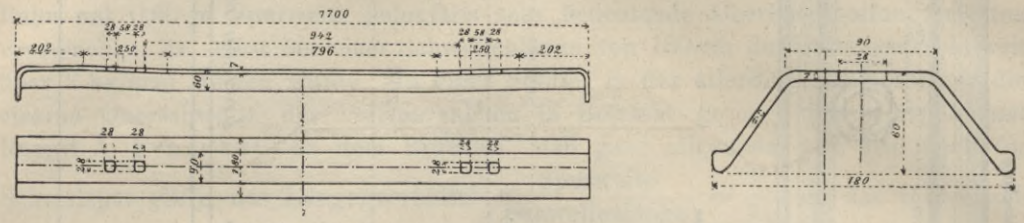


Abb. 27, 28. Schwelle der deutsch-ostafrikanischen Bahnen.

Die Befestigung der Schienen auf den hölzernen Schwellen erfolgt zumeist mit Nägeln, seltener mit Schrauben. Die Einlegung von Unterlagsplatten empfiehlt sich in gerader Linie und in den Bögen auf allen Schwellen, namentlich bei sehr kleiner Spurweite und lebhafterem Verkehr. Wenn auch die Fahrgeschwindigkeit eine geringere ist, als auf Hauptbahnen und auch geringer sein sollte, als auf vollspurigen Nebenbahnen, so ist doch anderseits der Gang der Lokomotiven ein weniger ruhiger, wodurch die Gefahren der Verschiebung und der Kantung der Schienen wieder erhöht werden. Die Unterlagsplatten tragen übrigens auch sehr wesentlich zur Schonung des Schwellenstoffes bei, so daß ihre Anwendung die Erhaltungskosten vermindert. Bei den sächsischen Schmalspurbahnen sind Doppelkopfnägel aus Schweißeisen — 137 mm lang, 14 mm stark, 0,19 kg schwer — und doppelrandige, keilförmige, dreifach gelochte Unterlagsplatten mit Rippen an der Unterfläche auf allen Schwellen in Verwendung. Auf den bosn.-herzeg. Staatsbahnen liegen Unterlagsplatten nur in den schärfsten Bögen (125 bis 150 m Halbmesser) auf allen Schwellen und es vermindert sich deren Zahl für eine Schienenlänge mit der Zunahme des Bogenhalbmessers; in der Geraden liegen Unterlagsplatten nur auf den Stoßschwellen und einer Mittelschwelle. In ähnlicher Weise verfährt man bei den steiermärkischen und vielen anderen Schmalspurbahnen.

Vorteilhafte Verwendung finden bei ganz eisernem Oberbau schmalspuriger Bahnen, besonders für Übergänge in Schienenhöhe und wohl auch zur Erleichterung der Gleiserhaltung, die Haarmann'schen Hakenplatten, die ein Einbetten und Verfüllen des Gleises auf den Außenseiten bis zur Höhe des Schienenkopfes gestatten und auch nur die Überwachung der inneren Seiten des Gleises erfordern, da des etwaigen Nachzuges bedürftige Teile sich nur auf der Innenseite der Schienen befinden. Die Spurregelung kann mit Benutzung von drei verschiedenen, entsprechend geformten Hakenplatten und Klemmplatten erfolgen[38]).

§ 17. Bau des Gleises. Bettung. — Wie bei den vollspurigen, so ist auch bei den schmalspurigen Bahnen eine gute Beschaffenheit des Bettungsstoffes und eine entsprechend zweckmäßige und kräftige Gestaltung des Bettungskörpers von großer Wichtigkeit für die Sicherung der Lage des Gestänges und für die gute Unterhaltung des Oberbaues (Abb. 29, 30). Steinschlag mit Packlage, welche Anordnung

[38]) Haarmann, Die Kleinbahnen. 1896.

die größte Widerstandsfähigkeit nicht nur in Bezug auf die feste Lage des Gleises, sondern auch in Bezug auf den Verbrauch an Bettungsstoff bietet, wäre daher in erster Linie zu empfehlen; mit Rücksicht auf die geringe Fahrgeschwindigkeit auf

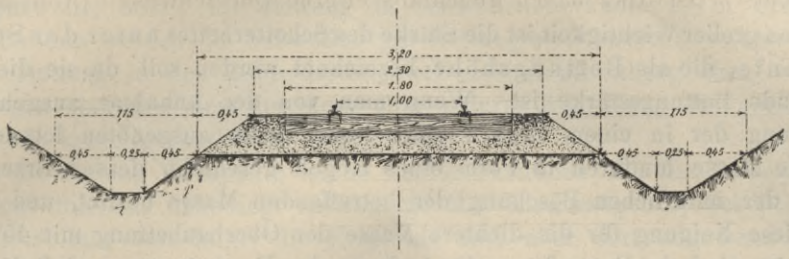


Abb. 29. Bettung schmalspuriger Bahnen. Flensburg-Kappeln.

Schmalspurbahnen erscheint jedoch auch geringwertiger Kies und selbst Sand ohne Packlage zulässig; doch darf nicht übersehen werden, daß die Kosten für das Stopfen der Gleise sich hierbei höher stellen dürften als bei Verwendung guter Bettung.

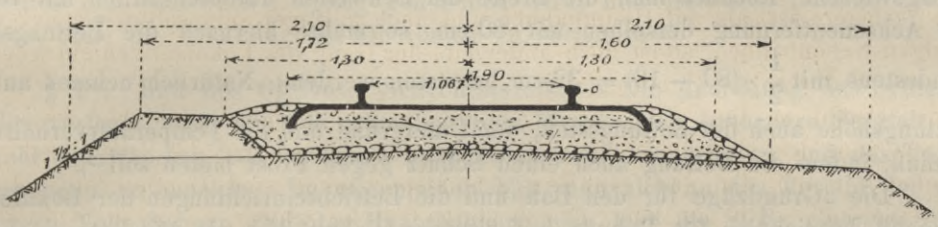


Abb. 30. Bettung schmalspuriger Bahnen. Sumatra.

Die Gleise der Wallückebahn sind in Kohlensandstein und thonigem Kalkstein gelagert. Nach Civilingenieur E. A. Ziffer kann auch Sand bei Lokalbahnen als ein ganz entsprechender Bettungsstoff angesehen werden, bei dem in der Regel auch der Graswuchs nur spärlich vorkommt[39]). In Ungarn werden die Gleise der meisten Lokalbahnen[40]) unmittelbar in Sand gebettet, da dort $\frac{2}{3}$ Sand und $\frac{1}{3}$ Deckschotter behördlich gestattet sind, wenn Kies nicht in nächster Nähe vorhanden ist. Auf der Linie St. Lörincz-Nasic wurde sogar Sandbettung ohne Deckschotter verwendet und es soll sich diese Anordnung ganz gut bewährt haben.

Auf den sächsischen Schmalspurbahnen besteht die Bettung aus einer Packlagerschicht von Bruchsteinen, auf welcher der zum Stopfen notwendige Kleinschlag in einer Stärke von etwa 6,5 cm aufgebracht ist. Die Stärke des Packlagers schwankt infolge des Gefälles der Bettungssohle von 1 : 29,5 zwischen 15 und 20 cm. Auch bei den württembergischen Schmalspurbahnen bildet eine Packlagerschicht die Grundlage des Schotterkörpers, der unmittelbar das Gleis trägt. In der Regel wird der ganze Bettungskörper aus Fluß- oder Grubenschotter hergestellt. Bei den belgischen Vizinalbahnen wird größtenteils und zwar aus Ersparnisrücksichten Schlackenasche mit Kies oder grobem Kiessand vermengt in Verwendung genommen. Um die

---

39) „Gleisbettung bei Eisenbahnen.“ Mitteilungen des Vereins f. d. Förderung des Lokal- u. Straßenbahnwesens. 1901, S. 49.

40) Ebenda.

Einwirkung des Frostes minder schädlich zu machen, ist auf unbedingte Reinheit des Bettungsstoffes zu sehen. In den Tropen kommt weniger der Frost als der Regen in Betracht und es darf daher nicht zu feinkörniger Kies zur Verwendung kommen.

Von großer Wichtigkeit ist die Stärke des Schotterbettes unter der Schwellenunterkante, die als Bettungshöhe bezeichnet werden soll, da sie die eigentlich maßgebende Bettungsstärke ist. Wenn man von der Annahme ausgeht, daß die Übertragung der in einem Punkte einer losen Masse ausgeübten lotrechten Kraft durch die Masse hindurch in Form eines Kegels geschieht, dessen Erzeugende die Neigung der natürlichen Böschung der betreffenden Masse besitzt, und wenn man weiter diese Neigung für die dichtere Masse der Oberbaubettung mit 45° annimmt, so zeigt eine einfache Betrachtung der auftretenden Erscheinungen, daß die Bettungshöhe mindestens gleich der halben Entfernung zwischen zwei benachbarten Schwellen sein muß, wenn der Untergrund geschont werden soll, und daß deren noch größere Bemessung zur Schonung des Untergrundes in erhöhtem Maße beiträgt[41]. Die Notwendigkeit einer starken Bettungshöhe wird auch von Ast[42] betont und ausführlich nachgewiesen. Rechnet man die Breite der Schwellen durchschnittlich mit 16 cm, die Achsenentfernung derselben mit 80 cm, so müßte hiernach die Bettungshöhe mindestens mit $\frac{1}{2} \cdot (80 - 16) = 32$ cm bemessen werden. Natürlich nehmen auf die Bettungshöhe auch der Bettungsstoff, der Untergrund und die Temperaturverhältnisse Einfluß, indem die Bettung auch einen Schutz gegen Frost bieten soll[43].

Die „Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokaleisenbahnen“ bezeichnen für Bahnen auf eigenem Bahnkörper als Mindestausmaß der Bettungshöhe 10 cm, empfehlen aber eine größere Bettungshöhe. Thatsächlich finden sich bei den Schmalspurbahnen auch durchwegs größere Ausmaße; die Bettungshöhen liegen im allgemeinen zwischen 12 und 36 cm. Es beträgt die Bettungshöhe z. B. bei Doberan-Heiligendamm 22 cm, Eichstätt, Bahnhof-Stadt 28 cm, Kreis Altenaer Schmalspurbahnen 30 cm, Flensburg-Kappeln 30 cm, bei den norwegischen Staatsbahnen 30 bis 35 cm, bei den steiermärkischen Schmalspurbahnen und überhaupt den österreichischen Schmalspurbahnen 12 cm, bei der Linie Toury-Pithiviers (mit eisernen Schwellen) 15 cm, den sächsischen Schmalspurbahnen 15 bis 40 cm, den württembergischen Schmalspurbahnen 17 bis 22 cm (mit Packlage).

Damit der Bettungskörper befähigt ist, die von den Schwellen ausgeübten Druckwirkungen nach allen Richtungen auf den Unterbaukörper zu übertragen, muß er auch eine entsprechende Breite erhalten; doch darf der Wert der vor dem Schwellenkopf liegenden Bettungsmasse nicht zu hoch veranschlagt werden. In gerader Linie dürfte es genügen, wenn die Bettung die Querschwellen beiderseits nur 10 bis 20 cm überragt; bei den Bahnen mit 60 cm Spurweite und mit eisernen

---

41) Bernardo Puig, Die Leistungs- und Widerstandsfähigkeit des Schmalspuroberbaues. Zeitschr. für Eisenb. u. Dampfsch. der österr.-ungar. Monarchie. 1896, S. 253.

42) Note sur les traverses de chemins de fer et leur assise. Bulletin de la commission internationale du Congrès des chemins de fer 1895.

43) E. A. Ziffer, „Über Gleisbettung.“ Mitteil. d. Vereins f d. Förderung d. Lokal- u. Straßenb. 1901, S. 49.

Querschwellen geht man allerdings bis zu 20 und 25 cm; die sächsischen Schmalspurbahnen lassen die Bettung in schärferen Bögen an der Außenseite um 53 cm über die Schwelle hinausragen; bei den österreichischen Schmalspurbahnen (76 cm Spurweite) erhält die Bettung in Schwellenoberkante 2,0 m Breite. Auf manchen Bahnen werden die Schwellen mit Bettungsstoff bedeckt, während auf anderen die Bettung in der Höhe der Schwellenoberkante abgeglichen wird. Die Anschauungen über den Wert der einen oder anderen Anordnung sind geteilt; jedenfalls bestehen keine wesentlichen Unterschiede.

Da die Bettung kostspielig ist, so ist das Bestreben, mit der Bemessung ihrer Anlage nicht über das unbedingt notwendige Maß hinauszugehen, bei den Schmalspurbahnen vollauf berechtigt; die Ersparnis muß aber dort angewendet werden, wo sie nicht zu einer dauernden Belastung der Betriebsausgaben führt. Es ist daher ganz übel angebracht, wenn — wie es nicht selten geschieht — die Bettungshöhe auf ein Maß herabgedrückt wird, bei dem die Bettung die ihr zukommende Aufgabe nicht mehr erfüllen kann. Dagegen erscheint es von minderem Belang für die Standfestigkeit des Gleises, wenn von einer vollständigen Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Schwellen Umgang genommen wird; hier läßt sich Bettungsstoff ersparen, ohne die Erhaltung des Oberbaues zu verteuern[44]).

§ 18. Bau des Gleises. Schienenstofs. — Die Anordnung des Schienenstoßes verlangt auch bei den schmalspurigen Eisenbahnen besondere Sorgfalt, um sowohl den Oberbau, als auch die Fahrbetriebsmittel zu schonen und das Fahren angenehmer zu machen. Im allgemeinen hält man sich an das Vorbild der vollspurigen Nebenbahnen und der Hauptbahnen; man legt die Stöße einander rechtwinklig gegenüber und verbindet die Schienen durch kräftige Winkellaschen mit vier Schraubenbolzen; die Unterstützung des Stoßes bei Querschwellen ist stets „schwebend"; auf den Stoßquerschwellen werden Unterlagsplatten angebracht. Zum Schutze gegen das Wandern der Schienen erhalten die Laschen Nutungen, in welche die Schienennägel eingreifen.

Bei dem Schienenstoß der sächsischen Schmalspurbahnen beträgt die Entfernung der Stoßschwellen 500 mm; die inneren Winkellaschen mit Nutung sind 548 mm lang, 4,08 kg schwer, die äußeren Winkellaschen 484 mm lang und 4,525 kg schwer; vier Laschenschrauben, 19 mm stark, wiegen 0,313 kg und sind mit Federringen versehen.

Abb. 31 bis 33 zeigen die Stoßanordnung bei den bosnisch-herzeg. Staatsbahnen: Entfernung der Stoßschwellen 500 mm; Innenwinkellasche 550 mm lang, 4,67 kg schwer, mit Nutung; Außenwinkellasche 590 mm lang, 4,83 kg schwer, mit Nutung; vier Laschenschrauben, 18 mm stark, samt Federring 0,29 kg schwer.

Die Stoßanordnung bei den württembergischen Schmalspurbahnen ist in Abb. 34 dargestellt. Entfernung der Stoßschwellen 500 mm; Innenwinkellaschen 380 mm lang und 3,33 kg schwer; Außenwinkellaschen 380 mm lang und 3,29 kg schwer; vier Laschenschrauben 18 mm stark, 0,275 kg schwer, Federringe zu je 0,015 kg Gewicht. Stoßanordnung bei der Schmalspurbahn Flensburg-Kappeln (Abb. 35, 36): Entfernung der Stoßschwellen 480 mm, innere Winkellaschen, ebenso

---

44) Nach ähnlichen Grundsätzen sind die Bettungskörper vieler englischen Hauptbahnen angeordnet.

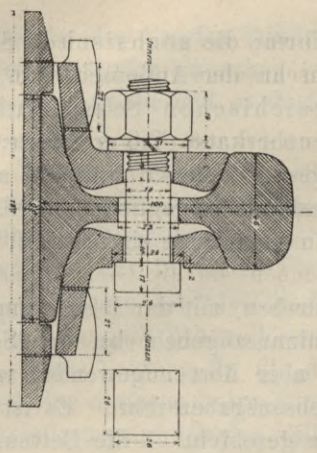


Abb. 31.

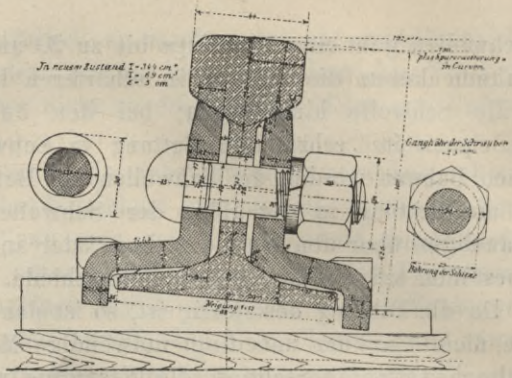


Abb. 34. Schienenstoß der württembergischen Staatsbahnen. $s = 75$ cm.

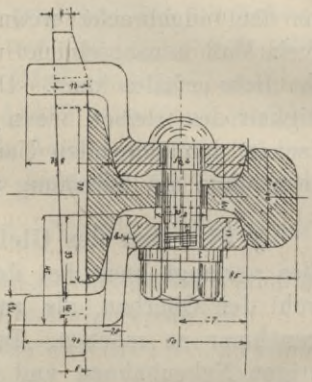


Abb. 35.

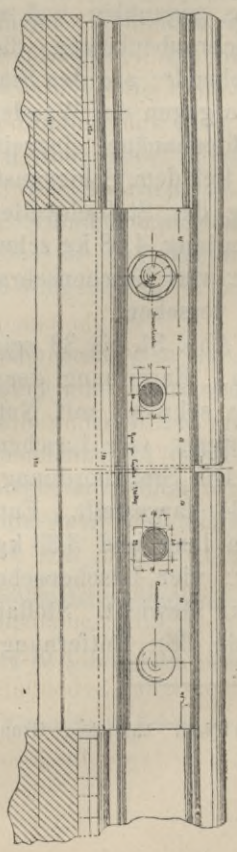


Abb. 36.

Abb. 35, 36. Schienenstoß der Schmalspurbahn Flensburg-Kappeln. $s = 1$ m.

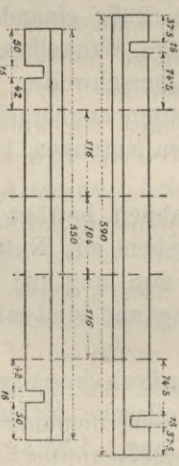
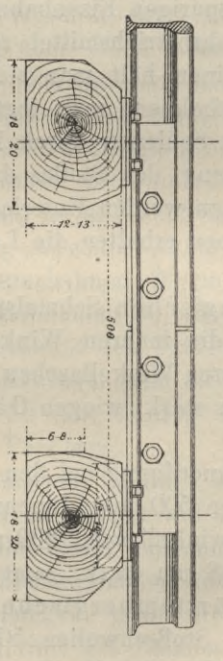


Abb. 32.



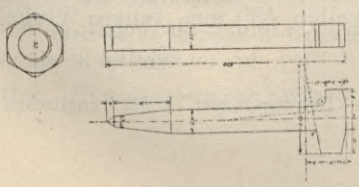


Abb. 33.

Abb. 31, 32, 33. Schienenstoß der bosnisch-herzegowinischen Staatsbahnen. $s = 76$ cm.

wie die äußeren Winkellaschen 350 mm lang, 3,30 kg schwer, sie greifen mit einem lotrechten Schenkel unter den Schienenfuß; vier Laschenschrauben 16 mm stark, 0,21 kg schwer.

Bei der Stoßanordnung der niederländischen Staatsbahnen auf Sumatra (1,067 m Spurweite) beträgt die Entfernung der Stoßschwellen 490 mm, Länge der Winkellaschen 670 mm; auch hier sind vier Laschenschrauben angeordnet.

Die Stoßverbindung bei den belgischen Vizinalbahnen bestand ursprünglich aus einer Winkellasche außen und einer Flachlasche innen; da die Gleise nicht sehr sorgfältig erhalten werden konnten, wurden Laschenbolzen, Unterlagsplatten und Schienennägel in kurzer Zeit überaus stark abgenutzt, so daß nunmehr doppelte Winkellaschen und an Stelle der Nägel Holzschrauben in Anwendung kommen, die ein besseres Verhalten des Oberbaues zur Folge haben. Für die Bahnen von 60 cm Spurweite und mit eisernen Querschwellen kommen neuestens Winkellaschen in Anwendung, die innen nach einem Halbmesser von 200 mm gekrümmt sind; bei Schienen von 70 mm Höhe erhalten die Laschen 51 mm Höhe, 10,5 mm Stärke und 250 mm Länge. Die vier Laschenschrauben haben 12 mm Bolzenstärke. Bei der Calvados-Bahn (60 cm Spurweite), welche die Seebäder Dives und Luc sur mer mit Caen verbindet, sind die Stöße ebenfalls schwebend angeordnet und es liegen die eisernen Querschwellen daselbst in Entfernungen von 400 mm; die 250 mm langen Laschen sind je 1,85 kg schwer und verbinden die Schienenenden mittels 4 Schrauben. Auf der Wallückebahn haben in den Strecken mit eigenem Bahnkörper Wechselstegschienen auf Eisenquerschwellen[45]) Anwendung gefunden. Die Schienen haben 90 mm Höhe, 75 mm Fußbreite, 15,8 kg/m Gewicht und einen unsymmetrisch gegen Fuß und Kopf angeordneten Steg; an den Stößen ist auf 200 mm Länge der halbe Kopf und der halbe Fuß ohne Verletzung des Steges entfernt und sind diese halben Schienen aneinander gelegt, verblattet, so daß sich hier zwei volle Stege auf 200 mm Länge neben einander befinden und sich die Enden der Fahrschienen gegenseitig verlaschen; sie sind außerdem noch durch Winkellaschen von 490 mm Länge im Gewichte von 7,5 kg mittels sechs Stück 19 mm starker Schrauben verbunden. Die Entfernung der Stoßschwellen beträgt 552 mm. Die statischen Momente der Schienen- und Laschenquerschnitte sind:

		Schiene		Laschenpaar
		Mitte	Blatt	
Trägheitsmoment	(cm^3)	809	415	330
Widerstandsmoment	(cm^4)	115,5	59,3	59

Die Summe der Trägheitsmomente von Laschenpaar und Schienenblatt erreicht also nahezu die Höhe des Trägheitsmomentes des Schienenquerschnittes, und die Summe der Widerstandsmomente von Schienenblatt und Laschenpaar übersteigt sogar das Widerstandsmoment der Schiene. In Bezug auf Steifigkeit und Biegungsfestigkeit erweist sich diese Stoßanordnung sonach sehr vorteilhaft.

§ 19. Bau des Gleises. Zusammenfassung der Grundsätze. — Eine kräftige, auf thunlich langen, guten Zustand abzielende Anordnung des Oberbaues bleibt auch für schmalspurige Bahnen erste Bedingung. Wohl sind die Fahrgeschwindigkeiten auf diesen Bahnen zumeist kleiner als bei Hauptbahnen und selbst bei vollspurigen Nebenbahnen, aber der Verkehr ist vielfach ebenso lebhaft und

---

[45]) Haarmann, Die Kleinbahnen. Berlin 1896.

— was ganz besonders ins Gewicht fällt — die Erhaltung kann nicht eine so eingehende sein, wie bei jenen. Die Bahnerhaltung findet bei Bahnen, die in abgelegene Gegenden führen und geringe Länge besitzen — und solche Bahnen sind meist die Schmalspurbahnen — unter ungemein schwierigen Verhältnissen statt und wird gewöhnlich sehr kostspielig, weil es einerseits nicht gut möglich ist, die erforderlichen Arbeiter von Fall zu Fall aufzunehmen und weil anderseits nicht immer genügend Arbeit vorhanden ist, dieselben zu beschäftigen[46]). Wenn der Oberbau derart ausgeführt ist, daß der einmal hergestellte gute Zustand auf längere Zeit dauernd erhalten bleibt, dann werden größere Ausbesserungen auch nur in größeren Zwischenräumen erforderlich werden und es werden sich für diese Ausführungen leicht vorübergehend Arbeiter beziehen lassen. Ein nicht zweckentsprechend hergestellter Oberbau wird sehr bald Mängel verschiedener Art aufweisen, die — wenn sie nicht thunlich gleich behoben werden — in kürzester Zeit derart wachsen, daß die Fahrbetriebsmittel darunter leiden, die Sicherheit des Verkehrs vermindert wird und die Kosten der Wiederherstellung des guten Zustandes sehr bedeutend werden. Will man dies vermeiden, so ist in einem solchen Falle eine stete, kostspielige Flickerei an den Gleisen die natürliche Folge.

Nach den vorhergehenden Erörterungen verlangt ein guter, dauerhafter Oberbau

1. eine dem Raddruck entsprechend bemessene Schiene, wobei allerdings zu bemerken ist, daß das Gewicht derselben auf die Steifigkeit des Gleises nicht jenen großen Einfluß nimmt, der ihm vielfach zugeschrieben wird;
2. kräftige Ausmaße der Schwellen in Bezug auf deren Länge und Breite und eine Entfernung derselben von Mitte zu Mitte von höchstens 80 cm;
3. eine starke Stoßanordnung, wofür der überblattete Stoß mit thunlich naheliegenden Stoßschwellen ganz besonders geeignet erscheint;
4. die Anbringung von Unterlagsplatten auf allen Schwellen in schärferen Krümmungen und auf wenigstens drei Schwellen für eine Schienenlänge in den Geraden;
5. eine starke Unterbettung der Schwellen mit möglichst gutem Stoffe, wobei auf eine sorgfältige Entwässerung um so mehr Wert zu legen ist, je weniger geeignet für seine Aufgabe der Bettungsstoff erscheint.

Man hat in früheren Zeiten der Anschauung gehuldigt, daß für schmalspurige Bahnen ein leichter Oberbau vollständig hinreichend sei. In den letzten Jahren ist hierin glücklicherweise ein Umschwung eingetreten, indem man zu der Erkenntnis der Notwendigkeit eines kräftigeren Oberbaues auch für Bahnen mit geringerem Verkehre, minderer Fahrgeschwindigkeit und leichteren Fahrzeugen gelangt ist. Man sollte bei der Anordnung des Oberbaues für eine schmalspurige Bahn niemals einfach eine vorhandene Anordnung nachahmen, auch wenn sie noch so gut ist, weil in der Regel die auf die Oberbauanordnung Einfluß nehmenden Verhältnisse bei den verschiedenen Bahnen verschieden sind; man sollte vielmehr in jedem einzelnen Falle ganz selbständig vorgehen.

Die Theorie beruht zwar nicht auf unerschütterlichen Grundsätzen; aber sie gewährt als Wegweiser für eine zweckmäßige Anordnung immerhin vortreffliche

---

46) Vergl. die Abhandlung des Verfassers: Über die Bahnerhaltungskosten schmalspuriger Bahnen. Zeitschr. f. d. ges. Lok. und Straßenbahn-Wesen 1896, S. 122.

Dienste, denen der Bauingenieur bei ernster Auffassung der ihm gestellten Aufgabe niemals vollständig entraten kann.

§ 20. Gleisverbindungen bei Schmalspurbahnen. — Im allgemeinen zeigt die Anordnung bei schmalspurigen Bahnen gegenüber jenen bei vollspurigen Bahnen keine Abweichung. Ein Unterschied ergiebt sich nur durch die Zulässigkeit geringerer Halbmesser im Zweiggleise und größerer Kreuzungswinkel bei den Herzstücken. Der Halbmesser der Krümmungen soll — nach den „Grundzügen für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokalbahnen" — in der Regel bei 1 m Spur nicht kleiner als 50 m, bei 750 mm Spur nicht kleiner als 40 m und bei 600 mm Spur nicht kleiner als 25 m sein; doch können auch schärfere Bögen vorkommen, wenn die Betriebsmittel zur Befahrung solcher eingerichtet sind. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von höchstens 20 km in der Stunde sind nach den „Grundzügen" alle Arten von Weichen, also auch solche, deren Bauart bei Einstellung auf das falsche Gleis das Ablaufen der Räder von den Schienen zuläßt, verwendbar, andernfalls dürfen diese letztgenannten Weichen nur in Nebengleisen verlegt werden.

Beispiele gut ausgeführter Weichenanordnungen[47]).

1. Kreiseisenbahn Flensburg-Kappeln (1,00 m Spurweite): Halbmesser

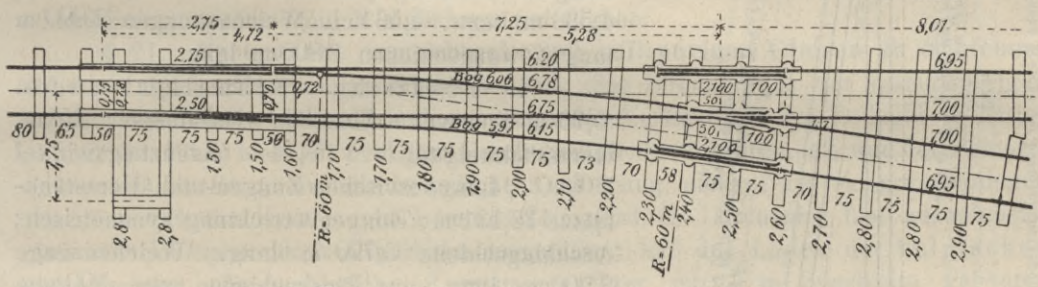


Abb. 37. Einfache Weiche der sächsischen Schmalspurbahnen.

des Weichenbogens 88,43 m, Herzstückneigung 1 : 7, Länge zwischen Zungen- und Herzstückspitze 10 m; Zungenlänge 2,130 m; Weichenschwellen 20 × 12 cm bei

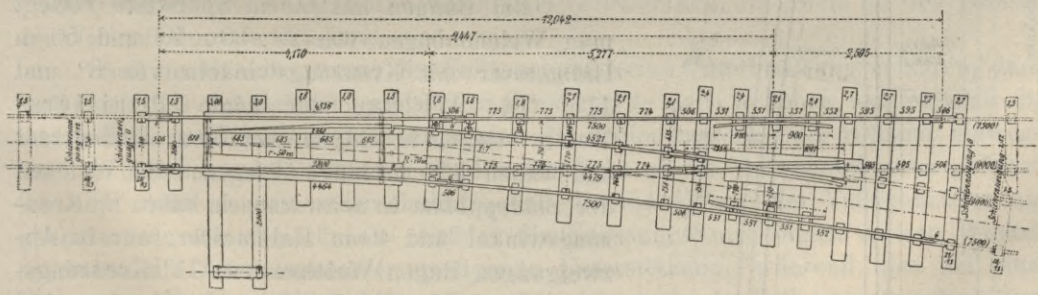


Abb. 38. Einfache Weiche der württembergischen Staatsbahnen.

1,7 bis 3,0 m Länge; Herzstücke aus Coquillenhartguß; Zwangschiene 2,00 m lang.

2. Sächsische Schmalspurbahnen (0,75 m Spurweite Abb. 37): Halbmesser

[47]) Auch bei anderen Schmalspurbahnen, als den hier genannten, finden sich gute Weichenanordnungen, doch sind sie im allgemeinen wenig verschieden von den angeführten Bauarten; vielfach aber standen dem Verfasser nicht alle erforderlichen Maßangaben zu Gebote.

60 m, Herzstückneigung 1 : 7; Länge zwischen Zungen- und Herzstückspitze 9,75 m; Zungenvorrichtung symmetrisch, also für Rechts- und Linksweichen ohne weiteres verwendbar; Anschlagschiene 2,75 m, Weichenzungen 2,50 m lang; letztere bestehen aus Blockschienen von 42 mm Breite und 70 mm Höhe. Weichenschwellen 17 × 14 cm stark; Herzstücke aus Hartguß. Als Zwangschienen dienen 2,1 m lange Hartgußstücke, bei welchen Fahrschiene und Zwangschiene zu einem Stück vereinigt sind; Spurrinne in gerader Linie von dem mittleren Teile 33 mm, entsprechend einer Entfernung von 0,717 m zwischen Fahrkante im Herzstück und der Leitkante im Zwangstück.

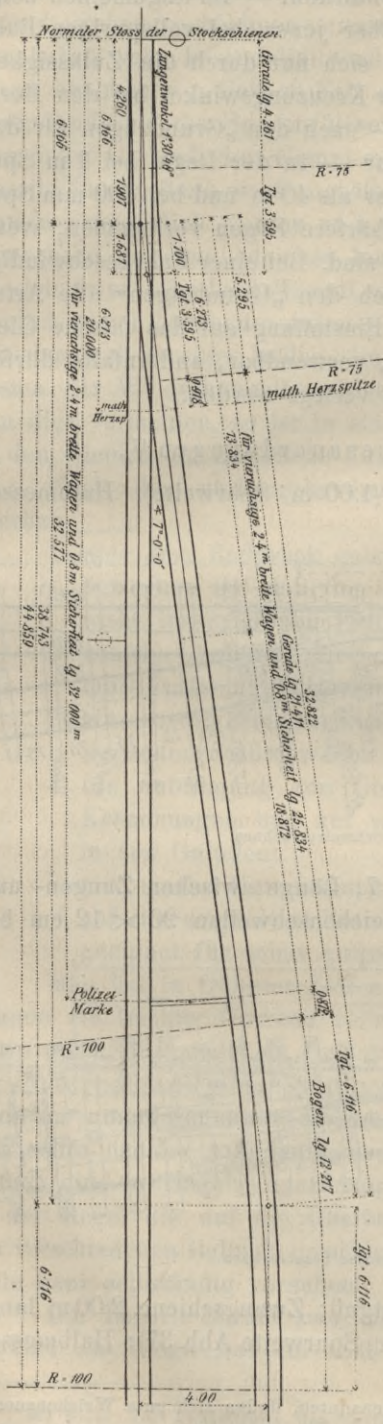


Abb. 39. Einfache Weiche der bosnisch-herzegowinischen Staatsbahnen.

3. K. württembergische Staatseisenbahnen (0,75 m Spurweite Abb. 38). Herzstückneigung 1 : 7; Halbmesser der Wechselzunge 50 m; Halbmesser des Weichenbogens 70 m. Länge zwischen Weichenanfang und Herzstückspitze 9,447; Zungenvorrichtung symmetrisch; Anschlagschienen 4,536 m bezw. 4,464 m, Weichenzungen 2,800 m lang; Zwangschienen 1,800 m lang.

4. Bosnische Schmalspurbahnen (0,76 m Spurweite Abb. 39). Halbmesser 75 m, Herzstückneigung 1 : 8,14 (Kreuzungswinkel 7° 0′ 0″); Länge zwischen Zungen-und Herzstückspitze 12,131 m; Zungenvorrichtung symmetrisch; Anschlagschiene 3,770 m lang, Weichenzunge 3,200 m lang, aus Blockschienen von 100 mm Breite und 72 mm Höhe. Weichenschwellen 21 × 14 cm; Herzstücke aus Stahlguß. Zwangschienen 3,700 m lang; Spurrinne 35 mm.

Bei Bahnen mit 60 cm Spurweite verlegt man Weichenbögen von 20, 30, 40 und 50 m Halbmesser mit Kreuzungswinkeln von 8° und 11°. Die Weichen der Linie Pithiviers-Toury liegen in Bögen von 30 m Halbmesser und haben 1,25 m lange Zungen; die Weichen der Schleppbahn in Schwarzbach haben 8° Kreuzungswinkel und 40 m Halbmesser; nur in Abzweigungen liegen Weichen von 11° Kreuzungswinkel und 25 m Halbmesser; die Zungen sind 2,50 m lang, das Herzstück ist aus Hartguß.

Die nach Decauville's System ausgeführten Schmalspurweichen bestehen aus vier Teilen; drei Teile bilden die Kreuzung, ein Teil umfaßt die eigentliche Weiche; der Weichenhalbmesser beträgt 20 m, 30 m und 50 m je nach Bedarf; die eisernen Schwellen liegen immer

senkrecht zum geraden Gleise; die Gesamtlänge beträgt 8,75 m, das Gesamtgewicht 413 kg, im übrigen gleicht die Anordnung jener der vollspurigen Bahnen.

Im allgemeinen dürfte sich für den Bau der Weichen bei schmalspurigen Bahnen als Grundsatz thunliche Einfachheit in Verlegung und Erhaltung empfehlen: symmetrische Anordnung der Zungenvorrichtung, um dieselbe beliebig für Rechts- und Linksweichen gebrauchen zu können und möglichst wenig verschiedenartige Bestandteile in Vorrat halten zu müssen, umwendbare Gußstahlherzstücke, Vereinigung der Zwang- und Fahrschienen zu einem Stück, eiserne Schwellen. Die Neigung des Herzstückes kann mit 1 : 7 bis 1 : 8 gewählt werden, weil die Weichen hierbei ziemlich kurz werden, also die Bahnhofsanlagen keine zu große Ausdehnung erhalten. Weichensignale sind — wenigstens in Hauptgleisen — unbedingt angezeigt; eine Beleuchtung derselben ist nicht erforderlich, solange nur Tagesdienst stattfindet.

Für die Anordnung der Kreuzungen von Gleisen gleicher Spurweite, die selten vorkommen, sind die gleichen Grundsätze maßgebend, wie bei vollspurigen Bahnen. Siehe deshalb V. Bd. des Handbuches der Ingenieur-Wissenschaften, VI. Kapitel.

Ebenso unterliegt der Bau der Drehscheiben für Schmalspurbahnen keinen besonderen Grundsätzen gegenüber dem Bau vollspuriger Drehscheiben. In § 22 findet sich die Beschreibung einiger Feldbahn-Drehscheiben, die sich auch für schmalspurige Neben- und Kleinbahnen gut eignen.

§ 21. Kreuzungen von schmal- und vollspurigen Gleisen in Schienenhöhe. — Solche Kreuzungen erscheinen als eine Besonderheit der schmalspurigen Bahnen. Sie bieten namentlich dann, wenn der Verkehr auf der Vollspur lebhafter ist und die Züge hier mit größerer Geschwindigkeit verkehren, als auf der Schmalspur sowohl in Bezug auf die technische Ausführung, als auf die Sicherungsanlagen besondere Schwierigkeiten. In neuerer Zeit wird die Kreuzung fast ausnahmslos ganz mit Schienen der Vollspurbahn ausgeführt; auf den Linien der belgischen Vizinalbahnen, die zahlreiche Kreuzungen ihrer mit 1 m Spurweite gebauten Linien mit den vollspurigen Linien des Staatsbahnnetzes, der Grand Central- und der Nord Belge-Eisenbahn besitzen, wurden anfangs die Schienen der Vizinalbahn in der Kreuzungsstrecke beibehalten, später aber durch Schienen der Vollspur ersetzt, wodurch die Anlagen eine wesentliche Verbesserung, besonders für den Verkehr der Vizinalbahnzüge erfuhren.

Soll der Schienenstrang der Vollspurbahn keine Unterbrechung erfahren, dann muß das Gleis der Schmalspur bei der Kreuzung so hoch gehoben werden, daß die Räder der schmalspurigen Fahrzeuge über die Schienenstränge der Vollspur hinweglaufen. Die Schmalspurschienen werden bis dicht an die Vollbahnschienen geführt; ihr Kopf wird so weit ausgeschnitten, daß die Spurkränze der Vollbahnräder ungehindert durchlaufen können. Erfolgt die Kreuzung unter einem spitzen Winkel, so finden die Schmalspurräder genügende Unterstützung, während dies bei einer Kreuzung unter einem Winkel von nahezu 90° nicht mehr der Fall ist. Zweckmäßiger und einfacher in ihrer Ausführung erscheint die Kreuzung in der Schienenlauffläche, wobei dann selbstverständlich Einkerbungen in den Vollspurschienen nicht zu vermeiden sind, um den Rädern, beziehungsweise den Spurkränzen der schmalspurigen Fahrzeuge einen Durchlauf zu gestatten; aber weder die eine, noch die andere Anordnung ist im allgemeinen irgendwie bedenklich, sobald nur die ganze Ausführung gut und zweckmäßig ist. Zu diesem Behufe ist die entsprechende Anbringung von

Leitschienen, die mit den Fahrschienen fest verbunden sind und eine angemessene Länge haben, die gute Lagerung an den Kreuzungsstellen und die kräftige Verlaschung der Schienen an den Einkerbungsstellen empfehlenswert[48]).

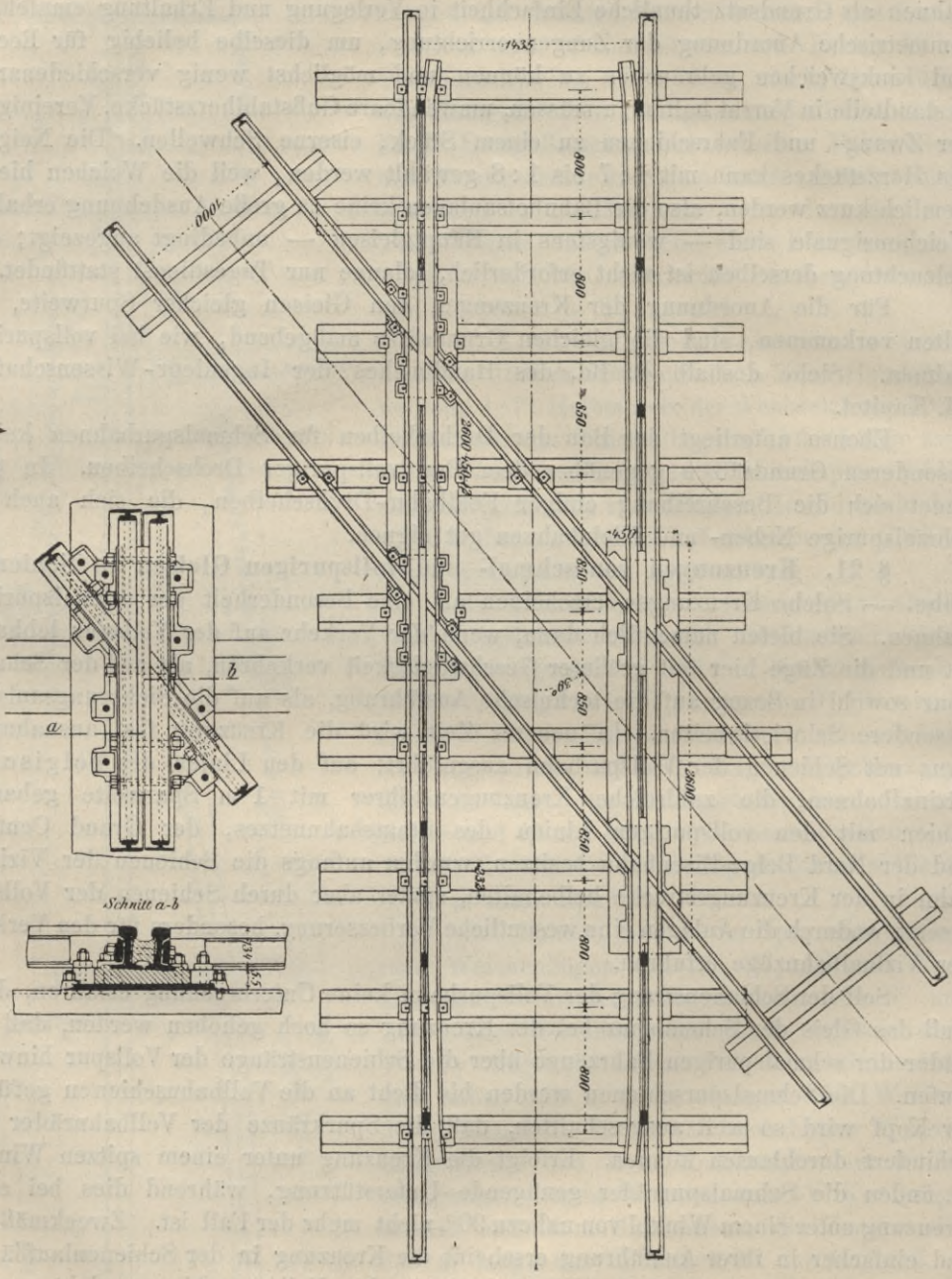


Abb. 40. Kreuzung der Aachener Kleinbahn mit der preußischen Staatsbahn.

Als Beispiel einer zweckmäßigen und sorgfältig hergestellten Kreuzung dieser

[48]) Vgl. den Bericht über die Frage der Kreuzung von Haupt- und Kleinbahnen für den internationalen Eisenbahnkongress (Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer, Juli 1900, 3. Heft).

Art sei zunächst die Kreuzung eines Nebengleises der preußischen Staatsbahnen mit einem Gleise der Aachener Kleinbahn beschrieben (Abb. 40).

Die Spurweite des Kleinbahngleises beträgt 1 m, der Kreuzungswinkel der Gleise 39°. Die ganze, von der Firma Jos. Vögele in Mannheim ausgeführte Kreuzung ist aus Staatsbahnschienen hergestellt und zwar liegen im Staatsbahngleise 18 m lange Fahrschienen mit Zwangschienen. Die Übergänge von den Kreuzungsschienen zu den anschließenden Schienen im Staatsbahn- und Kleinbahngleise werden durch Übergangsschienen bewerkstelligt. Die Laufflächen

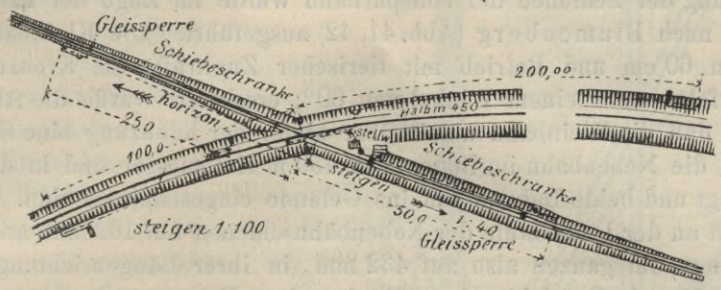


Abb. 41.

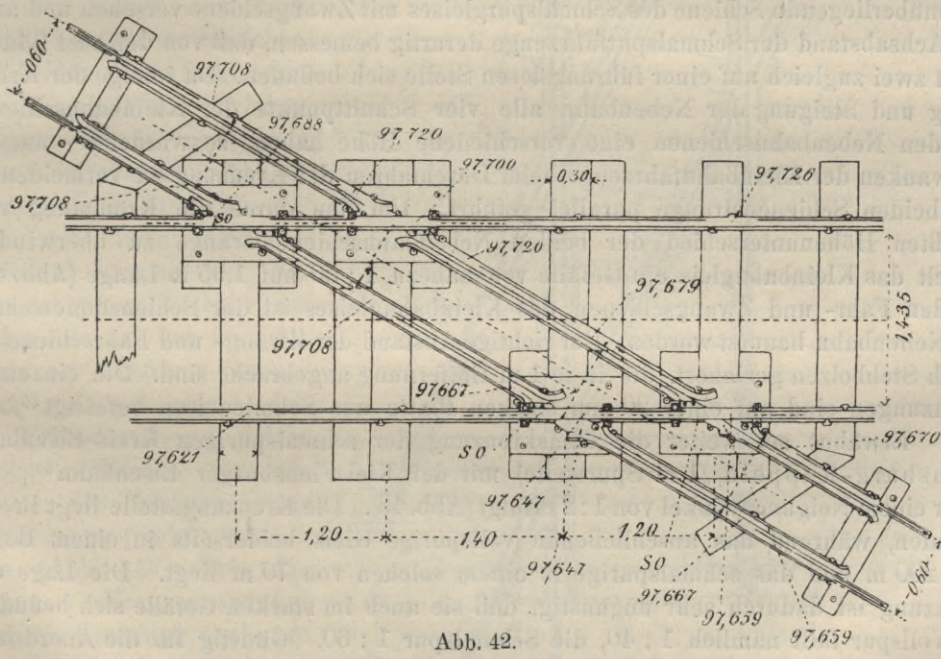


Abb. 42.

Abb. 41, 42. Kreuzung einer Kleinbahn mit einer Nebenbahn.

der Schienen liegen in beiden Gleisen in derselben Höhe, jedoch unter Beibehaltung der Neigung von 1 : 20 der Staatsbahnschienen. Für die Spurkränze der Staatsbahnwagen ist durch Unterbrechung des Kleinbahngleises unter Verwendung von Zwangschienen ein Spielraum von 41 mm gelassen, während für die Spurkränze der Kleinbahnwagen die Köpfe der Staatsbahnschienen auf 30 mm Breite und 20 mm Tiefe eingekerbt sind. An den Kreuzungsstellen sind unter den Staatsbahnschienen in ihrer Längsrichtung zwei Eisenplatten verlegt, zu deren Unter-

stützung die Schwellen des Staatsbahngleises dienen und auf denen die Schienen der Staatsbahnen fest verschraubt sind. An der Einkerbungsstelle sind dieselben auf eine größere Länge nach Art der Schienenstöße gesichert, indem sie innen durch stählerne Sperrstücke, außen durch Winkellaschen getragen werden, so daß etwa auftretende Brüche der eingekerbten Staatsbahnschienen gänzlich ungefährlich gemacht sind, um so mehr als Bewegungen im lotrechten Sinne durch die Unterlagsplatte verhindert werden.

Eine Kreuzung zwischen voll- und schmalspurigen Gleisen in Schienenhöhe ohne Einkerbung der Schienen der Vollspurbahn wurde im Zuge der Eisenbahn von Schönebeck nach Blumenberg (Abb. 41, 42) ausgeführt. Die Kleinbahn hat eine Spurweite von 60 cm und Betrieb mit tierischer Zugkraft; die Kreuzung mit der Nebenbahn erfolgt unter einem Winkel von 60°; erschwert wurde die Anlage durch den Umstand, daß die Kleinbahn unmittelbar hinter der Kreuzung eine Steigung von 1 : 40 besitzt, die Nebenbahn im Bogen von 450 m Halbmesser und in der Steigung von 1 : 100 liegt und beide Bahnen tief ins Gelände eingeschnitten sind. Die Kleinbahnschiene ist an der Innenkante der Nebenbahnschienen auf 162 mm, an der Außenseite auf 270 mm, im ganzen also auf 432 mm (in ihrer Längenrichtung gemessen) unterbrochen. Um ein Entgleisen der schmalspurigen Fahrzeuge zu vermeiden, ist die gegenüberliegende Schiene des Schmalspurgleises mit Zwangschiene versehen und auch der Achsabstand der Schmalspurfahrzeuge derartig bemessen, daß von den vier Rädern nicht zwei zugleich auf einer führungslosen Stelle sich befinden. Da infolge der Krümmung und Steigung der Nebenbahn alle vier Schnittpunkte der Kleinbahnschienen mit den Nebenbahnschienen eine verschiedene Höhe haben, so wurden — um ein Schwanken der Kleinbahnfahrzeuge beim Durchfahren der Kreuzung zu vermeiden — die beiden Schienenstränge parallel geführt. Um den durch die Krümmung veranlaßten Höhenunterschied der beiden Nebenbahnschienenstränge zu überwinden, erhielt das Kleinbahngleis ein Gefälle von nahezu 1 : 50 auf 1,95 m Länge (Abb. 42). Zu den Fahr- und Zwangschienen des Kleinbahngleises ist der Schienenquerschnitt der Nebenbahn benutzt worden. Der richtige Abstand der Zwang- und Fahrschiene ist durch Stehbolzen gesichert, die in je 1 m Entfernung angebracht sind. Die einzelnen Kreuzungen sind auf einer 20 mm starken Platte aus Schmiedeisen befestigt[49]).

Erwähnt sei weiter die Gleiskreuzung der schmalspurigen Kreis-Eisenbahn Flensburg-Kappeln (1 m Spurweite) mit der Kiel-Flensburger Eisenbahn[50]), die unter einem Neigungswinkel von 1 : 2 erfolgt (Abb. 43). Die Kreuzungsstelle liegt in der Geraden, während das anschließende vollspurige Gleis beiderseits in einem Bogen von 200 m und das schmalspurige in einem solchen von 70 m liegt. Die Lage der Kreuzung ist dadurch sehr ungünstig, daß sie auch im starken Gefälle sich befindet; die Vollspur fällt nämlich 1 : 40, die Schmalspur 1 : 60. Günstig für die Anordnung ist dagegen der Umstand, daß die Bögen beider Bahnen gleich gekrümmt sind und die Gefälle in gleicher Richtung liegen. Durch den letzteren Umstand war die erforderliche Überhöhung des äußeren Stranges des Bogens der Schmalspur durch das vorhandene Gefälle des Vollspurgleises gegeben. Die Kreuzungsstücke sind paarweise symmetrisch; ihre Zwangschienen haben 10 mm Überhöhung; die Spurrinne ist für die Vollspur 42 mm, für die Schmalspur 36 mm weit; die Tiefe beträgt

---

[49]) Näheres im Centralblatt der Bauverwaltung, 1897, S. 308.

[50]) Kuhrt, Die schmalspurige Kreis-Eisenbahn Flensburg-Kappeln.

30 mm; die Kreuzungen sind zum allmählichen Auflaufen der Spurkränze der Fahrzeuge eingerichtet. Mit der Kreuzungsanlage ist eine wenig einfache Sicherungseinrichtung verbunden; überdies ist auf jeder Seite 50 m vor der Kreuzung in das Schmalspurgleis eine Weiche mit Stockgleis eingelegt, auf welche die Züge der Schmalspur, im Falle die Kreuzung für sie nicht frei ist, einlaufen würden, wenn sie nicht rechtzeitig angehalten worden sind. Beide Weichen sind an der Stellvorrichtung elektrisch verriegelt.

Im Bereiche der belgischen Vizinalbahnen bestanden zu Ende des Jahres 1900 bereits 59 Kreuzungen von schmalspurigen (1,000 und 1,067 m) mit vollspurigen Gleisen. Alle Kreuzungen sind derart ausgeführt, daß die Laufflächen der Schienen beider Gleise in gleicher Höhe liegen. Wenn der Kreuzungswinkel nur wenig vom rechten Winkel abweicht, so werden die Kreuzungen einfach mit ausgeschnittenen Schienen hergestellt. Bei sehr lebhaftem Verkehr auf beiden Gleisen hat man die Kreuzung kräftiger ausgeführt, weil sich zeigte, daß die Vollbahnschienen leicht brechen; hierbei ist die Schiene des Vollbahngleises am Kreuzungspunkt unterbrochen (Abb. 44). Bei sehr spitzem Kreuzungswinkel wird die Kreuzung nach Art der gleichspurigen Kreuzungen der Hauptbahnen ausgeführt. Die Einschnitte der Vollspurschienen sind 35 bis 45 mm breit und 35 bis 45 mm tief; die Unterbrechung in den Laufflächen der Schmalspurschienen beträgt 50 bis 62 mm.

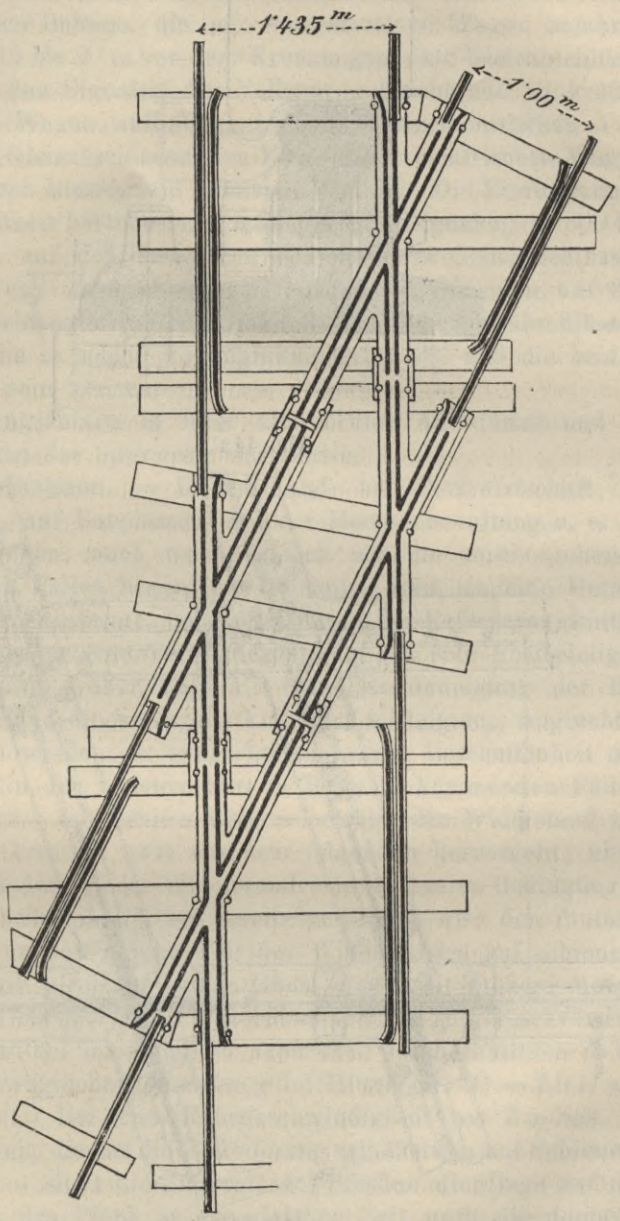


Abb. 43. Kreuzung der Kreis-Eisenbahn Flensburg-Kappeln mit der Bahn Kiel-Flensburg.

Bei den französischen Staatsbahnen und überhaupt zumeist bei den französischen Bahnen finden die Kreuzungen schmalspuriger und vollspuriger Gleise

ohne Unterbrechung der Schienen dieser letzteren statt; es kommen hier Kreuzungswinkel bis herab zu 7° 24′ 25″ vor.

Was die Sicherungsanlagen betrifft, so richtet sich deren Umfang nach der Verkehrsgröße und der Fahrgeschwindigkeit der kreuzenden Bahnen. Haben beide Bahnen den ausgesprochenen Kleinbahnbetrieb, dann genügt es, festzusetzen, daß die Züge der Nachrangsbahn in einer gewissen Entfernung vor der Kreuzung (10 bis 20 m) anhalten und die Fahrt erst fortsetzen dürfen, wenn sich der Zugführer überzeugt hat, daß die Strecke frei ist; allerdings ist hierbei eine entsprechend weite Fernsicht notwendig. An den Haltepunkten sind Signale aufzustellen. Bei dichterem Zugverkehr und größerer Fahrgeschwindigkeit auf der Vollspur sind an der Kreuzungsstelle für beide Bahnen Deckungssignale zu errichten, die in gegenseitiger Abhängigkeit stehen, in der Regel die Haltestellung zeigen und nur nach Bedürfnis zum Durchlassen der Züge „auf Fahrt“ gestellt werden[51]). Unter Umständen wird auch die Anlage von Gleissperren oder Schutzweichen in Verbindung mit den Signalen der Schmalspur vom Standpunkte unbedingter Betriebssicherheit für die schnell befahrene Vollspur unerläßlich sein.

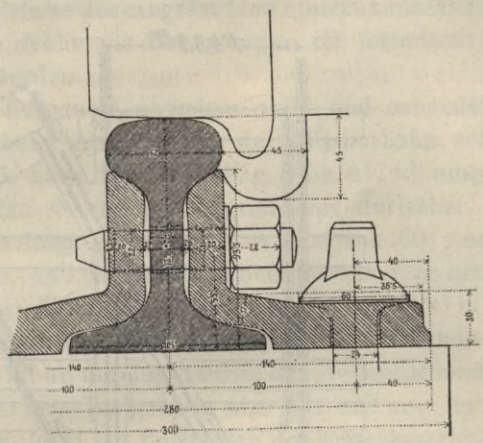


Abb. 44 a.

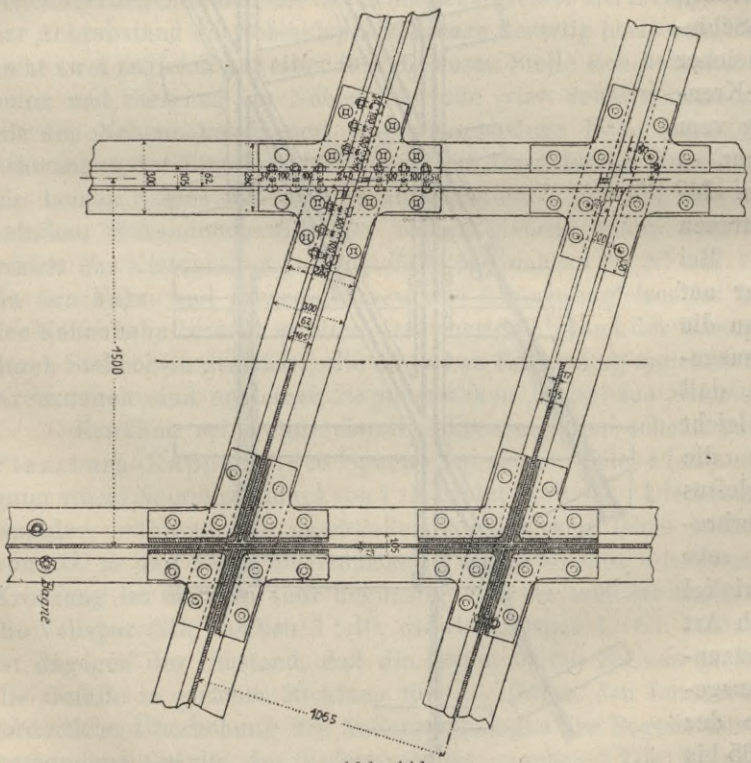


Abb. 44 b.

Abb. 44. Kreuzung der belgischen Vizinalbahnen mit Vollspurgleisen.

[51]) Vgl. auch Erlaß des preußischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 24. Oktober 1896.

Bei der oben erwähnten Kreuzung der Nebenbahn Schönebeck-Blumenberg mit einer schmalspurigen Kleinbahn (Abb. 41, 42) sind vier Signale aufgestellt, die von einem Stellwerk bedient und von einander entsprechend abhängig sind; überdies sind Gleissperren angeordnet, die das Gleis der Schmalspurbahn bei Haltstellung der Signale unfahrbar machen. Die ungarischen Staatsbahnen stellen bei Kreuzungen mit elektrisch betriebenen Bahnen, die nur von einzelnen Wagen befahren werden, in der Entfernung von 15 bis 20 m vor dem Kreuzungspunkte Gleisabschlüsse auf, die in Abhängigkeit von den Signalen der Vollspur gebracht und so kräftig sind, daß sie die elektrischen Wagen aufhalten; bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen wird die Stellung des Gleisabschlusses den Führern der elektrischen Wagen in angemessener Entfernung durch Mastsignale bekannt gegeben. Die Einrichtungen bei den belgischen Vizinalbahnen bestehen aus zwei Deckungssignalen, je 300 bis 500 m vor der Kreuzungsstelle, auf der Hauptbahn und aus zwei Gleisabschlüssen — drehbar oder schiebbar — und zwei Ablenkungsweichen mit Signalen auf der Vizinalbahn. Die Ablenkungsweichen und ihre Signale sind mit den Gleisabschlüssen und den Signalen der Hauptbahn in solche Abhängigkeit gebracht, daß die beiden Gleise niemals gleichzeitig frei sein können.

Übrigens ist die Sicherungsanlage in ihrer allgemeinen Anordnung und in ihrer Ausführung unabhängig von der Spurweite der Gleise.

§ 22. Oberbau der Feldbahnen. — In der Land- und Forstwirtschaft, in Bergwerken, in Fabriksanlagen, auf Bauplätzen, bei der Heeresverwaltung u. s. w. bietet die Anwendung von Schienen, auch wenn es sich nur um vorübergehende Beförderungen handelt, in vielen Fällen bedeutende Vorteile, weil sie eine Herabminderung des Widerstandes der Fahrzeuge, beziehungsweise der Beförderungsmittel bewirkt und infolge dessen entweder eine Verminderung der oft sehr kostspieligen Zugkraft oder bei Aufwand gleich großer Zugkraft eine Beschleunigung der Beförderung gestattet. Der Widerstand eines Wagens kann auf mittelguter, wagrechter Straße mit 30 kg/t angenommen werden; er steigt bei schlechter Beschaffenheit des Weges — und mit dieser muß in den meisten hier in Betracht kommenden Fällen gerechnet werden — auf 50 kg/t. Auf Schienenwegen beträgt der Widerstand bei Bahnen der in Rede stehenden Art, die, wie aus dem folgenden hervorgeht, nicht in jeder Hinsicht den auf Verminderung des Widerstandes hinzielenden Bedingungen entsprechen können, durchschnittlich 6 kg/t bei wagrechter Bahn, also den fünften, unter Umständen aber selbst nur den achten Teil des Widerstandes auf schienenlosem Pfade. Ein Arbeiter wird also auf einem Gleis eine weit größere Menge fortschaffen können, als auf der Straße. Ein Pferd entwickelt bei der Geschwindigkeit von 1,1 m in der Sekunde und bei achtstündiger Arbeitszeit durchschnittlich 75 kg Zugkraft, befördert sonach auf wagrechtem Landweg im Mittel 75 : 30 = 2,5 t, auf wagrechtem Gleis 75 : 6 = 12,5 t. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2 m/Sek. = 7,2 km/St. — eine Geschwindigkeit, die für die Beförderung mit Pferden auf Schienengleisen am zweckmäßigsten ist — sinkt die Zugkraft des Pferdes allerdings auf die Hälfte herab, dafür aber kann das Pferd in der gleichen Zeit auch die doppelte Menge befördern; es wird also auf Gleisen sicher das Sechsfache geleistet, unter Umständen auch wesentlich mehr. Bei großen Fördermengen und langen Förderstrecken empfiehlt sich überhaupt die Einführung mechanischen Betriebes mit Dampfkraft, elektrischer Kraft oder auch unter Anwendung von Gaskraftmaschinen. Auch hier wird das Gleis in der Mehrzahl der Fälle gegenüber den Straßenselbstfahrern

zu bevorzugen sein. Die letzteren verlangen eine gutbefestigte Straßenoberfläche, die bei langandauernder Beförderung nicht unbedeutende Erhaltungskosten beanspruchen dürfte; dabei ist die erforderliche Zugkraft jedenfalls größer, als auf Schienenwegen. Das Gleismaterial kann wieder Verwendung finden, wodurch die Erhaltungskosten während des Betriebes zum Teil Deckung finden. Die Straßenselbstfahrer dürften sich nur dann empfehlen, wenn es sich um einen Betrieb mit größeren Unterbrechungen handelt, wenn der Betrieb so rasch eingeleitet werden muß, daß selbst die in kurzer Zeit mögliche Herstellung des Oberbaues bei Gleisanlagen als Zeitverlust erscheint, oder die Anlage eines Gleises Hindernissen begegnet und wenn eine gute Straße vorhanden ist.

Auf die Wahl der bewegenden Kraft bei diesen Bahnen, die als Feld-, Wald-, Fabriks-, Gruben-, Industrie-, Wirtschafts-, Kriegsbahnen, als Rollbahnen, transportable, halbtransportable, zerlegbare, als Hilfs- oder Arbeitsbahnen bezeichnet werden, nehmen die Förderweite, die Fördermenge, die Gestaltung des Geländes und die Art des Verkehrs Einfluß. Ausführliches hierüber ist im I. Bd. III. Kap. enthalten.

Hier seien des Zusammenhanges wegen nur folgende, auf verläßlichen Erfahrungen beruhende Angaben erwähnt[52]).

Ein Arbeiter fördert auf gut gelegtem, wenig geneigtem Bahngleis mit Hilfe zweckmäßig gebauter Fahrzeuge in der Stunde im Mittel 900 kg auf eine Strecke von 1,2 km und kehrt wieder an den Ausgangsort zurück. Ein Pferd mittlerer Stärke bewegt auf ebensolchem, wenig geneigtem Gleis im Mittel 4500 kg auf eine Strecke von 1,5 km unter sonst gleichen Verhältnissen. Der Lokomotivbetrieb wird vorteilhaft, wenn zur Beförderung 10 bis 12 Pferde notwendig werden, oder eine größere Geschwindigkeit gewünscht wird, als mit Menschen und Pferden erreichbar ist. Die Anwendung der Elektrizität kann nur dann ins Auge gefaßt werden, wenn die elektrische Betriebskraft billig zu erhalten und bequem zu leiten ist, also hauptsächlich dort, wo sie von großen Kraft- und Beleuchtungsanlagen abgegeben werden kann. Bei allen diesen Fragen darf nicht übersehen werden, daß die Steigungsverhältnisse von ganz bedeutendem Einflusse auf die Leistungsfähigkeit der Bahnanlage werden. Das Verhältnis der Leistungen beträgt, die Leistung auf wagrechter Strecke mit 1,00 angenommen, bei Menschen und Pferden auf der

Steigung	10 v. T.	20 v. T.	50 v. T.
nur noch	0,36	0,20	0,08

bei Lokomotiven auf der

Steigung	5 v. T.	10 v. T.	15 v. T.	20 v. T.
	0,63	0,47	0,34	0,25

wobei zu beachten ist, daß die Leistung auf wagrechter Strecke bei Menschen zu 2 t, bei Pferden zu 10 t, bei Lokomotiven für gewöhnliche Verhältnisse zu 25 bis 150 t je nach der Größe und der Fahrgeschwindigkeit angenommen werden kann. Letztere liegt in der Regel zwischen 10 und 20 km/St. und es sinkt die Leistung der Lokomotive in diesen Geschwindigkeitsgrenzen um rund 25 v. H. bis 50 v. H. je nach den Steigungsverhältnissen. Neben der Steigung ist es auch die Krümmung der Bahn, von der die Leistungsfähigkeit in hohem Grade abhängt. Im allgemeinen

---

[52]) Vergl. die Abhandlung des Verfassers über tragbare Eisenbahnen in der Wochenschr. d. österr. Ing.- u. A.-Ver. 1886, S. 299, sodann Ziffer, Über Feldeisenbahnen. „Stahl und Eisen", 1892.

gelten die früheren Erörterungen über die Linienführung auch für diese Bahnanlagen. Je kleiner die Spurweite, um so kleiner können auch die Bogenhalbmesser gewählt werden; bei der Spurweite von 60 cm sind Halbmesser von 10 m in Rücksicht auf die geringe Fahrgeschwindigkeit noch zulässig, besonders wenn die Beförderung mit Menschen erfolgt; man ist auch bis auf 5 m Halbmesser selbst bei etwas größerer Spurweite herabgegangen. Um auch noch kleinere Halbmesser anwenden zu können und auf solche Weise der Gleisanlage eine überaus große Beweglichkeit zu verleihen, hat A. Lehmann in Wien — Breitenseer Maschinenfabrik Lehmann & Leyrer — die Feldbahn mit nur einem Schienenstrang angeordnet, so daß Bögen mit 3 m Halbmesser anstandslos in Benutzung genommen werden können[53]).

Im Hinblick auf die längere oder kürzere Verwendungsdauer der Bahn in der ihr gegebenen örtlichen Lage unterscheidet man gewöhnlich festliegende Bahnen für längere oder selbst dauernde Benutzung, halbbewegliche Bahnen für kürzere Verwendungsdauer und fliegende Bahnen, die nach Umständen täglich, ja stündlich während der Arbeit umgelegt werden. Bei allen diesen Bahnanlagen kommt die Einfachheit und Billigkeit der Herstellung, die leichte Förderbarkeit der einzelnen Gleisteile und die rasche Umlegbarkeit der Bahn in erster Linie in Betracht; je nach dem besonderen Zwecke der Anlage ist diesen Forderungen in größerem oder geringerem Maße Rechnung zu tragen. Gleise, auf denen die Förderung lange Zeit in gleicher Weise zwischen bestimmten Punkten stattfindet, bedingen eine sorgfältigere Herstellung des Unterbaues durch Ausgleich der Unebenheiten des Geländes, weil hierdurch der gute, sichere Bestand der Anlage gewährleistet ist, ferner die Verwendung eines entsprechend kräftig ausgeführten Oberbaues, eine gute Stoßverbindung, sorgfältigere Lage des Gleises und eine zweckmäßig gewählte Achsenlage in lotrechter und wagrechter Ebene. Sie treten schon nahe an die eigentlichen schmalspurigen Gleise heran, so daß eine scharfe Grenze nicht gezogen werden kann. Bei den halbbeweglichen Gleisen, noch mehr aber bei den fliegenden Bahnen, vermeidet man thunlich alle Erdarbeiten und Kunstbauten; nicht selten — jedenfalls stets bei sehr häufig zu verlegenden Gleisen — wird der Oberbau auf den Erdboden ohne jegliche weitere Bearbeitung gelegt; Wege und Wasserläufe werden in der denkbar einfachsten Weise überschritten, wobei zerlegbare Brücken unter Umständen wesentlichen Nutzen bieten[54]). Für die rasche Ebnung des Bodens finden in Amerika die Wegehobel von Doty gute Verwendung. Das schaufelartige Werkzeug wird wie ein Pflug gezogen und dabei von einem Arbeiter gelenkt. Eine ähnliche Vorrichtung hat G. Weber in Hummel Radeck (Schlesien) entworfen. Der Oberbau wird thunlich leicht gehalten und der Grad der Sorgfalt bei seiner Ausführung wird so weit herabgedrückt, als dies mit Rücksicht auf das Fördermittel, die Fahrgeschwindigkeit und die zu erreichende Betriebssicherheit noch zulässig ist. Daß man bemüht sein wird, bestehende Straßenzüge oder Feldwege zu benutzen, bedarf keiner besonderen Erwähnung, weil hierdurch ein guter Unterbau kostenlos gegeben ist und die Leistungsfähigkeit, sowie die Erhaltung der Bahnanlage durch einen solchen nur in günstigem Sinne beeinflußt werden. Die Verlegung des Gleises zwischen Pflasterungen — auf Straßen, in Hafenplätzen, in

---

53) Österr. Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst 1901, Heft 8.

54) Vergl. die Abhandlung des Verfassers über transportable Brücken in der Wochenschr. d. österr. Ing.- u. A.-Ver. 1887, S. 201.

Fabrikshöfen, Magazinen u. s. w. — erfordert eine besondere Anordnung des Gleises und muß auch in solcher Art erfolgen, daß häufige Ausbesserungen nicht erforderlich werden.

Für Feldbahnen aller Art werden die Schienen und Unterlagen, die aus Holz oder Metall bestehen, mit einander derart verbunden, daß sie leiterartige Rahmen, Gleisestücke, Gleisrahmen, Joche (Abb. 45, 46) darstellen, die zur Bildung des Gleises an einander gelegt und in entsprechender Art zu einem fortlaufenden Ganzen vereinigt werden. Die Rahmen sollen so gebaut werden, daß ihr Gewicht für zwei Arbeiter nicht zu groß ist und daß sie auch nicht zu unhandsam werden. Sie erhalten je nach der Spurweite, dem Gewichte der Schienen und Schwellen 1,25 m bis 7 m Länge. Für die Bögen werden besondere Rahmen mit bestimmten Halbmessern hergestellt. Die Schienenrahmen werden in der Regel auf Plattformwagen über einander geschichtet, bis ans Ende des fertig gestellten Gleises vorgeschoben, sodann von einem Arbeiter oder, bei größerem Gewichte, von mehreren Arbeitern abgehoben und in der Weise verlegt, daß der Arbeiter zwischen die Schienenstränge tritt, den Rahmen nahe dem einen Ende erfaßt und an das Ende des Gleises mit Hilfe der Stoßverbindung anschließt.

Der Langschwellenoberbau findet nur bei versenkten Gleisen, die im Innern

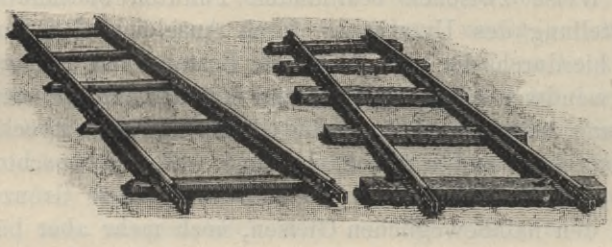


Abb. 45, 46. Gleisrahmen für Feldbahnen.

Abb. 47. Brückschiene für Feldbahnen.

von Gebäuden, in gepflasterten Höfen, Straßen u. s. w. hergestellt werden, Anwendung. Für alle übrigen Bahnanlagen werden die Rahmen aus Schienen auf Querschwellen gebildet. Für den Langschwellenoberbau benutzt man Brückschienen, Rillenschienen und Doppelschienen. Die Brückschienen (Abb. 47) werden aus Stahl erzeugt und eignen sich für Anlagen, deren Herstellungskosten sehr gering sein sollen; sie werden auf Holzlangschwellen — und nur solche kommen in Betracht — mit Hakennägeln befestigt. Die Rillenschienen sind entweder hohe Stegschienen mit breitem Fuß, also gleichsam breitfüßige Schienen mit Rille im Kopf, oder Schienen ohne Steg und Fuß. Die ersteren werden gewöhnlich ohne Schwellen in das Pflaster eingesetzt; die unveränderliche Lage der beiden Stränge eines Gleises wird durch Querverbindungen aus Flacheisen oder Winkeleisen gesichert; die Rillenschienen ohne Fuß werden in Stein- oder Holzfußböden eingelassen und mit Schrauben befestigt, oder erhalten eine durchgehende Unterlage aus Holz — Langschwelle — oder Beton (Abb. 48); zur Sicherung der Spur dienen Querverbindungen die an die Schienen angenietet sind und mit ihnen feste Rahmen bilden. Die Doppelschienengleise sind aus breitfüßigen Schienen gebildet, die durch Stehbolzen mit einander verbunden und auf Holzlangschwellen mit Nägeln und Schrauben (Abb. 49) oder auf Stahlquerschwellen mit Klemmplatten und Hakenschrauben (Abb. 50) befes-

tigt sind; sie eignen sich für die in Betracht kommenden Zwecke in ganz besonderer Weise und sind billiger als die Rillenschienengleise.

Für die Gleise in Schotter oder auf gewachsenem Boden werden gegenwärtig nur breitfüßige Schienen verwendet. Die Brück- und Dreieckschienen sind mit Recht ganz außer Gebrauch gekommen, weil sie eine gute, sichere Lage des Gleises nicht zulassen und die Räder rasch abnutzen, auch für größere Raddrucke nicht geeignet sind. Die breitfüßigen Schienen sind aus hartem und dabei sehr zähem Bessemerstahl und erhalten sehr verschiedene Querschnitte und Ausmaße. Die Höhe der Schienen liegt zwischen 45 und 85 mm, ihr Gewicht zwischen 4,0 und 14,0 kg/m und ihr Widerstandsmoment zwischen 5 und 24, bezogen auf Centimeter; der zulässige Raddruck bei 1 m Schwellenentfernung und sechsfacher Sicherheit bewegt sich im allgemeinen zwischen 350 und 2100 kg. Für Lokomotivbetrieb kommen auch schwerere Schienen, bis zu 110 mm Höhe und 24 kg/m in Verwendung; dann verlieren diese

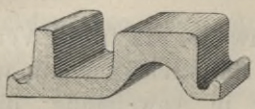


Abb. 48. Rillenschiene für Feldbahnen.

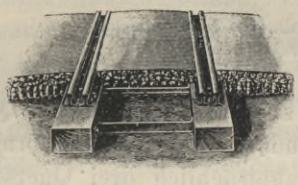


Abb. 49. Doppelschienengleise für Feldbahnen.

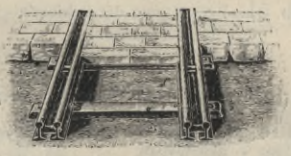


Abb. 50. Doppelschienengleise für Feldbahnen.

Gleisanlagen jedoch die Eigenschaft leichter Verlegbarkeit und sie müssen nach jenen Grundsätzen gebaut werden, die für dauernd hergestellte Bahnen Geltung haben.

Die Schwellen sind entweder aus Holz oder aus Stahl. Die Stahlschwellen verdienen den Vorzug, weil sie leichter und dauerhafter sind. Die Holzschwellen faulen, auch wenn sie getränkt sind, sehr rasch und müssen deshalb häufig ausgewechselt werden; auch ist eine dauerhafte Verbindung zwischen Schienen und Schwellen nicht zu erzielen, so daß die Schwellen durch das häufige Umnageln u. s. w. schnell zu Grunde gehen. Sie stellen sich daher auf die Dauer auch dann kostspieliger, wenn das Holz billig zu beschaffen ist, weshalb in neuester Zeit, selbst bei Waldbahnen, vielfach Stahlschwellen verlegt werden. Die Holzschwellen erhalten für bewegliche Gleise Breiten von 12 bis 15 cm und Stärken von 4 bis 5 cm; die Länge richtet sich nach der Spurweite; für die Spur von 60 cm, die zumeist Anwendung findet, erhalten die Schwellen gewöhnlich 1 m Länge. Die Befestigung der Schiene auf den hölzernen Schwellen erfolgt sehr vorteilhaft mit Bügelschrauben unter Anwendung von gezahnten Klemmplatten, die sich mit ihren Zähnen nagelartig in das Holz eindrücken und auf diese Weise das seitliche Ausweichen der Schiene verhindern (Abb. 51). Auf den Stoßschwellen werden die Schienen mittels Bolzen befestigt. Schienennägel sind bei der geringen Höhe und Breite der Schwellen unbrauchbar.

Für die Formgebung der eisernen Querschwelle sind die früher entwickelten Grundsätze auch hier giltig. Die Schwelle muß eine genügende Länge erhalten — Dietrich empfiehlt die anderthalbfache Spurweite[55]) — und eine entsprechende Widerstandsfähigkeit gegen das Durchbiegen in der Längsachse besitzen; von be-

[55]) E. Dietrich, Oberbau und Betriebsmittel der Schmalspurbahnen im Dienste von Industrie und Bauwesen, Land- und Forstwirtschaft u. a.

sonderem Werte ist die ruhige, sichere Lage der Schwelle und es empfiehlt sich, diese Forderung bei der Wahl des Querschnittes gegenüber der wirtschaftlichen Bedingung: mit der kleinsten Materialmenge die größte Widerstandsfähigkeit zu erzielen, doch in erster Linie zu berücksichtigen, namentlich wenn es sich um Bahnen von längerer Dauer, mit sehr starkem Verkehr, oder auch um maschinellen Betrieb

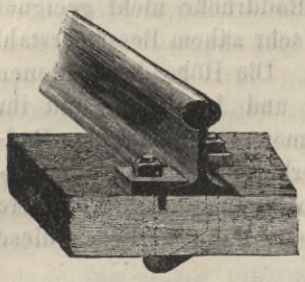


Abb. 51. Befestigung der Schienen mit Bügelschrauben.

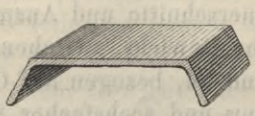


Abb. 52. Trapezform der Feldbahnschwellen.

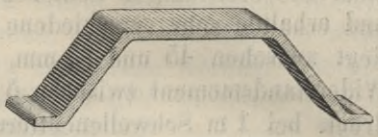


Abb. 53. Trapezform der Feldbahnschwellen.

handelt. In den letzten Jahren sind viele Formen der Querschwelle, die früher Verwendung fanden, ganz verschwunden, so die Dreieckform, die Halbkreisform u. s. w. Es finden sich gegenwärtig hauptsächlich drei Querschnitte in Anwendung: die reine Trapezform (Abb. 52), die Trapezform mit wagrechten Ansätzen (Abb. 53) und die Trapezform mit Rinne in der Mitte (Abb. 54). Die reine Trapezform erscheint am vorteilhaftesten, zum mindesten entspricht sie bei einfacher Gestaltung den Anforderungen in bester Weise; sie giebt dem Gleis durch ihre günstige Auflage eine ruhige Lage, läßt sich gut unterschlagen und besitzt eine verhältnismäßig hohe Tragfähigkeit. Vögele in Mannheim stellt die Seitenwände lotrecht und gibt der Schwelle in der Mitte eine Verstärkung für die Schienenbefestigung. Diese Schwellen lassen sich auch leicht an den Enden abbiegen, so daß sie thatsächlich die Form eines umgekehrten Troges erhalten; das Umkappen der Schwellenenden schützt die Seitenwände gegen Ausbiegen und verhindert auch das seitliche Rutschen der Gleise auf geneigtem Boden.

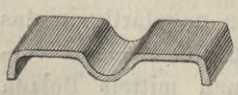


Abb. 54. Trapezform der Feldbahnschwellen.

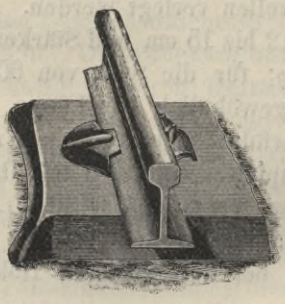


Abb. 55.

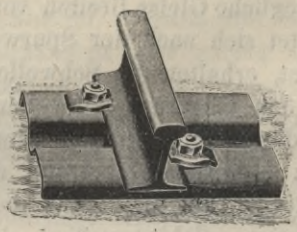


Abb. 56.

Befestigung von Feldbahnschienen.

Die Befestigung der Schienen auf den eisernen Querschwellen erfolgte früher vielfach durch Nietung; diese Befestigungsart ist jetzt fast ganz verlassen, weil der Schienenfuß hierbei geschwächt wird und daher leicht Brüche entstehen. Man legt überhaupt nicht mehr so großen Wert auf die Unlösbarkeit der Befestigung zwischen

Schienen und Schwellen des Gleisrahmens, sondern erstrebt vielmehr eine einfache und dauerhafte Verbindung, die nach Bedarf ohne große Schwierigkeiten und ohne Beschädigung der Befestigungsteile gelöst werden kann, dabei aber unter allen Umständen eine genaue Einhaltung der Spurweite gewährleistet. In dieser Hinsicht sind zwei Arten der Befestigung als gut geeignet zu nennen, nämlich die Befestigung mit Löffel auf der einen, Schraubenbolzen und Klemmplatte auf der anderen Seite (Abb. 55) und die Befestigung mit Schraubenbolzen und Klemmplatte auf jeder Seite (Abb. 56).

Bei der ersteren Befestigungsart befinden sich auf der Außenseite der Schiene Aufpressungen aus der Schwellendecke in der Form von Löffeln oder auch von Pyramiden. Die Schiene wird so gegen den Löffel geschoben, daß sie nach dem Ende der Schwelle zu nicht ausweichen kann und in dieser Lage durch die Klemmplatte und den Schraubenbolzen auf der anderen Seite festgehalten. Die zweite Art der Befestigung ist billiger und weit mehr verbreitet; die Klemmplatten erhalten dabei gewöhnlich Ansätze, die den Seitenschub der Schienen aufnehmen und auf die Schwellen übertragen (Abb. 57); die Schrauben besitzen hakenförmige Köpfe, sie werden von oben durch die längliche Schwellenlochung gesteckt und dann um eine Viertelwendung gedreht, bis der Haken unter der Schwellendecke gleichlaufend zum Schienenfuße steht, worauf die Schraubenmutter kräftig angezogen wird, bis die Klemmplatte den Schienenfuß fest anpreßt.

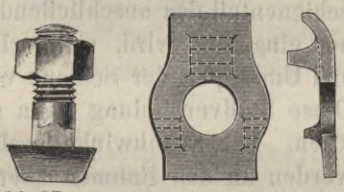


Abb. 57. Klemmplatte und Schraubenbolzen.

Der Schienenstoß bildet auch bei den hier betrachteten Bahnen das Schmerzenskind des Konstrukteurs. Die Vorschläge zu seiner guten Ausgestaltung und die Erfindungen von Stoßanordnungen sind überaus zahlreich, doch haben es auch hier in den letzten Jahren nur wenige zu weiterer Anwendung bringen können. Für Bahnen von längerer Verwendungsdauer sind Stoßanordnungen, wie sie bei Kleinbahnen in Gebrauch sind, ganz allgemein; die Laschen sind gewöhnlich an einem Ende des Gleisrahmens befestigt, so daß das anstoßende Ende des anzufügenden Gleisrahmens nur einzuschieben und anzuschrauben ist. Bei Bahnen, die öfters verlegt werden müssen, kann diese Anordnung nicht empfohlen werden; hier hat sich am besten der feste Stoß mit Schuhwinkellasche bewährt; denn bei diesen Gleisen muß von der Stoßverbindung in erster Linie eine leichte und rasche Anbringung und große Lösbarkeit, weiter aber auch eine entsprechende Gelenkigkeit gefordert werden, damit sich das Gleis allen Unebenheiten des Geländes anzuschmiegen vermag und kleinere Krümmungen ohne gebogene Schienen herstellbar sind, sofern es nicht auf eine besonders genaue Lage des Gleises ankommt. Die Schuhwinkellasche selbst hat verschiedenartige Gestaltung erhalten; fast jede Fabrik bringt eine eigene Bauart in Verkehr. Im allgemeinen sind dieselben aus Stahl gewalzt oder gepreßt und passen zur Hälfte genau in die Laschenlage der Schiene, deren Fuß sie umfassen, deren Kopf sie stützen und an deren Steg sie angeschraubt sind (Abb. 58). Die zu verbindende Schiene wird in die vorstehenden Enden der Schuhwinkellaschen eingeschoben. Um ihr die erforderliche Gelenkigkeit zu sichern, geben einige Konstrukteure (z. B. Georg v. Cölln in Hannover, der Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation, Glässing & Schollwerk, Orenstein & Koppel) der Schuhwinkellasche einen trichterförmigen Querschnitt, während z. B.

Roessemann und Kühnemann (auch Orenstein & Koppel) an Stelle der Winkellaschen Schienenschuhe oder Laschenschuhe anwenden, die nur die Füße der Schienen umfassen und festhalten (Abb. 59). Bei Moorgleisen mit Holzschwellen benützt der Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation Stoßschwellen von 180 bis 200 mm Breite und eine Platte aus schmiedbarem Gußeisen, die mit einer eigenartig geformten Nase versehen ist (Abb. 60). Der Nase entspricht eine Ausklinkung am

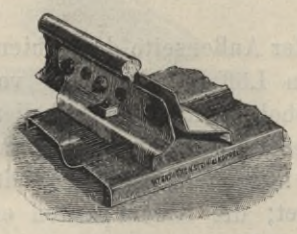


Abb. 58. Stoß mit Schuhwinkellasche.

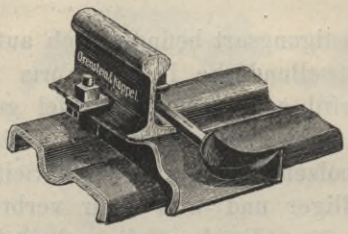


Abb. 59. Stoß mit Laschenschuhen.

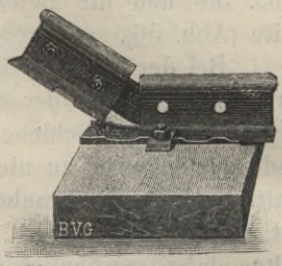


Abb. 60. Stoßverbindung des Bochumer Vereins für Bergbau etc.

Schienenfuß des anschließenden Rahmens, so daß diese Schiene, wenn sie von oben her eingelegt wird, sich selbstthätig nicht wieder herausziehen kann. Das Heben und Umkippen der Schiene wird durch einseitig angebrachte Verlaschung verhindert. Diese Stoßverbindung kann sich bei dem Einsinken der Rahmen in das Moor nicht lösen. Die Schuhwinkellaschen, wie auch die Schienenschuhe oder Laschenschuhe werden an den Rahmen über Kreuz angebracht, so daß die Rahmen an jeder Seite angeschlossen werden können, ohne daß es notwendig ist, sie zu wenden. Eine sehr einfache, aber für viele Verhältnisse vollkommen hinreichende Rahmenverbindung besteht nach Dolberg aus einer Hakenlasche, die unter einen Stift der festen Schiene greift.

Die Weichen sind entweder solche mit festen, oder mit verstellbaren Wechselschienen; letztere können wieder Zungen- oder Schleppweichen sein. Beim Befahren der Weichen mit festen Schienen gegen die Spitze muß jeder Wagen nach der einen oder anderen Seite herübergedrückt werden, bis eine Achse in die richtige Spur eingelaufen ist; sie finden nur bei einfachstem Handbetrieb mit leichten Wagen und geringen Lasten Anwendung. Die Weichen mit verstellbaren Schienen werden in der Regel als Rahmenstücke ausgeführt. Schleppweichen, d. h. Weichen, bei denen der vordere Teil, also ein ganzes Gleisstück, hin- und hergeschoben wird, eignen sich auch nur für einfachere Betriebsverhältnisse, sie werden zumeist dann verlegt, wenn die Fahrzeuge Doppelflanschräder besitzen, mithin Zungenweichen nicht befahren können. Wenn die Schleppweiche nicht richtig gestellt ist, muß der gegen die Spitze fahrende Wagen unbedingt entgleisen. Es werden daher bei ihnen öfters Vorrichtungen angebracht, die die Weiche bei Annäherung des Wagens selbstthätig richtig stellen. Solche Weichen sind auch für größere Bahnanlagen empfehlenswert.

Die Zungenweichen werden in Rahmen von 2,5 m bis 6,0 m Länge geliefert und sind nach dem Vorbilde guter Hauptbahnweichen gebaut. Sie erhalten bei 400 bis 650 mm Spurweite Halbmesser von 10 m bis 20 m, bei größerer Spurweite solche von 20 m, selten darüber. Die Bauart der Weichen soll stark und dauerhaft sein, damit sie den Anforderungen des Betriebes genügen; sie werden von allen Gleisteilen am meisten beansprucht, führen am häufigsten zu Entgleisungen, Wagen-

beschädigungen oder selbst ernsteren Unglücksfällen und sind nicht so rasch und billig auszubessern oder zu ersetzen, wie andere Gleisstücke.

Bei den Feldbahnen finden vielfach und mit Vorteil die Kletterweichen (Abb. 61) Anwendung, die aus zwei Stahlzungen bestehen, die auf die Schienen des Stammgleises aufgelegt werden und das Fahrzeug in das Ausweichgleis hinüberführen, dessen Schienen über die Schienen des ersteren gelegt sind. Wird der Hauptgleisstrang stark befahren, so daß die Kletterweiche sehr oft verlegt werden müßte, so kann letztere auch zum Verstellen eingerichtet werden. Kletterweichen lassen sich an jeder beliebigen geraden Stelle des Gleises auflegen und dienen hauptsächlich zum Anschluß leicht beweglicher Gleise an feste oder halbbewegliche Gleise.

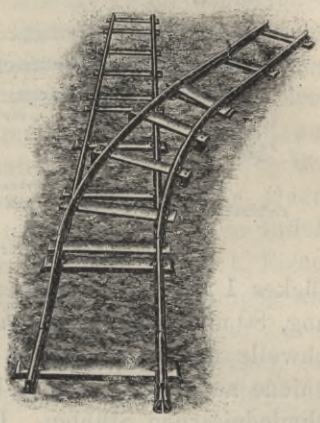


Abb. 61. Kletterweiche für Feldbahnen.

Gleiskreuzungen werden von den Fabriken, gleich den Weichen, als fertig zusammengestellte Gleisstücke geliefert. Die erforderlichen Bestandteile sind auf schmiedeisernen Platten, die die Grundlage bilden, aufgenietet. Für leichtbewegliche Gleise kommen auch Kletterkreuzungen in Verwendung; sie bestehen aus einem Gleisrahmen, der an beiden Enden Auflaufzungen besitzt, wie sie bei den Kletterweichen vorkommen.

Bei Platzmangel wird die Verbindung mehrerer Gleise durch Drehscheiben bewerkstelligt. Sie bilden jederzeit ein Verkehrshemmnis, weil die Züge aufgelöst werden müssen und Wagen nach Wagen auf die Drehscheibe gebracht werden muß. Man wird daher ihre Verwendung auf das unumgänglich Notwendigste zu beschränken haben. Die Drehscheiben sind entweder ganz aus Gußeisen hergestellt, wobei sie auf Rollen laufen, oder sie besitzen einen schmiedeisernen Unterteil mit gußeiserner Oberplatte, die auf Gleitrollen schleift; die Oberplatte wird häufig auch aus Stahlblech verfertigt und dreht sich auf kleinen, in einem Führungskranz laufenden Stahlkugeln, wobei sie durch einen kräftigen Zapfen im Mittelpunkte erhalten wird. Auch Kletterdrehscheiben, nach den Grundsätzen für gewöhnliche Drehscheiben, jedoch mit Auflaufzungen gebaut, werden nicht selten in Verwendung genommen. Die Drehscheiben sind für Belastungen bis zu 3000 kg ausgeführt, haben Durchmesser von 800 bis 2000 mm und sind mit Schienen oder Spurleisten oder Spurrillen versehen. Je nach der Ausführung liegt ihr Gewicht zwischen 180 und 1900 kg. Für feste Gleise werden die Drehscheiben ähnlich wie bei Schmal- und Vollspurbahnen hergestellt: die Scheibe liegt auf Rollen, die in einer ausgemauerten Grube laufen, sie dreht sich um einen Mittelzapfen und wird durch Hebebäume bewegt; zur Feststellung ist eine besondere Vorrichtung vorhanden.

Beim Betrieb mit Gleiskarren oder Wagen mit lose laufenden Rädern verwendet man vielfach an Stelle der Drehscheiben die leichten und einfachen Wendeplatten, die ganz aus Schmiedeisen oder Gußeisen sind, aufgenietete Prellkränze besitzen und in deren Schlitze die anschließenden Gleisschienen eingesteckt werden, so daß die Platte festliegt und die Wendung der Wagen anstandslos erfolgen kann. Sie sind nur bei leichten Lasten verwendbar; die Wagen leiden stark, die zu ihrer Drehung notwendige Kraft ist verhältnismäßig sehr groß. Schiebebühnen werden so einfach als möglich, aber in kräftiger Weise gebaut. Der Antrieb erfolgt durch

zwei Arbeiter von Hand; das Übersetzungsverhältnis ist derart, daß die mit 8 t belastete Schiebebühne mit einer Geschwindigkeit von 0,5 m bewegt werden kann.

Als Beispiele für Gleisverbindungen bei schmalspurigen Feldbahnen seien folgende, von der Fabrikunternehmung Arthur Koppel hauptsächlich für überseeische Länder gelieferte Ausführungen erwähnt, weil bei ihnen den besonderen Anforderungen des Betriebes Rechnung getragen erscheint.

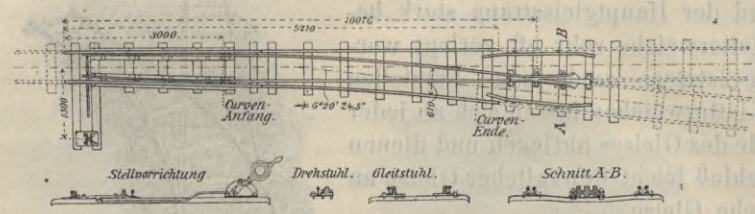


Abb. 62. Weiche für 60 cm Spurweite von A. Koppel.

Die in Abb. 62 dargestellte Weiche für 60 cm Spurweite ist 12 m lang; der Weichenhalbmesser beträgt 65 m, die Länge der Zungen 3 m, die Neigung des Herzstückes 1 : 9. Die Schienen sind, mit Rücksicht auf die Beförderung zur See, 6 m lang, 80 mm hoch, 12 kg/m schwer und auf der 7 kg/m schweren eisernen Kastenschwelle mit Klemmplatten und Bolzen befestigt. Die Zungen sind mit der Stockschiene auf 10 mm starken Blechplatten aufgesetzt und gleiten auf eigens geformten schmiedeisernen Stühlen. Das Abheben der Zunge wird ohne Beeinträchtigung der Beweglichkeit durch bogenförmig gekrümmte Führungsstücke, die in seitliche Einschnitte der Zungenwurzel greifen, verhindert; das Herzstück ist aus Stahlguß, mittels Schrauben auf den Schwellen befestigt und so angeordnet, daß zur Verhütung eines Schlagens der Räder die Radflanschen auflaufen.

In ähnlicher Weise sind Weichen mit Herzstückneigung 1 : 6, dem Weichenhalbmesser von 45 m und der Zungenlänge von 2,25 m ausgeführt.

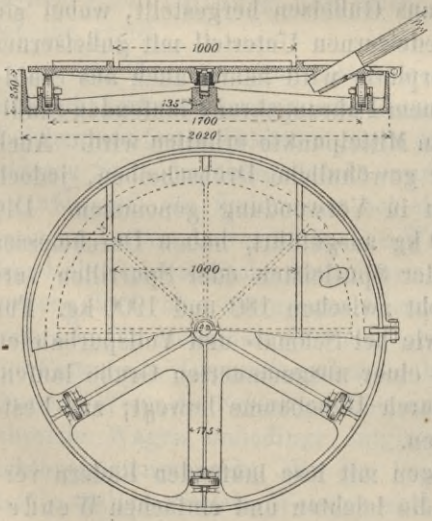


Abb. 63. Wagen-Drehscheibe für 1 m Spurweite von A. Koppel.

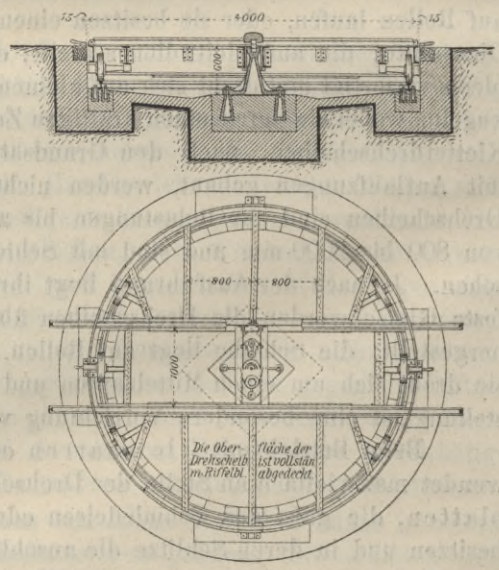


Abb. 64. Lokomotiv-Drehscheibe für 1 m Spurweite von A. Koppel.

Die Wagendrehscheibe für Lasten bis zu 5 t und für Spurweiten von 1 m (Abb. 63) mit 2 m Scheibendurchmesser wird einfach in Kies gebettet; sie besteht

aus der in einem Stück angefertigten Drehplatte und dem in einem Stück gegossenen Unterteile; die Drehplatte überträgt den Druck der Last auf das Unterteil durch einen stählernen Drehzapfen, der mit seinem oberen, gewindeförmigen Teil in eine schmiedeiserne, als Schraubenmutter dienende Büchse der Oberplatte eingreift und durch ein aufgesetztes Vierkant festgehalten wird. Die Drehung der Scheibe, die u. a. auf der Aachener Kleinbahn in Verwendung steht, erfolgt durch Drehbäume. Für Kleinbahnlokomotiven von 1 m Spurweite und 30 t Dienstgewicht werden die Drehscheiben im allgemeinen ähnlich den bei der preußischen Staatsbahn bestehenden Scheiben ausgeführt, jedoch mit entsprechend geringeren Ausmaßen (Abb. 64). Der Scheibendurchmesser beträgt 4 m, die Grubentiefe 450 mm. Der Drehstuhl, auf einem eingebauten Sandsteinblock mit Ankerschrauben befestigt, übernimmt $^2/_3$ der ganzen Last. Die Drehbrücke besteht aus zwei Längsträgern und aus Querträgern, die zugleich die Lager für die sechs seitlichen Rollen tragen. Die Riffeleisenbedielung ruht auf einer sehr leicht gehaltenen Anordnung aus T und L Eisen.

Um die Schmiegsamkeit der Feldbahn zu erhöhen, d. h. die Anwendung ungewöhnlich kleiner Halbmesser zu ermöglichen, giebt die Maschinenfabrik und Eisengießerei Lehmann & Leyrer in Breitensee bei Wien der Feldbahn, wie erwähnt, nur einen Schienenstrang, wobei sie die schwierige Frage der Gleichgewichtsherstellung bei den Fahrzeugen in einfacher und zweckmäßiger Weise löst. Der Oberbau der Einschienenbahn des A. Lehmann wird aus breitfüßigen Schienen (Abb. 65) oder — bei

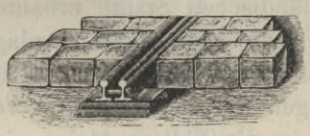


Abb. 65. Einschienenbahn von Lehmann.

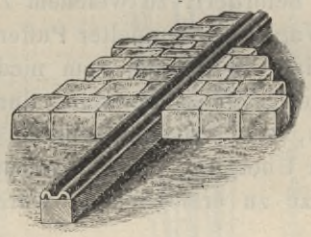


Abb. 66. Einschienenbahn von Lehmann.

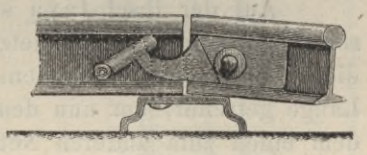


Abb. 67. Einschienenbahn von Lehmann. Schienenverbindung.

Versenkung in Fußböden, Pflaster oder Beton — aus Rillenschienen gebildet, die entweder aus zwei gekuppelten breitfüßigen Schienen oder aus eigenen Formschienen (Abb. 66) mit zwei Laufflächen bestehen. Das einschienige Gleis ruht auf eisernen Querschwellen von 300 mm Länge, auf denen es durch Stahlklammern festgehalten wird, oder — bei Anwendung von Formschienen — auf hölzernen Langschwellen. Die „Gleisrahmen“ — der Ausdruck ist hier, wo es sich nur um einen Schienenstrang handelt, allerdings nicht ganz zutreffend — sind 1,5, auch 2 bis 6 m lang; zum Zwecke ihrer Verbindung sind an einem Ende der Schiene zwei Hakenlaschen angenietet (Abb. 67), die den Schienenstrang umfassen und in eine eiserne Doppelklinke oder Gegenschiene eingreifen; diese Doppelklinke kann sich in einem Schlitz im Schienensteg auf- und abbewegen, so daß die Beweglichkeit in lotrechtem Sinne und die Anschmiegbarkeit an das Gelände vollkommen gewahrt ist. Die Weichen sind als Schleppweichen gebaut; auch Kletterweichen und Drehscheiben können zur Anwendung kommen. Bögen von 2 bis 3 m Halbmesser bieten bei Einschienenbahnen kein Verkehrshindernis, worin deren großer Vorteil bei Waldbahnen, in Fabrikhöfen, Magazinen, auf Lagerplätzen u. s. w. besonders begründet erscheint. Die Einschienenbahn läßt sich auch leicht in eine Zweischienenbahn umgestalten; es wird

ein zweiter Schienenstrang gelegt und werden die Schwellen beider Stränge durch Spurhalter in der erforderlichen Lage erhalten[56]).

§ 23. Gleise, auf welchen sowohl schmal- wie auch vollspurige Fahrzeuge verkehren (zweispurige Gleise). — Nicht selten ergiebt sich bei Ausführung schmalspuriger Bahnen die Notwendigkeit, Gleisstrecken für die Befahrung mit schmal- und vollspurigen Fahrzeugen einzurichten. Die Veranlassungen können verschieden sein; am häufigsten tritt der Fall ein, daß die aus einem vollspurigen Bahnhofe abzweigende Schmalspur auf eine Strecke den bestehenden Bahnkörper der Vollspur benützt, daß also die Abzweigung der Schmalspur von der Vollspur erst auf der freien Strecke stattfindet; solche Anlagen finden sich auf den sächsischen Schmalspurbahnen Oschatz-Mügeln-Döbeln, Potschappel-Wilsdruff, Wolkenstein-Jöhstadt, auf der steiermärkischen Landesbahn Preding-Wieselsdorf-Stainz, auf den Linien Noyelle-St. Valérie und La Voulte-sur Rhône-Cheylard-Issengeaux[57]), Liestal-Waldenburg (Schweiz)[58]), Arezzo-Fossato (Italien)[59]) und vielen anderen. Ganz eigenartige Verhältnisse liegen auf der steiermärkischen Landesbahn Kapfenberg-Au-Seewiesen[60]) vor. Es war hier notwendig, die schmalspurigen Anlagen in dem vollspurigen Anschlußbahnhofe Kapfenberg soweit als thunlich zu beschränken und einen eigenen Schmalspurbahnhof — Lokalbahnhof Kapfenberg — auszuführen, in welchem die Umladung der Güter nach beiden Richtungen stattfindet. Den Verkehr zwischen den zwei Bahnhöfen besorgt eine Schmalspurlokomotive, die die Vollspurwagen auf dem zweispurigen Gleise befördert, zu welchem Zwecke zwischen die schmal- und vollspurigen Wagen ein Wagen mit doppelter Pufferanordnung eingeschaltet wird.

Auf der Insel Java sind die beiden vom niederländischen Staate erbauten schmalspurigen Eisenbahnnetze (1,067 m Spurweite) durch eine schon vor der Anlage dieser Bahnnetze vorhandene, von Privaten erbaute vollspurige Bahn von 54 km Länge getrennt; um nun den Übergang der schmalspurigen Fahrbetriebsmittel von dem einen zum anderen Netze zu ermöglichen, wurde in die Vollspurgleise eine dritte Schiene gelegt.

Solche zweispurige Gleise bestehen entweder aus drei oder aus vier Schienensträngen; im ersteren Falle wird ein Schienenstrang gemeinsam von den Fahrzeugen beider Spuren benutzt, im letzteren Falle hat jede Spur ihr besonderes Gleis, nur liegt das eine — schmalspurige — innerhalb des anderen Gleises.

Die bauliche Anordnung begegnet in beiden Fällen bei der Abzweigung des schmalspurigen Gleises aus dem Vollspurgleis einigen Schwierigkeiten; letztere werden noch erheblicher, wenn es sich um Weichenanlagen in den schmalspurigen oder vollspurigen oder gleichzeitig in beiden Gleisen handelt, wie z. B. bei der Linie Kapfenberg-Au-Seewiesen; die verwickelteren Weichenformen werden hier außerordentlich vielteilig. In den Abbildungen (Abb. 68—71 und Abb. 2 auf Tafel I)

---

[56]) Sehr hübsche Abbildungen mit Beschreibungen von Feldbahngleisen und deren Bestandteilen enthalten die Musterbücher der Feldbahnfabriken, so insbesondere vom Bochumer Verein für Bergbau u. Gußstahlfabrikation Bochum, Breitenseer Maschinenfabrik Lehmann & Leyrer, Georg v. Cöln in Hannover, Hörder Bergwerks- u. Hütten-Verein, Arthur Koppel in Berlin, Orenstein & Koppel in Berlin u. Budapest, Roessemann & Kühnemann in Wien u. Budapest, Joseph Vögele in Mannheim.

[57]) Revue générale des chemins de fer 1888, I, und 1891, I.

[58]) Revue générale des chemins de fer 1883, I.

[59]) Bulletin de la Commission internat. du Congrès des chemins de fer 1887, No. 8.

[60]) E. Ziffer, Mitteil. d. Vereins f. d. Förderung d. Lokal- u. Straßenbahnw. 1894, S. 137.

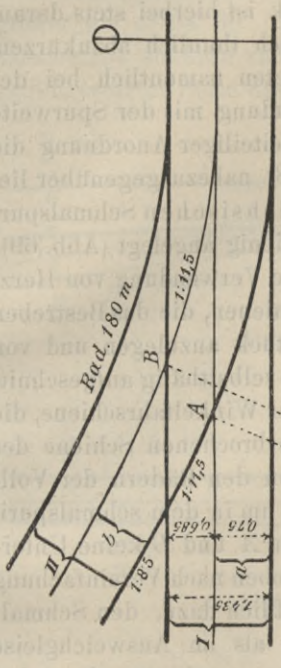


Abb. 68. Dreischienige Weiche.

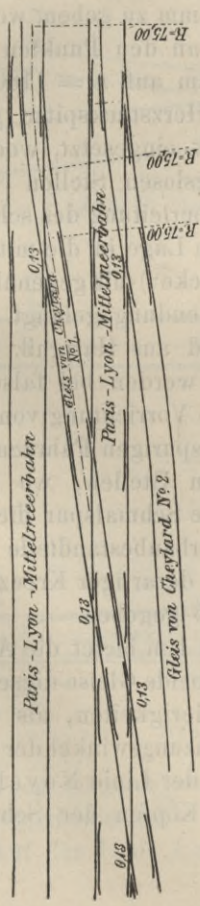


Abb. 71. Gemischtspurige Anlage der Linie La Voulte-sur Rhône-Cheylard.

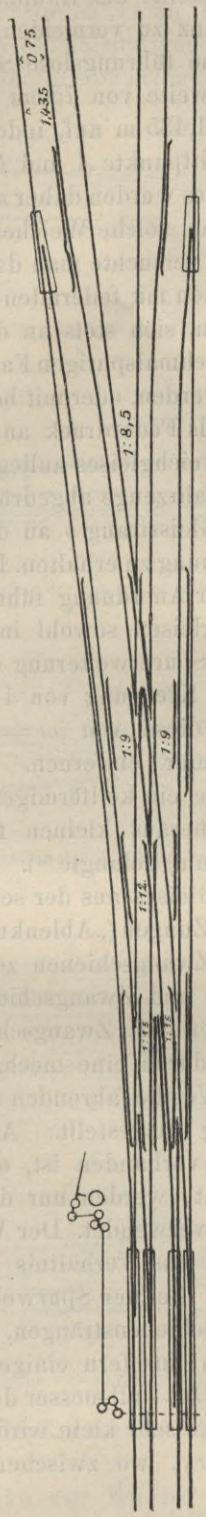


Abb. 69. Vierschienige Weiche der sächsischen Schmalspurbahnen.

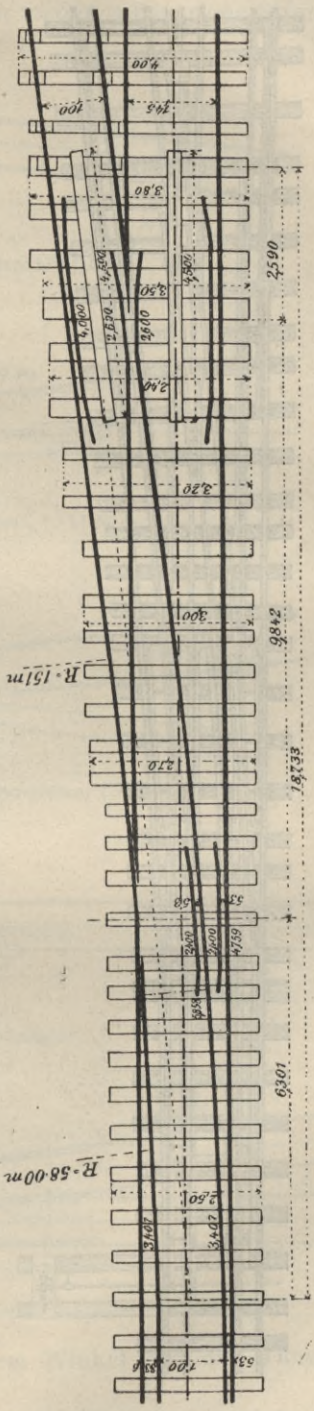


Abb. 70. Gemischtspurige Anlage der Linie Noyelles à St. Valéry.

sind einige wichtigere Fälle dargestellt; das Hauptaugenmerk ist hierbei stets darauf zu richten, führungslose Stellen ganz zu vermeiden, oder doch thunlich abzukürzen.

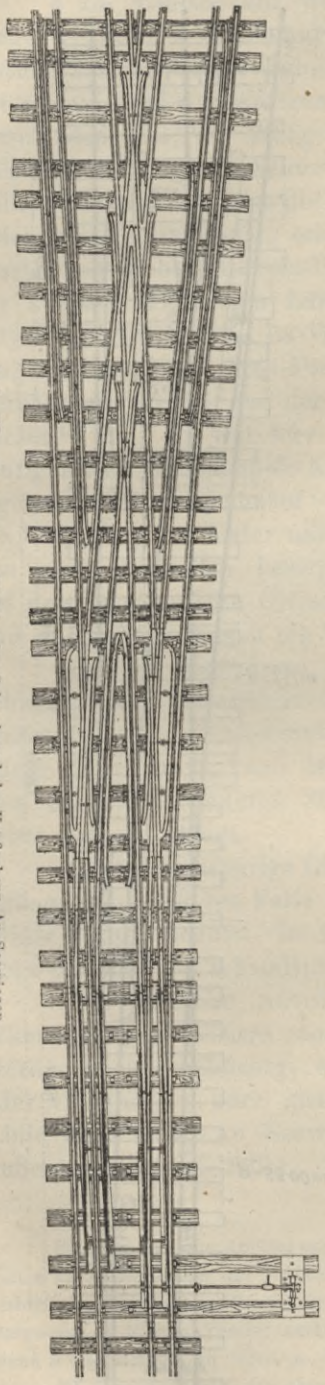


Abb. 72. Vierschienige Weiche der Schmalspurbahn Kupfenberg-Au-Seewiesen.

Solche führungslose Stellen treten namentlich bei der Spurweite von 75 cm in Verbindung mit der Spurweite von 1,435 m auf, indem bei dreiteiliger Anordnung die Schnittpunkte A und B (Abb. 68) nahezu gegenüber liegen; es wurden daher auf den sächsischen Schmalspurbahnen solche Weichen vierschienig angelegt (Abb. 69); auch versuchte man daselbst die Verwendung von Herzstücken mit federnden Flügelschienen, die das Bestreben haben, sich stets an das Herzstück anzulegen und von den schmalspurigen Fahrzeugen selbstthätig aufgeschnitten werden, oder mit beweglicher Winkelfahrschiene, die mittels Federdruck an der unterbrochenen Schiene des Ausweichgleises anliegt und von den Rädern der Vollspurfahrzeuge abgedrückt wird, um in dem schmalspurigen Gleisstrang b an den Stellen A und B keine Unterbrechung zu erhalten. Das Bestreben nach Vereinfachung dieser Anordnung führte schließlich dazu, den Schmalspurgleisen sowohl im Haupt- als im Ausweichgleise eine Spurerweiterung von 20 mm zu geben, wodurch bei einer Kreuzung von 1 : 11,5 an den Punkten A und B sich diese von $m = 715$ mm auf $n = 1180$ mm von einander entfernen. Der Herzstückspitze gegenüber wurde ein keilförmiges Stück eingesetzt, wodurch man zu überaus kleinen führungslosen Stellen (höchstens 550 mm) gelangte[61]). Zur Überleitung des schmalspurigen Gleises aus der seitlichen Lage in die mittlere sind feste Zungen („Ablenkungsstücke") mit gegenüberliegenden Zwangschienen zur Anwendung gelangt. Ablenkstück und Zwangschiene sind aus Hartguß. Schleppzungen mit Zwangschienen werden bei falscher Stellung durch eine mechanische Vorrichtung von dem aus der Weiche fahrenden schmalspurigen Fahrzeuge selbstthätig umgestellt. An allen Stellen, wo gemischte Spur vorhanden ist, oder die Schmalspur die Vollspur kreuzt, werden nur die Oberbaubestandteile der Vollspur verwendet. Der Winkel derartiger Kreuzungen ist durch das Verhältnis 1 : 4,25 gegeben.

Bei der Spurweite von 1 m bietet die Anlage mit vier Schienensträngen, wenn beide Gleise dieselbe Achse haben, insofern einige Schwierigkeiten, als selbst bei nur 20 m Halbmesser der Kreuzungswinkel der Schienenstränge sehr klein wird. Auf der Linie Noyelles à St. Valéry, wo zwischen den Köpfen der Schienen der

61) Der Civilingenieur. Jahrgang 1885, S. 569 ff.

zwei Schienenstränge nur ein Spielraum von 0,1725 m ist, wäre dieser Winkel nicht größer als 4° 34′ 30″ (tg 0,08) geworden; man legte daher die Gleismitten nicht zusammen, sondern rückte jenen schmalspurigen Schienenstrang, der auf der entgegengesetzten Seite des Gleisauslaufes sich befindet, näher an den vollspurigen Strang,

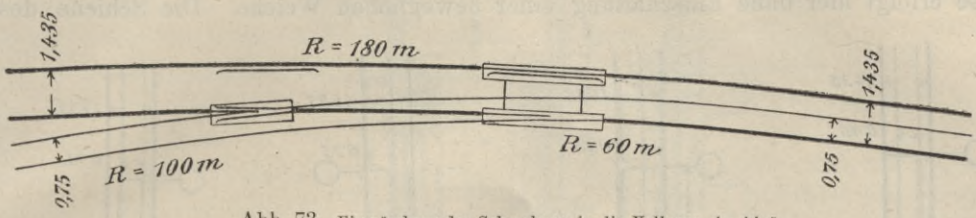


Abb. 73. Einmündung der Schmalspur in die Vollspur, 1 : 11,5.

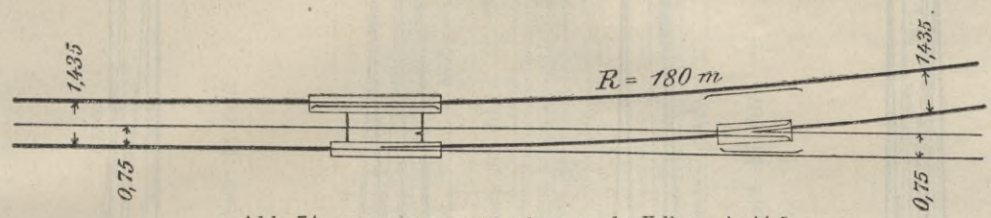


Abb. 74. Abzweigung der Schmalspur aus der Vollspur, 1 : 11,5.

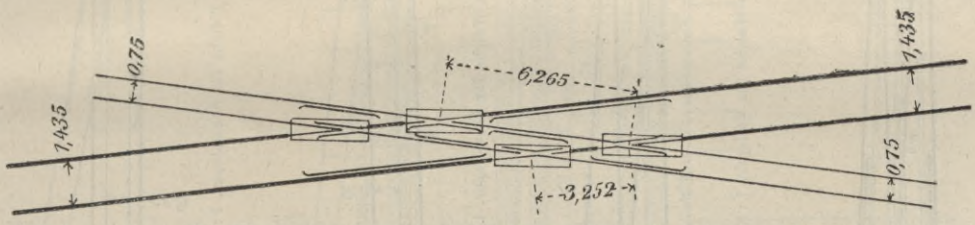


Abb. 75. Einfache Kreuzung eines Vollspur- und Schmalspurgleises, 1 : 4,25.

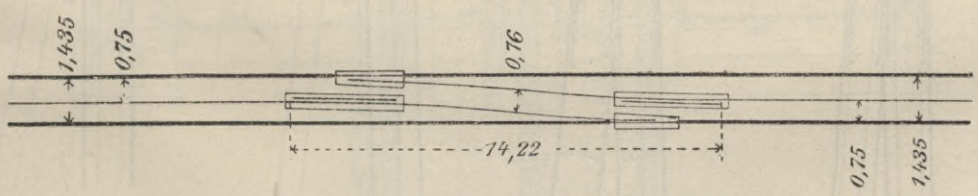


Abb. 76. Wechseln des gemeinschaftlichen Stranges.

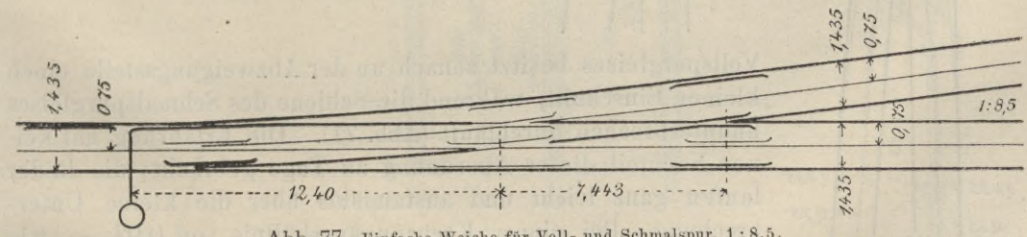


Abb. 77. Einfache Weiche für Voll- und Schmalspur, 1 : 8,5.

wodurch es möglich wurde, die Kreuzung unter einem Winkel mit der Tangente 0,09 zu bewirken (Abb. 70).

Auf der Linie La Voulte-sur Rhône-Cheylard, die einige Strecken mit

den Gleisen der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn mit Hilfe eines dritten Schienenstranges gemeinsam hat, wurde eine Unterbrechung des vollspurigen Gleises bei Einstellung der Weiche auf die Schmalspur nicht zugelassen; die Einführung, beziehungsweise der Auslauf des schmalspurigen Gleises in das, beziehungsweise aus dem vollspurigen Gleise erfolgt hier ohne Einschaltung einer beweglichen Weiche. Die Schiene des

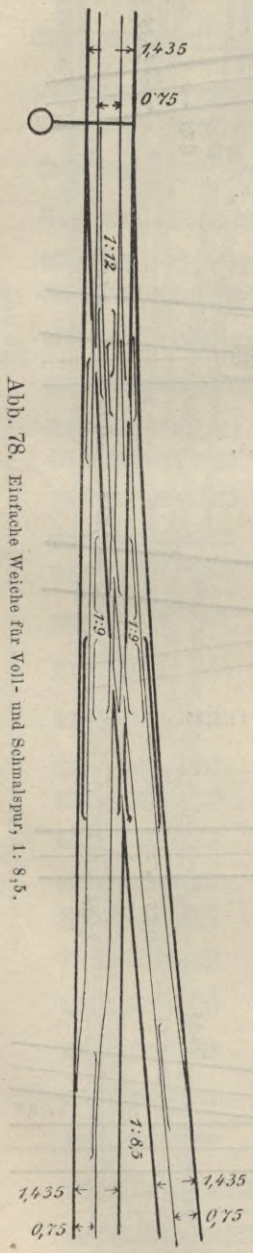


Abb. 78. Einfache Weiche für Voll- und Schmalspur, 1: 8,5.

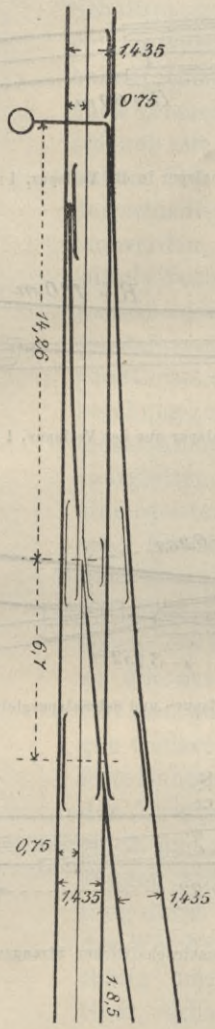


Abb. 79. Einfache Weiche für Vollspur, 1 : 8,5.

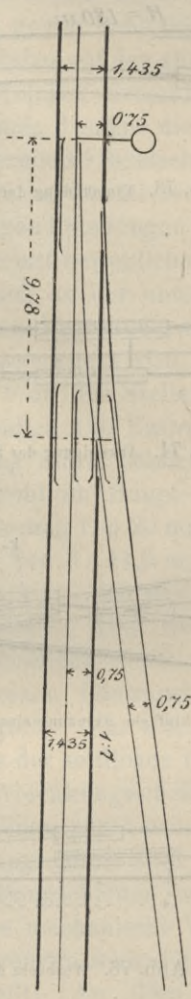


Abb. 80. Einfache Weiche für Schmalspur, 1 : 7.

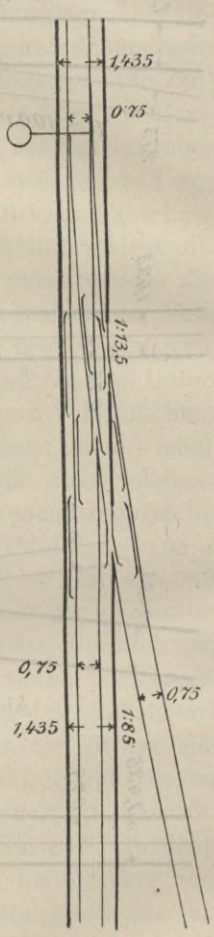


Abb. 81. Einfache Weiche für Schmalspur, 1 : 8,5.

Vollspurgleises besitzt sonach an der Abzweigungsstelle einen kleinen Einschnitt, während die Schiene des Schmalspurgleises ununterbrochen durchläuft (Abb. 71). Die Erfahrung hat keinen Nachteil dieser Anordnung zu Tage gebracht; die Räder laufen ganz leicht und anstandslos über die kleine Unterbrechung. Bei einem Kreuzungsverhältnis von 0,07 — wie es den Formen der Vollspur entspricht — und einem Halbmesser von 75 m für den Weichenbogen, beträgt das Kreuzungsverhältnis des inneren Schmalspurstranges mit dem Vollspurstrang 0,0863, jenes des äußeren 0,13. Der Lauf der Fahrzeuge im Bogen wird durch eine Spurerweiterung erleichtert

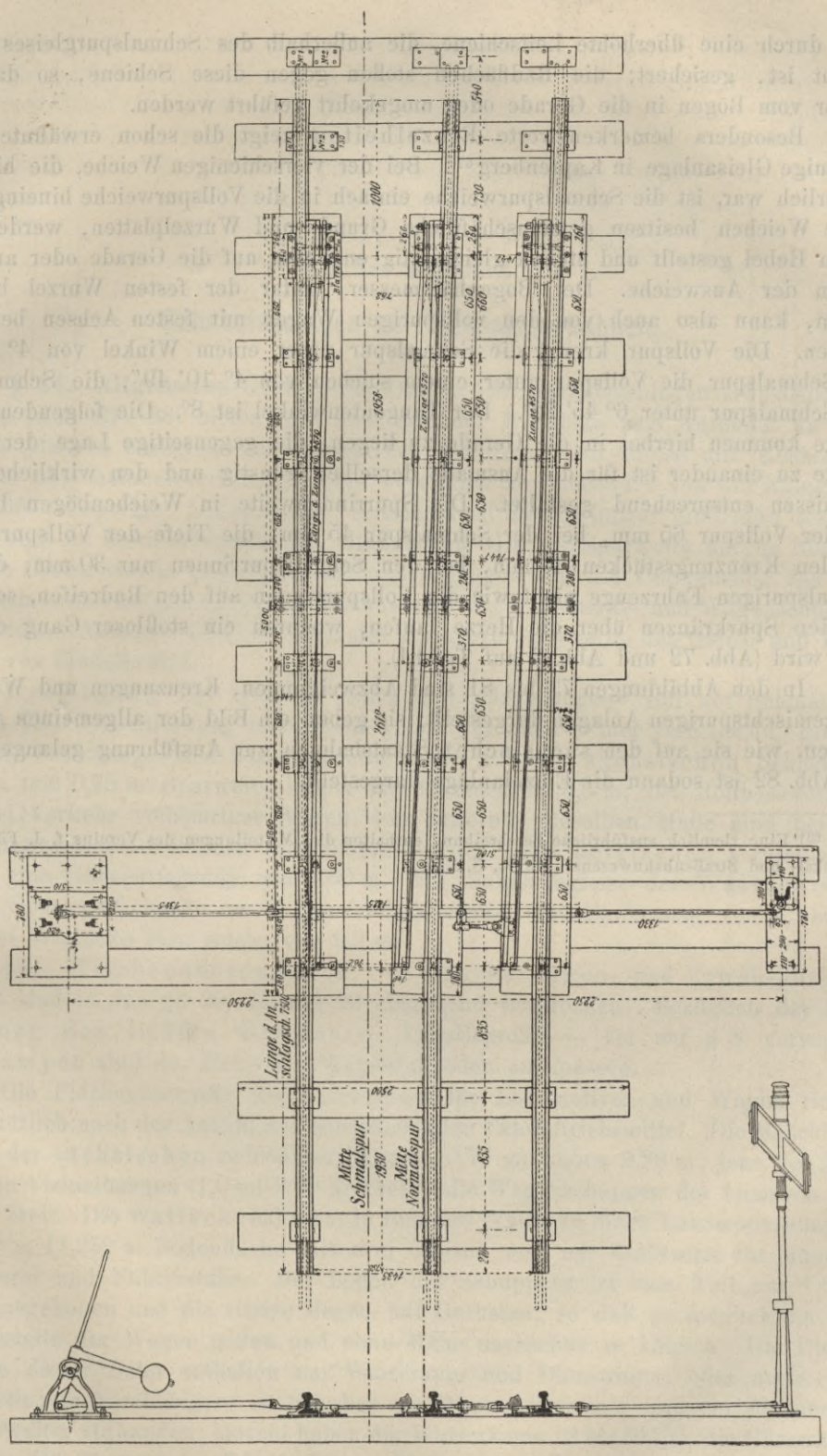


Abb. 82. Gemischtspurige Weiche der sächsischen Staatsbahnen.

und durch eine überhöhte Leitschiene, die außerhalb des Schmalspurgleises angebracht ist, gesichert; die Radflächen stoßen gegen diese Schiene, so daß die Räder vom Bogen in die Gerade oder umgekehrt geführt werden.

Besonders bemerkenswerte Einzelheiten zeigt die schon erwähnte vierschienige Gleisanlage in Kapfenberg[62]. Bei der vierschienigen Weiche, die hier erforderlich war, ist die Schmalspurweiche einfach in die Vollspurweiche hineingelegt; beide Weichen besitzen gemeinschaftliche Grund- und Wurzelplatten, werden mit einem Hebel gestellt und stehen gleichzeitig entweder auf die Gerade oder auf den Bogen der Ausweiche. Der Bogenhalbmesser hinter der festen Wurzel beträgt 100 m, kann also auch von den vollspurigen Wagen mit festen Achsen befahren werden. Die Vollspur kreuzt die Schmalspur unter einem Winkel von 4° 14′ 7″, die Schmalspur die Vollspur unter einem solchen von 4° 10′ 49″, die Schmalspur die Schmalspur unter 6° 45′ 22″. Der Tangentenwinkel ist 8°. Die folgenden Herzstücke kommen hierbei in die Gerade zu liegen, die gegenseitige Lage der Herzstücke zu einander ist für die Ausmaße derselben günstig und den wirklichen Bedürfnissen entsprechend gestaltet. Die Spurrinnenweite in Weichenbögen beträgt bei der Vollspur 65 mm, bei der Schmalspur 45 mm; die Tiefe der Vollspurrinnen bei den Kreuzungsstücken 40 mm, bei den Schmalspurrinnen nur 30 mm, da die schmalspurigen Fahrzeuge nicht wie die Vollspurwagen auf den Radreifen, sondern auf den Spurkränzen über die Herze laufen, wodurch ein stoßloser Gang ermöglicht wird (Abb. 72 und Abb. 2 auf Tafel I).

In den Abbildungen 73 bis 81 sind Abzweigungen, Kreuzungen und Weichen bei gemischtspurigen Anlagen dargestellt; sie geben ein Bild der allgemeinen Anordnungen, wie sie auf den sächsischen Staatsbahnen zur Ausführung gelangen. In der Abb. 82 ist sodann die Einzelanlage dargestellt.

---

[62]) Eine ziemlich ausführliche Beschreibung enthalten die „Mitteilungen des Vereins f. d. Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens“. 1894, S. 137.

Fünfter Abschnitt.

Bahnhofsanlagen bei Schmalspurbahnen.

§ 24. Allgemeine Gesichtspunkte. — Die Bahnhofsanlagen schmalspuriger Bahnen (Abb. 83—88) bieten mit Ausnahme der Bahnhöfe zum Anschluß an vollspurige Bahnen bezüglich der allgemeinen Anordnung der Gleise und Hochbauten und der allgemeinen Ausrüstung nichts wesentlich abweichendes von der Anlage der Bahnhöfe vollspuriger Lokalbahnen. Entscheidend bleiben immer die Größe des Verkehrs und die Betriebsverhältnisse. Maßgebend wird die Spurweite nur im Hinblick auf die Gleisabstände und die Weichenanordnungen, auf die Umgrenzung des lichten Raumes und auf die Größe der Hochbauten, wie Lokomotiv- und Wagenschuppen, bei welchen Anlagen aller Art eben die geringere Spurweite der Gleise und Fahrzeuge von Einfluß wird.

Entfernung der Gleise. Nach den „Grundzügen" soll auf Schmalspurbahnen die Gleisentfernung mindestens gleich der um 600 mm vermehrten, größten Wagen-, beziehungsweise Ladungsbreite sein. Auf den sächsischen Schmalpurbahnen mit 0,75 m Spurweite liegen die Gleisachsen 3,5 m, bei Rollbockverkehr, also bei Verkehr vollspuriger Wagen 4 m entfernt; dieselben Maße sind bei den steiermärkischen Bahnen eingehalten worden. Die belgischen Vizinalbahnen haben eine Gleisentfernung von 3,60 m. Die Bahnhofsgleise der Wallückebahn (60 cm Spurweite) haben im Bahnhof Kirchlengern eine Entfernung von 2,5 m, im Bahnhof Wallücke eine solche von 2,3 m.

Die Weichenanordnungen, Gleiskreuzungen und zweispurigen Gleise sind in den §§ 20, 21 und 22 eingehend besprochen. Bezüglich der Umgrenzung des lichten Raumes — Verladeprofil — sei auf § 8 verwiesen. Laderampen sind der Höhe der Wagenfußböden anzupassen.

Die Flächenausmaße der Schuppen für Lokomotiven und Wagen richten sich natürlich nach der Anzahl der einzustellenden Fahrbetriebsmittel. Die Maschinenhäuser der sächsischen Schmalspurbahnen (0,75 m) haben 9,28 m, jene der belgischen Vizinalbahnen (1,0 m) 9,00 m Breite, die Wagenschuppen der letzteren sind 7,50 m breit. Die Wallückebahn hat in Bahnhof Wallücke einen Lokomotivschuppen von 29 × 11,259 m Bodenfläche mit drei Gleisen und mit Einbauten für Magazin, Schlosserei und Führerstube. Der Boden des Schuppens ist zum Teil auf 1,52 m Tiefe ausgehoben und die Gleise liegen auf Gerüsten, so daß es möglich ist, die Untergestelle der Wagen genau und ohne Mühe nachsehen zu können. Die Dienstgebäude dieser Bahn enthalten nur Warteraum und Dienstraum, oder auch einen Güterraum; in Kirchlengern ist überdies ein Direktionszimmer und ein Zimmer für den Verwalter vorhanden; hierbei haben die Warteräume 12 bis 26 qm, die Güterräume 13,5 qm, die Diensträume 7,5 bis 26 qm Flächenausmaß.

Für zwei Lokomotiven werden Grundflächen von 100 qm, für eine Lokomotive solche von 50 qm bei den Schuppen genügen. Vorteilhaft ist es, zur Vornahme kleinerer Ausbesserungen an den Fahrbetriebsmitteln mit den Heizhäusern kleine Werkstätten zu verbinden, die im Bedarfsfalle mit Arbeitern der nächstgelegenen Hauptwerkstätte besetzt werden, oder in denen die Lokomotivführer selbst die etwa

Abb. 83. Haltepunkt Niederstrahwalde.

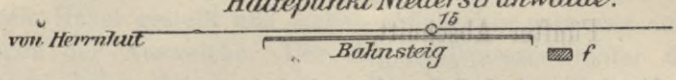


Abb. 84. Haltestelle Berthelsdorf.

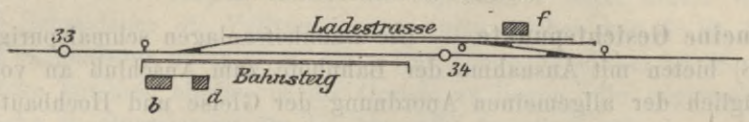


Abb. 85. Haltestelle Oberrennersdorf.

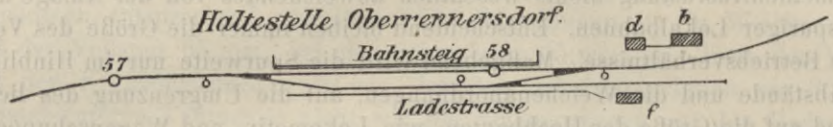


Abb. 86. Haltepunkt Niederrennersdorf.

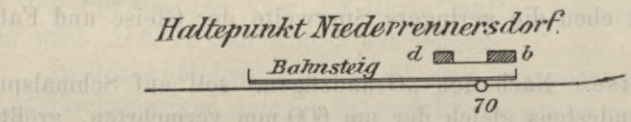


Abb. 87. Haltestelle Cannersdorf a. d. Eigen.

Abb. 83—88. Bahnhofsanlagen der sächsischen Schmalspurbahnen.
a. Aufnahmsgebäude.
b. Wartehalle.
c. Nebengebäude.
d. Abort.
e. Güterschuppen.
f. Wagenkasten als Güterschuppen.
g. Maschinenhaus.
h. Kohlenschuppen.
i. Wage.
k. Ladelehre.
l. Löschgrube.
m. Wasserkran.

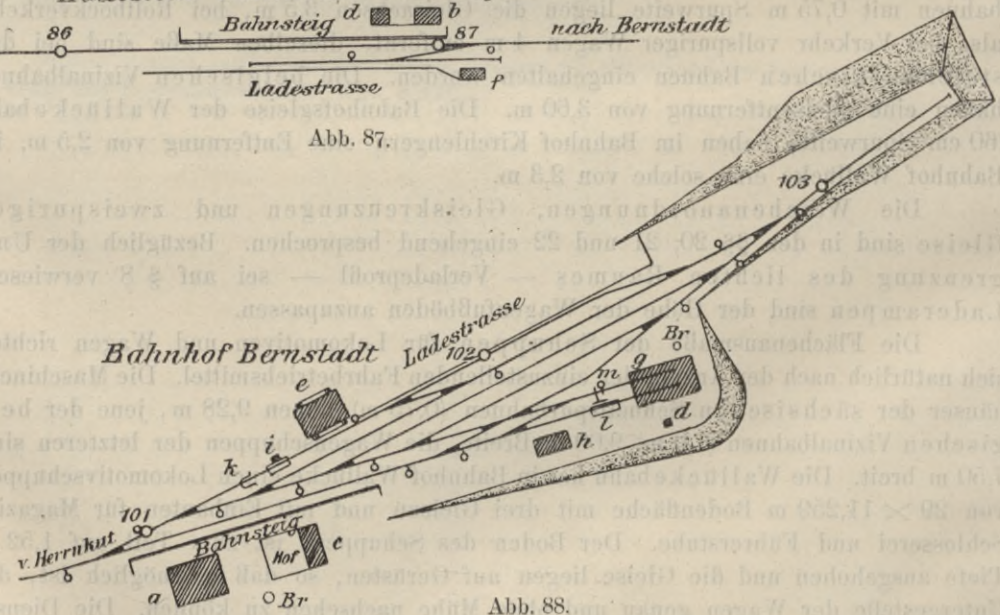


Abb. 88.

notwendigen leichteren Ausbesserungen der Lokomotiven und Wagen besorgen. Wagenschuppen finden selten Anwendung. Wartehallen, Güterschuppen, Umladehallen, Kohlenschuppen, Aufnahmegebäude sind in ihren Ausmaßen und in ihrer

Anordnung nur von der Größe und Art des Verkehrs, nicht aber von der Spurweite abhängig. Größte Sparsamkeit in der Ausführung ist selbstverständlich geboten. An Haltestellen mit geringem Personenverkehr werden aus Holzwerk bestehende offene oder verdeckte Warteräume mit oder auch ohne Bänke genügen; auf größeren Verkehrsstellen werden heizbare Wartezimmer einzurichten sein. Ob Dienstwohnungen notwendig und ob überhaupt weitere Einrichtungen, wie Dienstzimmer, Schlafstuben für das Personal, Gastzimmer u. s. w. erforderlich sind, das kann nur in jedem einzelnen Falle auf Grund der obwaltenden örtlichen und dienstlichen Verhältnisse und der Dienstesorganisation entschieden werden. Sehr vorteilhaft ist es, die Haltestellen vor Gasthäuser zu verlegen, so daß besondere Räumlichkeiten für den Aufenthalt der den Zug erwartenden Fahrgäste vollständig entfallen.

Bahnsteige sind bei entsprechend geringer Höhe der Wagentrittbretter über den Schienen (bis etwa 30 cm) im allgemeinen überflüssig; wo sie notwendig erscheinen, können sie als einfache Erhöhungen, die aus geeignetem Material angeschüttet sind, ausgeführt werden. Tadelnswert ist die Anordnung so niedriger Bahnsteige, daß das Ein- und Aussteigen für Frauen und leidende Personen ohne fremde Mithilfe unmöglich oder gefährlich ist. Übertriebene Sparsamkeit ist hier nicht am Platze.

In Zwischenstationen genügt für den Güterverkehr zumeist ein in das Hauptgleis beiderseits eingebundenes Nebengleis, dessen Länge durch die zulässige größte Länge der Züge bestimmt erscheint. Bei etwas regerem Verkehr wird ein Abstell- und ein Rückstoßgleis unentbehrlich werden. Die „Grundzüge“ bestimmen, daß die Zahl der in einem Zuge laufenden Achsen bei 1 m Spurweite 80, bei 0,75 und 0,60 m Spurweite 60 nicht übersteigen soll, doch wird die Bildung kürzerer, für die Zugkraft einer Lokomotive bemessener Züge empfohlen.

Der Verschluß der Ein- und Ausfahrtsweichen, oder deren Stellung von einem Punkte aus, ist aus Verkehrsrücksichten besonders in Stationen, wo Kreuzungen stattfinden, zu empfehlen.

§ 25. Bahnhöfe bei Anschluss schmalspuriger Bahnen an vollspurige. — Diese bilden das eigentlich Bemerkenswerte bei den Bahnhofsanlagen schmalspuriger Bahnen. Bei der Feststellung der Grundzüge für deren allgemeine Anordnung ist das Verhältnis der Schmalspurbahn zur Stammbahn, die in der Regel vollspurig sein wird, von entscheidendem Einflusse. Es kommen hierbei hauptsächlich in Betracht:

Die Art des übergehenden Personen- und Güterverkehrs,
der Übergang der Vollspurwagen auf die Schmalspur,
die Betriebseinteilung auf dem Anschlußbahnhofe.

Beim Übergang der Vollspurwagen handelt es sich natürlich nur um Güterwagen, da — abgesehen von der Betriebssicherheit — ein Übergang von Personenwagen für die Bahnverwaltung und die Reisenden weit mehr mit Nachteilen und Unannehmlichkeiten als mit Vorteilen verbunden wäre. Ist der übergehende Personenverkehr wesentlich bedeutender als der örtliche Personenverkehr der Schmalspurbahn, d. i. jener, der zwischen den Stationsorten der letzteren besteht, so ist die Anordnung der für die Personenbeförderung bestimmten Schmalspurgleise vorwiegend im Hinblick auf die Bequemlichkeiten der übersteigenden Reisenden zu treffen. In einigen Fällen wurde das Abfahrts- und Einfahrtsgleis der Schmalspurbahn unter Benutzung desselben Bahnsteiges dicht an das betreffende Vollspurgleis, oder jenseits der vollspurigen Bahnhofsgleise gelegt. In letzterem Falle ist nun

allerdings ein Überschreiten der Vollspurgleise unbedingt notwendig, was bei lebhaftem Verkehre auf diesen gefährlich werden kann und auch auf die ganze Abwicklung des Verkehres der Voll- und Schmalspur insofern hemmend einwirkt, als bei Abfahrt oder Ankunft schmalspuriger Züge auf den Vollspurgleisen ein Raum für den sicheren Übergang der Reisenden freigehalten werden muß (Abb. 89). Unter allen Umständen

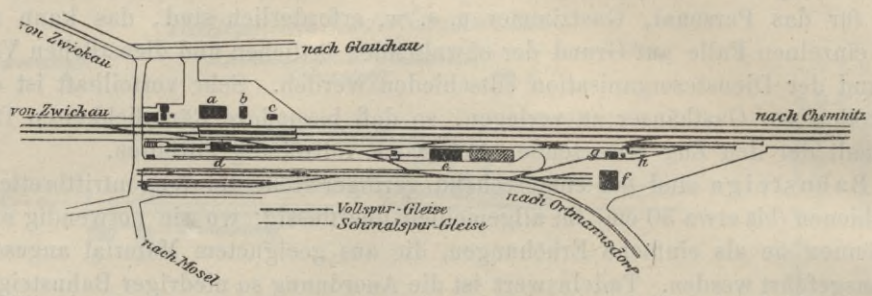


Abb. 89. Anschluss der sächsischen Schmalspurbahn Mosel-Ortmannsdorf an die Vollspurbahn Zwickau-Chemnitz.

vorteilhafter erscheint die bei vielen Schmalspurbahnen gebräuchliche Anordnung der für den Personenzugsverkehr bestimmten Schmalspurgleise auf dem Platz vor dem Aufnahmsgebäude, so daß die übersteigenden Reisenden das letztere durchschreiten müssen. Hiermit ist für sie in der Regel kein Nachteil, keine Belästigung verbunden, da sie ohnehin — wie es zumeist der Fall — neue Fahrkarten lösen müssen. Gewöhnlich liegt auch zwischen der Ankunft der einen und der Abfahrt der anderen Züge ein so langer Zeitraum, daß der durch diesen Weg verursachte Zeitaufwand nicht in Betracht kommt (Abb. 90). Diese Anordnung der Gleise trägt auch dem örtlichen Verkehre der Schmalspur entsprechend Rechnung, namentlich wenn die Ausgabe der

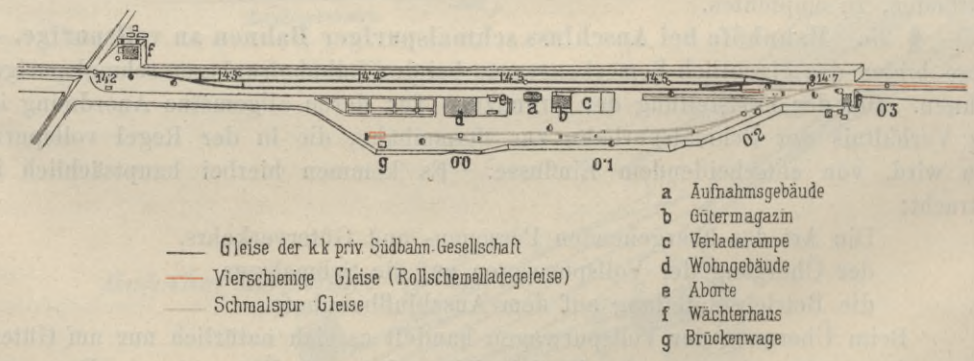


Abb. 90. Steiermärkische Landesbahnen. Preding-Wieselsdorf.

Fahrkarten im Zuge selbst durch den Schaffner erfolgt, weil dann die nur die Schmalspurbahn benutzenden Fahrgäste weder bei der Abfahrt, noch bei der Ankunft das Aufnahmsgebäude zu betreten genötigt sind. Für den diensthabenden Verkehrsbeamten ist allerdings die Anordnung aller, mithin auch der schmalspurigen Gleise auf einer Seite des Gebäudes übersichtlicher, auch erleichtert sie den Dienst; doch tritt dieser Vorteil vollständig zurück, wenn man erwägt, daß bei getrennter Anlage der Gleise die Abwicklung des Schmalspurbahnverkehrs sich in einfachster Weise bewerkstelligen läßt und dem diensthabenden Beamten eigentlich keine weitere

Aufgabe zufällt, als die Abfahrt des Zuges zu erlauben und zu überwachen. Bei einseitiger Anordnung aller Gleise findet aber doch stets ein gewisses Ineinanderspielen des Voll- und Schmalspur-Verkehres statt, wodurch ein aufmerksameres und thätigeres Eingreifen des verantwortlichen Beamten meist notwendig werden dürfte. In Fällen, wo sich der Personenverkehr der Schmalspurbahn nahezu unabhängig von jenem der Vollspurbahn abwickelt, wird es keinem Anstand unterliegen, ja unter Umständen vorteilhafter sein, das Personenzugsgleis der Schmalspurbahn ganz außerhalb des Bereiches der Vollspurgleise und des Vollspurbahnhofes zu legen

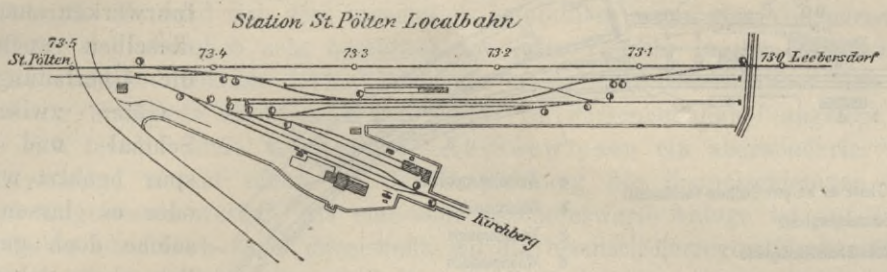


Abb. 91. Anschluss der Schmalspurbahn St. Pölten-Kirchberg a./P. an die vollspurige Lokalbahn St. Pölten-Leobersdorf.

(Abb. 91); man muß sich dann bei seiner Anlage vornehmlich von den Rücksichten auf einen bequemen und angemessenen Ortsverkehr leiten lassen.

Bei der Anordnung der schmalspurigen Verlade- und Verschubgleise zum Zwecke der Güterbewegung spielt die leichte und rasche Verladung der übergehenden Güter eine Hauptrolle. Die bequemste Ausführung, wenigstens für gewisse Güter, bietet offenbar eine Anordnung, die ermöglicht, die betreffenden Güter unmittelbar aus einem Wagen in den anderen überzulegen. Dies setzt voraus, daß das schmalspurige Gleis unmittelbar neben das Vollspurgleis angeordnet wird, so daß sich die beiden Wagen bis auf 60 cm nähern, und ersteres überdies so hoch gelegt wird, daß die Fußböden der Schmalspurwagen mit jenen der Vollspurwagen in gleicher Höhe sich befinden. Eine solche Anordnung besteht auf den sächsischen Schmalspurbahnen zum Zwecke der Umladung von Wagenladungsgütern, wobei die Überladegleise zum Teil überdeckt sind. Die Umladung des Stückgutes erfolgt in Güterhallen, in die ein Schmalspurgleis von entsprechender Länge eingeführt ist (Abb. 92).

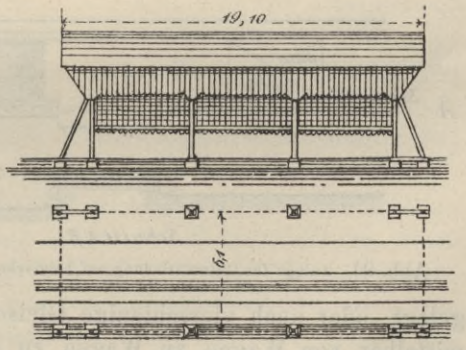


Abb. 92. Anlage der Güterverladung auf den sächsischen Bahnen.

Bei den belgischen Vizinalbahnen legte man ebenfalls in einigen bedeutenderen Bahnhöfen die Gleise in verschiedenen Höhen so, daß die Fußböden der Wagen beider Bahnen in gleicher Ebene liegen. Die Umladung ist für lose Güter nach den daselbst gemachten Erfahrungen bequem, aber für andere Güter, wie Kohle, Rüben etc. ist der Vorteil einer solchen Anlage nicht sehr erheblich. Häufig wird das Schmalspurgleis, das für die Aufstellung der zu ent- oder zu beladenden Wagen bestimmt ist, an die den Vollspurgleisen abgewandte Längsseite der Güter-

schuppen, oder der zu diesem Zweck besonders errichteten Umladehalle, also auf die Straßenseite des Güterbahnhofes gelegt. Eine solche Anordnung gewährt viele Vorteile (Abb. 93). Die Wagen der beiden Bahnen können unabhängig von einander ent- und beladen werden, so daß in dem Umlaufe derselben keine Verzögerung herbeigeführt wird; die überzuladenden Güter lagern im Trocknen; die Überwachung der Güter ist leicht und sicher; die Güterabfertigung läßt sich einfach und bequem durchführen; es können die auf den Verladerampen befindlichen maschinellen Einrichtungen für die Verladung der Güter von den Straßenfuhrwerken und auf dieselben auch für die Überladung der Güter zwischen Schmal- und Vollspur benutzt werden, oder es lassen sich solche doch gewöhnlich ohne Schwierigkeiten aufstellen (Abb. 93).

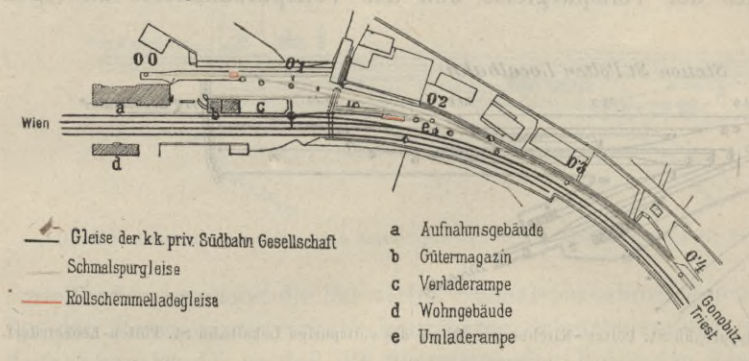


Abb. 93. Steiermärkische Landesbahnen. Pöltschach-Gonobitz.

Wenn der bestehende Güterschuppen zugleich als Überladehalle dienen soll, so ist zunächst wohl zu erwägen, ob hierdurch nicht die Zufuhr und Abfuhr der Güter auf der Zufahrtsstraße zum Gütermagazin erschwert wird. Sind die Güterschuppen oder deren straßenseitige Vorbühnen entsprechend lang und handelt es sich zumeist nur um einen oder zwei schmalspurige Wagen, die gleichzeitig an ihr Aufstellung nehmen, so wird ein solcher Vorgang ohne fühlbare Benachteiligung zulässig sein; andernfalls wäre im Anschluß an den Güterschuppen oder an einer anderen entsprechenden Stelle eine Überladehalle zu errichten.

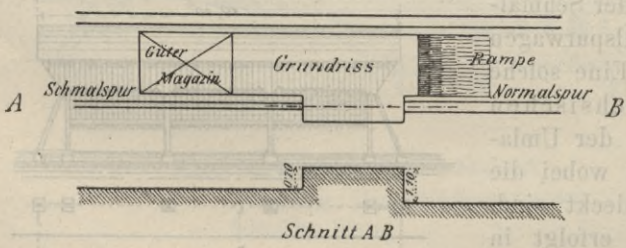


Abb. 94. Anlage für Güterverladung auf belgischen Vizinalbahnen.

Auf einzelnen Übergangsstationen der belgischen Vizinalbahnen wendete man die in Abb. 94 dargestellte Anordnung der Umladerampe an, während auf anderen derlei Stationen die schmal- und vollspurigen Gleise einfach neben einander gelegt, oder auch vierschienige Gleise hergestellt wurden, um die Überladung unmittelbar von Wagen zu Wagen zu erleichtern. Für die Überladung von Erzen, Kohlen etc. finden die bekannten Einrichtungen vorteilhaft Anwendung. So kamen auf der schmalspurigen Wallückebahn Sturzgerüste zur Ausführung, auf welche die Schmalspurgleise mit Steigungen von 1 : 30 emporführen und von denen aus die Erze direkt in die vorgefahrenen Hauptbahnwagen umgeladen werden[63]).

Die sonstigen für den Verschiebedienst etc. der Schmalspurbahn erforderlichen

---

[63]) Mitteilungen des Vereins für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens. 1897, S. 513 und 514.

Gleisanlagen werden vorteilhaft thunlich aus dem Bereiche der Vollspur gerückt, auch wenn — wie dies in der Regel der Fall ist — der Stationsdienst in den Anschlußbahnhöfen von den Beamten der Hauptbahn besorgt wird. Je unabhängiger die beiden Bahnen ihren Bahnhofsdienst abwickeln können, um so zweckmäßiger und um so wirtschaftlicher kann sich derselbe gestalten. Unter den Unzukömmlichkeiten, die eine mehr gemeinsame Gleisanlage zur Folge hat, leidet aber in allen Fällen am meisten die Schmalspurbahn, so daß eine gewisse Selbständigkeit in dieser Beziehung in deren wohlverstandenem eigenen Interesse liegt und deshalb unter Umständen auch mit etwas erhöhten Ausgaben für Grunderwerb etc. nicht zu teuer erkauft wird. Es wird sich dies namentlich empfehlen, wenn der Vollspurbahnhof an und für sich räumlich sehr beschränkt und der Verkehr in ihm, wie auch im Schmalspurbahnhof überaus lebhaft ist. So wurde der Güterbahnhof der Linie Flensburg-Kappeln in Flensburg getrennt vom Personenbahnhof angelegt, auch erwies sich für die Linie Kapfenberg-Au-Seewiesen ein abgesonderter Bahnhof notwendig, worauf schon bei der Besprechung der doppelschienigen Gleisanlagen hingewiesen wurde. Als eine sehr beachtenswerte Anlage ist auf Tafel I der Bahnhof Bosnisch-Brod dargestellt, wo die bosnisch-herzegowinischen Staatsbahnen an die ungarischen Staatsbahnen anschließen.

Was die Umladevorrichtungen auf solchen Bahnhöfen anbelangt, so weichen sie von den bei Vollspurbahnhöfen üblichen Anordnungen nicht ab.

Sechster Abschnitt.

Betriebsmittel der Schmalspurbahnen.

§ 26. Bau der Lokomotiven. Allgemeine Grundsätze. — Die Größe der Spurweite ist naturgemäß nicht ohne Einfluß auf die Anordnung der einzelnen Teile, die um so schwieriger wird, je geringer einerseits die Spur des Gleises und je größer anderseits die von der Lokomotive geforderte Leistungsfähigkeit ist. Diesem unmittelbaren Einfluß der Schmalspur gesellt sich der mittelbare Einfluß, den sie auf den Bau der Lokomotiven durch die bei ihr zumeist vorkommende Anwendung scharfer Bögen ausübt. Ein langer, fester Radstand wird unzulässig und unmöglich und es müssen Bauarten geschaffen werden, die der Leistungsfähigkeit der Lokomotive und ihrer Schmiegsamkeit, ihrer „Bogenbeweglichkeit", in gleicher Weise Rechnung tragen. Die Schmiegsamkeit des Gleises ist — wie wir gesehen haben — jene Eigenschaft der Schmalspur, auf der vorwiegend ihr Wert und ihre Bedeutung namentlich für Hügelland und Gebirgsgegenden beruht; die Schmiegsamkeit des Gleises verlangt aber auch eine entsprechende Schmiegsamkeit der Lokomotive, soll der Vorteil der schmalen Spur nicht fraglich oder selbst nichtig werden. Diese unbedingte Forderung, deren Bedeutung mit der Bedeutung der Schmalspurbahnen für den Fernverkehr und für große Fördermengen wuchs, führte zu Lokomotivanordnungen, die auch an dem Bau der vollspurigen Lokomotiven nicht spurlos vorübergingen.

Bei der Wahl einer schmalen Spurweite denkt man in der Regel an die Wahl eines leichteren Oberbaues, dessen Gewicht in der Höhe der Anlagekosten einen sehr nachhaltigen Ausdruck findet. Ein leichter Oberbau setzt geringe Beanspruchungen voraus, erfordert sonach Lokomotiven mit verhältnismäßig kleinen Achsdrucken. Dieser Forderung kann bei Lokomotiven von nur etwas größerer Leistungsfähigkeit im Hinblick auf die Bedingung eines kurzen Radstandes nicht immer in einfacher Weise entsprochen werden. Wenn man sich noch vor Augen hält, daß der Betrieb der Schmalspurbahnen die einfache und dauerhafte Ausführung aller Teile der Lokomotiven besonders notwendig erscheinen läßt, dann erkennt man, daß der Bau schmalspuriger Lokomotiven sich nicht als die verkleinerte Nachahmung vollspuriger Lokomotiven darstellen darf, sondern eigenen, aus dem Wesen der Schmalspur hervorgehenden Gesetzen folgen muß. Daß dieser Grundsatz nicht von Anfang an beachtet wurde, hat wohl darin seinen Grund, daß die Erkenntnis der Anforderungen der Schmalspur, die nur auf Grund der Betriebserfahrungen gewonnen werden konnte, vollständig fehlte; hieraus entsprangen selbstverständlich auch so manche Mißerfolge des Betriebes schmalspuriger Bahnen.

Die jetzige Betriebsweise kleiner schmalspuriger Bahnen, die durch den ausschließlichen, oder doch weitaus vorwiegenden Verkehr von gemischten Zügen

gekennzeichnet ist, ermöglicht die Verwendung einerlei Art von Lokomotiven. Nur auf so großen Bahnnetzen, wie z. B. den bosnisch-herzegowinischen Staatsbahnen, den Bahnen auf Sumatra und Java u. s. w. werden verschiedene Arten von Lokomotiven für den reinen Güterzugsverkehr, für den Personenzugsverkehr und für die Gebirgsstrecken erforderlich. Hier entstand auch die Aufgabe, schnellfahrende Lokomotiven zu bauen, d. h. Lokomotiven für Fahrgeschwindigkeiten von 40 km in der Stunde und darüber.

Die Grundgestalt der Schmalspurlokomotive ist die Tenderlokomotive mit Vorratsräumen für gewöhnlich 0,5 bis 1,5 t Kohlen und 1,0 bis 3,0 cbm Wasser (Abb. 95). Die Zahl der Achsen schwankt zwischen 2 und 4, ausnahmsweise bei Erfordernis sehr großer Leistungsfähigkeit kommen auch Lokomotiven mit fünf und sechs Achsen zur Anwendung. In der Regel wird durch die Kuppelung aller Achsen das ganze Gewicht der Lokomotive für die Reibung verwertet. Laufachsen — einfach oder in Drehgestell — sind bei langen Kesseln mit großem Vorteil für den ruhigen Gang der Lokomotive angewendet worden (Abb. 96). Auf Schmalspurbahnen, die von der Lokomotive gleichzeitig

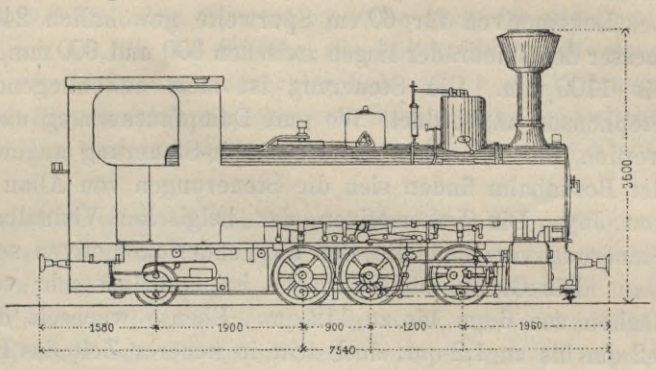


Abb. 95. Tenderlokomotive. Niederösterr. Schmalspurbahnen.

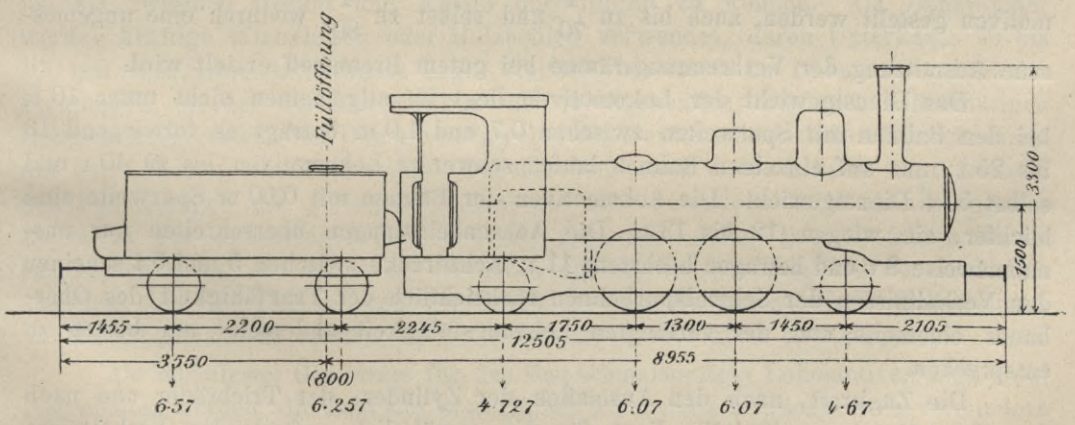


Abb. 96. Personenzuglokomotive. Bosnisch-herzegowinische Staatsbahnen.

eine große Zugkraft und eine große Bogenbeweglichkeit verlangen, laufen vielfach Lokomotiven mit zwei Triebgestellen oder auch Doppellokomotiven. Die Anwendung der Verbundwirkung macht langsame, aber stetige Fortschritte.

Die Rahmen sind in der Regel innenliegend und als Kastenrahmen gebaut. Bei kleiner Spurweite ist es nicht möglich, die Feuerkiste zwischen den Rahmen und Rädern unterzubringen; sie wird daher entweder über, oder hinter die Rahmen und Räder gestellt, häufig auch schräg angeordnet. Wasser- und Kohlenbehälter

liegen zumeist neben dem Langkessel; häufig wird der ganze Wasservorrat im Rahmenkasten untergebracht.

Die Kessel erhalten einfache Formen, Dampfdome mit Reglergehäuse und einfachen Sicherheitsventilen und sind für einen zulässigen Dampfdruck von 12, bisweilen auch 13 und 14 Atmosphären berechnet. Der Durchmesser der Dampfzylinder beträgt in der Regel 220 bis 300 mm; doch kommen kleinere und größere Ausmaße vor. Bei Anwendung der Verbundwirkung ist das Verhältnis der Durchmesser der beiden Zylinder 1,4 bis 1,5. Der Kolbenhub beträgt 300 bis 400 mm, bei Lokomotiven für 60 cm Spurweite gewöhnlich 240 oder 260 mm. Die Durchmesser der Triebräder liegen zwischen 600 und 900 mm, ausnahmsweise über 1000 mm bis 1100 mm. Die Steuerung ist stets außenliegend nnd wird vorteilhaft nach Stephenson angeordnet. Wo gute Dampfausnutzung und hohe Leistungen angestrebt werden, hat man auch die Heusinger-Steuerung angewendet. Bei den Lokomotiven der Bosnabahn finden sich die Steuerungen von Allan und von Gooch neben jener von Joy. Die Lokomotiven der belgischen Vizinalbahnen sind mit Walschaerts Steuerung versehen, die sich an Tenderlokomotiven sehr gut bewähren soll.

Die Größe der Heizfläche ist natürlich sehr verschieden; man findet Heizflächen von 6 qm bis zu 112 qm. Ebenso wechselt die Größe der Rostfläche von 0,2 qm bis zu 1,2 qm; doch tritt in neuerer Zeit das Bestreben nach der Anordnung großer Heizflächen immer entschiedener hervor. Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche wird hauptsächlich $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{60}$ angenommen; nicht selten beträgt es auch $\frac{1}{40}$, bei einzelnen Bahnen, auf denen ungewöhnliche Forderungen an die Lokomotiven gestellt werden, auch bis zu $\frac{1}{70}$ und selbst zu $\frac{1}{80}$, wodurch eine angemessene Ausnutzung der Verbrennungsräume bei gutem Brennstoff erzielt wird.

Das Dienstgewicht der Lokomotiven liegt im allgemeinen nicht unter 10 t; bei den Bahnen mit Spurweiten zwischen 0,7 und 1,0 m beträgt es vorwiegend 13 bis 25 t; nur auf einzelnen Bahnen laufen schwerere Lokomotiven bis zu 40 t und selbst 50 t Dienstgewicht. Die Lokomotiven der Bahnen mit 0,60 m Spurweite sind leichter, sie wiegen 12 bis 13 t. Die Achsenbelastungen überschreiten nur ausnahmsweise 8 t und betragen höchstens 11 t; Achsdrucke zwischen 5 und 6 t scheinen den Verhältnissen der Schmalspurbahnen rücksichtlich der Tragfähigkeit des Oberbaues einerseits und der verlangten Leistungsfähigkeit anderseits am besten zu entsprechen.

Die Zugkraft, nach den Ausmaßen der Zylinder, der Triebräder und nach dem Dampfdruck ermittelt[64]), liegt für die gewöhnlich auftretenden Verhältnisse zwischen 2000 und 3000 kg; für Gebirgsbahnen (Scalettabahn, bosnische Bahnen) ist eine solche Zugkraft nicht ausreichend; die Lokomotiven der ersteren besitzen eine Zugkraft von rund 3800 kg, jene der letzteren Bahnen eine solche bis zu 5520 kg. Bei

---

[64]) Bezeichnen d cm und h cm den Durchmesser und Hub des Dampfzylinders, D cm den Treibraddurchmesser, p_1 den Nutzdruck des Dampfes im Zylinder in Atm. (wobei $p_1 = 0{,}6\,p$ bei Zwillings- und $= 0{,}5\,p$ bei Verbundlokomotiven genommen werden kann und p den Dampfüberdruck im Kessel angiebt), so ist für Zwillingslokomotiven in kg $Z = \frac{d^2 \cdot h}{D} \cdot p_1$ und für Verbundlokomotiven $Z = \frac{d^2 \cdot h}{2D} \cdot p_1$, worin jedoch d und h auf den Niederdruckzylinder sich beziehen.

den Schmalspurbahnen von 60 cm Spurweite sind die Lokomotiven weniger leistungsfähig; die Zugkraft überschreitet selten 1000 bis 1200 kg. Die Leistung der Schmalspurbahnlokomotiven kann im allgemeinen mit 3 PS. für 1 qm Heizfläche angenommen werden; höhere Leistungen sind nur unter günstigen Verhältnissen zu erreichen. Die Fabrik Henschel & Sohn in Kassel baut Lokomotiven für 1 m Spur bis zu 125, für 75 cm Spur bis zu 65 und für 60 cm Spur bis zu 40 PS.; doch können weit leistungsfähigere Lokomotiven auch für die kleineren Spuren erbaut werden; so entwickeln die Radiallokomotiven der bosnisch-herzegowinischen Bahnen 200 und die Berglokomotiven derselben Bahnen 300 PS. Die Firma Decauville baut für die Spurweite von 60 cm Lokomotiven mit 15, 28 und 85 PS.; die Lokomotiven mit einer Leistungsfähigkeit von 85 PS. vermögen auf wagrechter Bahn 270 t mit 17 km in der Stunde zu befördern und können eine Strecke von 30 km ohne neuerliche Wasseraufnahme durchlaufen. Das sind jedenfalls Leistungen, die für viele Kleinbahnen vollständig genügen.

Als Brennstoff dienen wohl vorwiegend Kohle und Koks; doch kommen auch andere Mittel zur Anwendung, so Brikettes, Torf und namentlich Holz bei Kleinbahnen in holzreichen Gegenden, bei Waldbahnen u. s. w. Selbstverständlich muß die gesamte Feuerungsanlage dem zur Heizung bestimmten Stoffe entsprechend gebaut werden. Der Inhalt der Kohlen- oder Brennstoffkasten erreicht nur ausnahmsweise mehr als 500 kg; der Wasserbehälter faßt bis zu 3 und selbst 4 cbm Wasser; er ist gewöhnlich aus zwei Behältern gebildet, die sich rechts und links vom Kessel befinden und durch ein Rohr verbunden sind, dessen Querschnitt nicht zu klein gewählt werden soll, um die Zeit der Wasserfüllung abzukürzen; bei den Lokomotiven der belgischen Vizinalbahnen erhalten diese Rohre einen elliptischen Querschnitt, um sie zwischen Gestell und Kessel durchführen zu können. Als Bahnräumer werden kräftige Winkeleisen oder Holzbohlen verwendet, deren Unterkante 75 bis 100 mm über Schienenoberkante liegt. Vielfach, besonders auf Bahnen mit größeren Steigungen, werden die Lokomotiven mit durchgehenden, oft auch selbstthätigen Bremsen ausgerüstet. Bei Dampfheizung sind die hierfür erforderlichen Einrichtungen auf den Lokomotiven anzubringen. Bei den belgischen Vizinalbahnen zeigte sich in den Krümmungen mit geringem Halbmesser eine besonders starke Abnutzung der Radreifen der dreiachsigen Lokomotiven; man läßt daher beim Befahren dieser Krümmungen auf die Räder der vorderen Achsen und auf den Teil der Radreifen zwischen den Spurkränzen und der Oberfläche der Radkränze einen Wasserstrahl, um die Oberfläche zu schmieren; die Erfahrungen sind nicht ungünstig.

Als wichtigster Grundsatz für den Bau schmalspuriger Lokomotiven muß wohl festgehalten werden, die Zahl der beweglichen Teile nach Möglichkeit zu vermindern und die vorhandenen beweglichen Teile nicht zu klein und zu empfindlich zu bauen (s. oben).

§ 27. Bau der Lokomotiven. Anordnung im allgemeinen. — Die zweiachsige Lokomotive (Abb. 97) ist bekanntlich vom betriebstechnischen Standpunkte aus wesentlich günstiger als die dreiachsige. Bei dreiachsigen Lokomotiven tritt die gefährliche Bewegung des Schlingerns (Hin- und Herschleudern des Fahrzeuges im Gleise) sehr leicht ein, so daß solche Lokomotiven eine große Neigung zu Entgleisungen haben und Entgleisungen selbst bei nicht bedeutenden Fehlern in der Gleisanlage fast regelmäßig auftreten. Sehr bezeichnend in dieser Beziehung ist folgende schriftliche

Mitteilung des Eisenbahndirektors Kuhrt in Flensburg über den Ausbau des Kleinbahnnetzes in Schleswig; Herr Kuhrt schreibt u. a.:

„Bei sämtlichen neuen Linien[65]) ist die Steigung von 1 : 40 auf 1 : 60 ermäßigt, hauptsächlich deshalb, um mit zweiachsigen Lokomotiven von 12 bis 13 t Dienstgewicht auszukommen, da die dreiachsigen Lokomotiven außerordentlich leicht zu Entgleisungen hinneigen; bei den dreigekuppelten Achsen pendelt die Lokomotive mit Vorliebe auf der Mittelachse, sobald Fehlstellen im Gleise entstehen; sind sogenannte Kreuzschläge im Gleise vorhanden, so kann man jedesmal mit einer Entgleisung rechnen.“

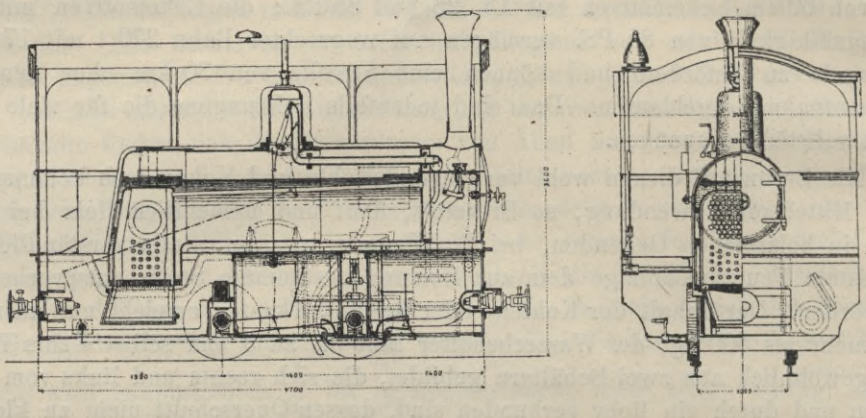


Abb. 97. Schmalspurlokomotive.

Diese Erfahrungen stehen nicht vereinzelt da. Die ersten Schmalspurbahnen Sachsens wurden von dreiachsigen Lokomotiven mit 1,8 m festem Radstande befahren. Diese Lokomotiven hatten außenliegenden Rahmen und Federn, um die Schwankungen der Lokomotive in den Federn höchst niedrig zu halten. Die Lokomotiven bewährten sich im allgemeinen; sie zeigten aber eine starke Abnutzung der Radreifen und der Schienen, sowie bei neuen Schienen und frischgedrehten Reifen die Neigung zum Entgleisen der festgelagerten Vorderachse. An Stelle der letzteren wurden bei einigen Lokomotiven lenkbare Kuppelachsen nach Bauart Klien-Lindner[66]) eingelegt, wodurch die Reifenabnutzung vermindert und die Entgleisungsgefahr beseitigt wird; insoweit die übrigen dreiachsigen Lokomotiven nicht nachträglich diese lenkbare Kuppelachse erhielten, wurden die Federn der Vorderachse mit einem Druckausgleicher versehen. Die erwähnten Nachteile drängten aber doch, die dreiachsige Lokomotive grundsätzlich aufzugeben.

Die schmalspurigen Linien der belgischen Vizinalbahn-Gesellschaft werden nur mit Lokomotiven mit drei gekuppelten Achsen betrieben; die meistverbreitete Bauart ist jene von 18 t Dienstgewicht, 1,8 m Entfernung der Kuppelachsen und 2205 kg Zugkraft. Das Urteil über diese Lokomotive lautet überraschenderweise sehr

---

[65]) Die erste Kleinbahn war die Kreiseisenbahn Flensburg-Kappeln; im Jahre 1900 standen 120 km Kleinbahnen im Betriebe.

[66]) Die mit den Treibkurbeln versehene, im Hauptrahmen gelagerte Achse liegt in einer hohlen, die Räder tragenden Achse; beide Achsen sind in der Mitte durch ein Kugelgelenk mit Treibzapfen verbunden. Die Hohlachse wirkt für beide Räder als Druckausgleicher, wodurch eine Entlastung des Vorderrades, also die Hauptursache der Entgleisungen, beseitigt wird.

günstig; ihr Verhalten beim Verkehr wird als zufriedenstellend bezeichnet; doch weist der Umstand, daß besondere Einrichtungen zur Schmierung der Hohlkehlen der Räder notwendig wurden, auf eine ungewöhnlich starke Beanspruchung der Schienen in den Krümmungen hin. Auch scheinen Entgleisungen nicht selten zu sein, doch erblickt man deren Ursache in der Anordnung des hinteren Rades als Treibrad, weshalb neuere Lokomotiven die mittlere Achse als Treibachse erhalten. Die schwereren, dreiachsigen Lokomotiven (22 und 27 t) haben sich weniger gut bewährt; namentlich zeigt die Lokomotive von 27 t Gewicht und 2 m Achsstand große Nachteile beim Befahren scharfer Krümmungen und einen vielfach unruhigen Lauf. Lokomotiven von 30 t Gewicht mit drei gekuppelten Achsen und einer radial einstellbaren Achse zeigten einen so schlechten Lauf und bei Geschwindigkeiten von mehr als 20 km in der Stunde ein so nachteiliges Schlingern, daß von einer weiteren Beschaffung solcher Lokomotiven abgesehen wurde[67]).

Auf der Wallückebahn (60 cm Spurweite) haben sich einfache kleine Lokomotiven mit zwei festen Achsen und einer lenkbaren Laufachse mit 12 t Dienst-

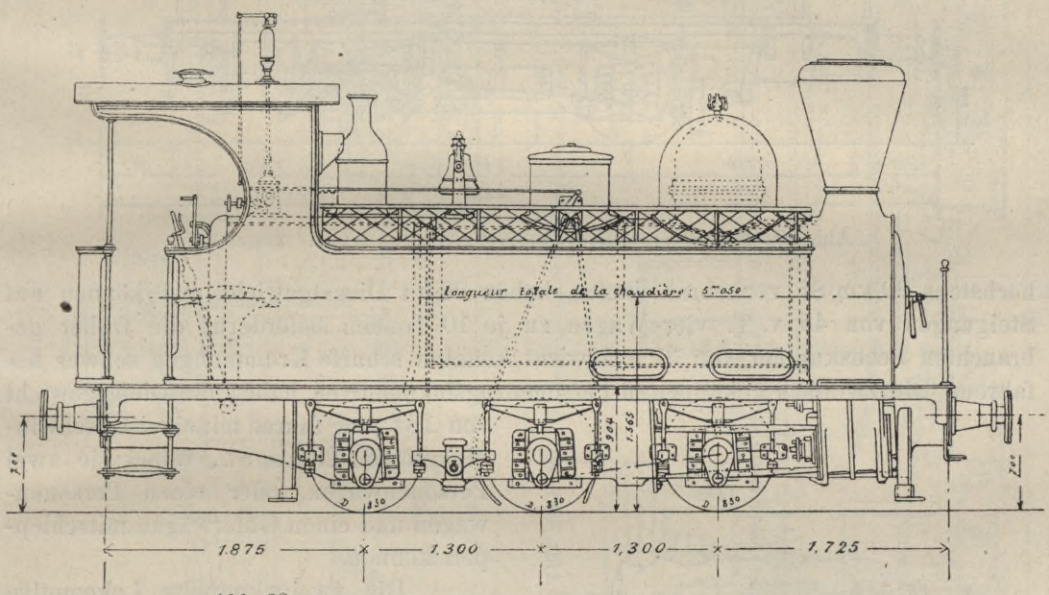


Abb. 98. Güterzugslokomotive mit drei gekuppelten Achsen. Kongobahn.

gewicht bisher am besten bewährt. Die älteren großen vierachsigen Lokomotiven fahren nur Güterzüge mit 10—15 km/St. Lokomotiven mit zwei festen Achsen und einem Drehgestell, sowie mit zwei Dampfzylindern und mechanischer Kraftübertragung auf die Achsen des Drehgestells zeigten sich für ruhige Fahrt nicht geeignet[68]).

Bei drei gekuppelten Achsen ist es vorteilhaft, die Mittelachse seitlich verschiebbar zu machen und die dritte Achse als Treibachse anzuordnen; die Weglassung der Spurkränze erscheint weniger empfehlenswert, da hierdurch der Seitendruck des äußeren Spurkranzes der vorderen Achse, also die Beanspruchung des

---

[67]) Studie über die Art des Baues und Betriebes der belgischen Vizinalbahnen. Von Rigaux, Albeat u. Claise. Deutsch von E. A. Ziffer in den „Mitteilungen des Vereins für die Förderung des Lokalbahnwesens“ 1895.

[68]) Mitteilung der Verwaltung der Wallückebahn an den Verfasser.

Oberbaues nicht vermindert wird. Auf der Kongobahn (75 cm Spurweite) stehen für den Güterzugsdienst Sechskuppler (Abb. 98), für den Personenzugsdienst Vierkuppler (Abb. 99) in Verwendung. Die ersteren, die zur Vermeidung von Gleisumgestaltungen und von übermäßig starken Abnutzungen der Lokomotiven mit

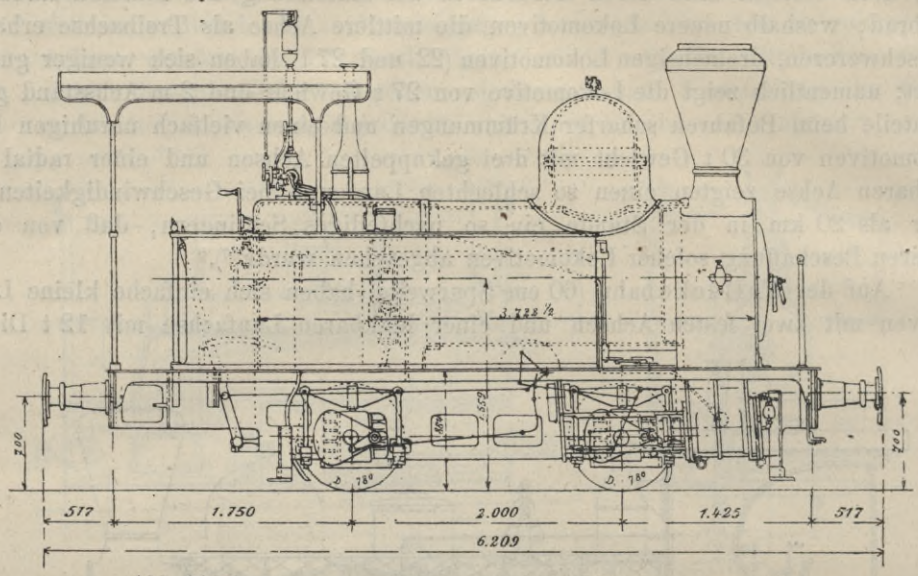


Abb. 99. Personenzugslokomotive mit zwei gekuppelten Achsen. Kongobahn.

höchstens 20 km/St. verkehren dürfen, haben 26,5 t Dienstgewicht und können auf Steigungen von 45 v. T. vier Wagen zu je 10 Tonnen befördern; die früher gebrauchten Sechskuppler von 31 t Gewicht konnten scharfe Krümmungen schwer befahren. Die zweifach gekuppelten Personenzugslokomotiven haben ein Dienstgewicht von 18 t und fahren mit einer Geschwindigkeit von 23 km/St., wobei sie zwei Personenwagen, oder einen Personenwagen und einen Güterwagen mitschleppen können.

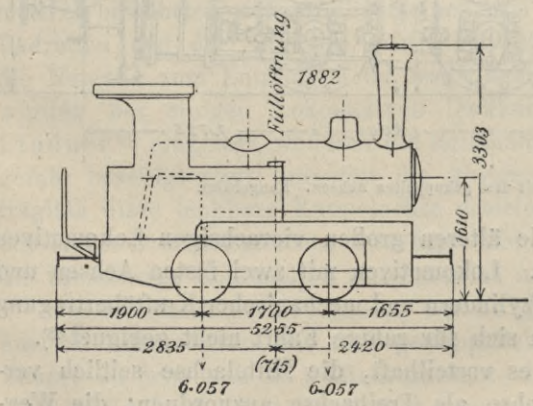


Abb. 100. Halbe Duplexlokomotive der bosnisch-herzegowinischen Bahnen.

Die zweigekuppelte Lokomotive erweist sich in vielen Fällen zu wenig leistungsfähig. Um nun doch die Vorteile derselben zu bewahren und größere Leistungen zu ermöglichen, wurden sogenannte Doppellokomotiven (auch Duplex- oder Zwillingslokomotiven genannt) zur Anwendung gebracht; diese Lokomotiven bestehen aus zwei, mit den Führerständen aneinander gekuppelten zweiachsigen Tenderlokomotiven, zu deren Bedienung die Mannschaft einer Lokomotive hinreicht. Solche Lokomotiven (Abb. 100) wurden im Jahre 1882 für die k. und k. Bosnabahn beschafft, bewährten sich aber nicht[69]). Das an und für sich nicht

[69]) F. Žežula, Im Bereiche der Schmalspur. Serajevo 1893.

unbedeutende Reibungsgewicht derselben (24,10 t) kommt viel weniger zur Geltung, als bei getrennter Verwendung der Lokomotiven; so vermag die einfache (halbe Duplex-

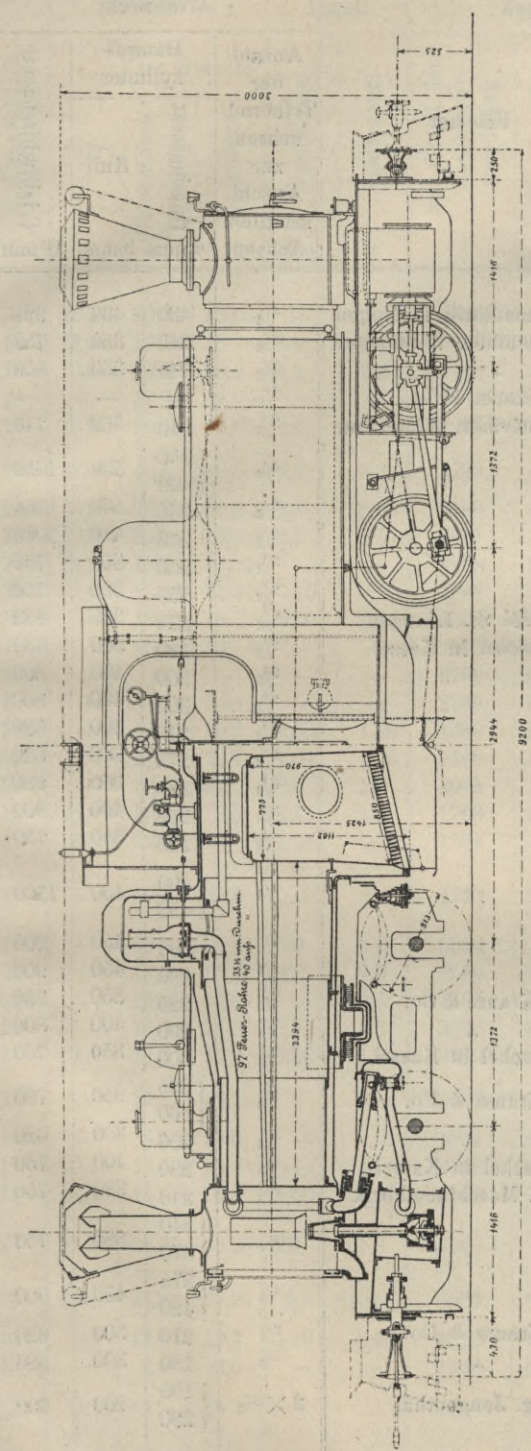


Abb. 101. Fairlie-Lokomotive der sächsischen Bahnen.

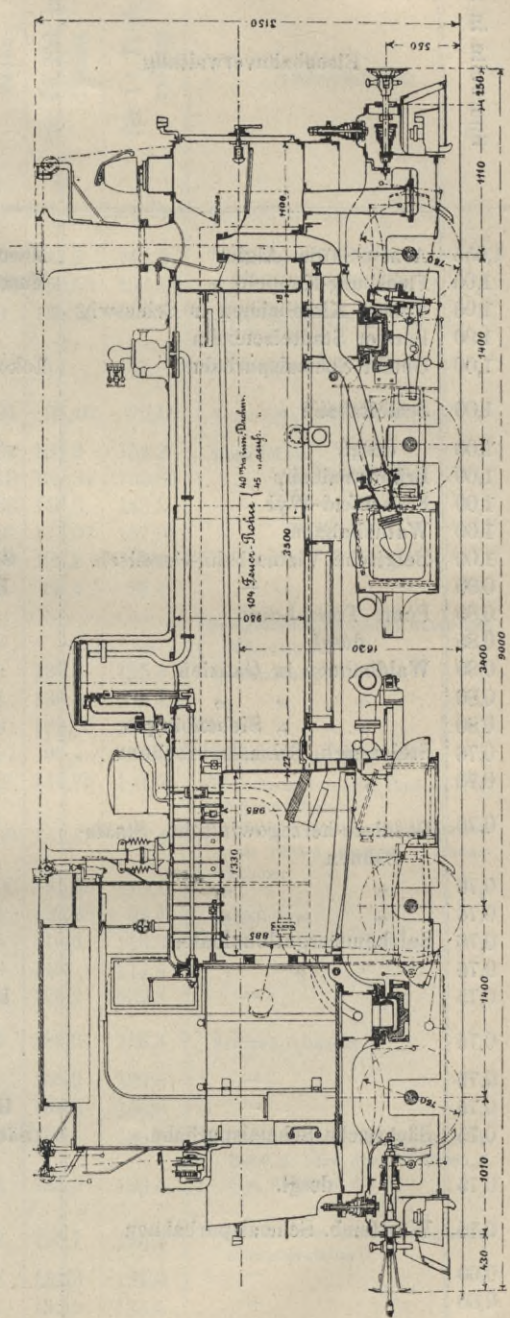


Abb. 102. Meyer's Lokomotive der sächsischen Bahnen.

lokomotive) über Steigungen von 3 bis 5 v. T. noch 150 t, die Zwillingslokomotive

Schmalspurbahnlokomotiven.

Spurweite in m	Eisenbahnverwaltung	Erbauer	Triebwerk: Anzahl der Triebradachsen zur Anzahl sämtlich. Achsen	Triebwerk: Dampfzylinder Durchmesser d mm	Triebwerk: Dampfzylinder Hub h mm	Triebwerk: Triebraddrehachse D mm	Kessel: Heizfläche in qm H	Kessel: Rostfläche in qm R	Kessel: Dampfüberdruck in Atmosphären im Kessel p	Gewicht in t: leer	Gewicht in t: Im Dienste: Triebachsenlast L_1	Gewicht in t: Im Dienste: Im ganzen L	Inhalt: Wasserraum cbm	Inhalt: Kohlenraum t	Zugkraft in kg: auf Grund der Maschinenanordnung Z	Zugkraft in kg: für 1 qm Heizfläche $\frac{Z}{H}$	Zugkraft in kg: für 1 t Bel. im Dienst $\frac{Z}{L}$	Zugkraft in kg: für 1 t Triebradlast $\frac{Z}{L_1}$	Anmerkungen
1,055	Arzew-Saïda (Algier)	Maschinenfabrik Esslingen	4/4	420	460	994	102,10	1,41	9	26,57	30,63	30,63	—	—	4426	43,4	144,5	144,5	
1,00	Flensburg-Kappeln	Maschinenfabr. Winterthur	3/3	240	350	750	25	0,45	14	12,5	15	15	8,6	0,4	2258	90,32	150,53	150,53	1,5
1,00	Neuere Kleinbahnen in Schleswig	—	2/2	240	350	850	23,50	0,43	12	10,5	13,2	13,2	1,1	0,25	1708	72,6	128,7	128,7	1,5 Achsenstand in m
1,00	Forster Stadteisenbahn	Kramer & Co.,	2/2	—	—	—	35,0	—	13	—	17,9	17,9	—	—	—	—	—	—	1,5
1,00	Genfer Schmalspurbahn	Lokomotivfabr. Winterthur	3/3	240	350	740	25,0	0,45	14	13,4	16,23	16,23	1,6	0,4	2288	65,4	141	141	
1,00	Scalettabahn	—	4/4	350 / 490	550	1050	80,2	1,44	12	32,4	40,5	40,5	3,4	1,2	3773	47,04	93,16	93,16	Verb.-Lokom. Bauart Mallet
1,00	desgl.	—	3/4	340	500	1050	62,0	0,9	12	23,5	25,7	30,2	2,8	0,95	3963	63,92	131,2	154,2	Mogullokom.
1,00	Brünigthalbahn	—	3/3	310	480	1000	56,5	0,85	12	19,0	25,0	25,0	2,5	1,5	3321	58,78	132,84	132,84	
1,00	Frauenfeld-Wyl	—	3/3	240	350	750	26,4	0,55	14	12,20	15,75	15,75	—	—	2258	85,53	143,3	143,3	
1,00	Walhallabahn	—	2/2	225	300	750	18,60	0,35	15	—	11,54	11,54	1,10	0,60	1823	98,01	157,97	157,97	
1,00	Belgische Vizinalbahn-Gesellsch.	Société St. Léonard	3/3	279	359	832	31,87	0,71	10	—	18,0	18,0	2,00	0,65	2200	69,08	122,2	122,2	
0,90	—	Henschel in Kassel	2/2	180	300	630	21	0,5	12	10	13	13	—	—	1110	52,9	85,4	85,4	
0,85	Ponte Tresa-Luino	—	3/5	300	400	800	31,745	0,598	10	—	—	—	—	—	2700	85	—	—	Drehgestell mit 2 Achsen unter dem Führerstand
0,85	desgl.	—	3/5	300	400	800	43,291	0,712	10	—	—	—	—	—	2700	62,3	—	—	
0,80	Waldbahnen in Galizien	—	2/2	240	300	620	22,00	0,40	12	—	10,2	10,2	1,035	1,06	1280	58,2	125,5	125,5	Holzfeuerung
0,80	„ „ „	—	3/3	275	300	620	22,0	0,40	12	—	10,7	10,7	1,04	1,06	1460	66,4	136,4	136,4	
0,80	„ „ Siebenbürgen	—	3/4	280	300	680	28,5	0,6	12	—	17,0	17,0	2,0	1,5	2075	72,8	122,06	122,06	
0,76	Steiermärk. Schmalspurbahnen	—	3/3	229	400	800	40,0	0,77	12	15,0	19,5	19,5	2,1	1,1	1763	42,57	90,4	90,4	Kapfenberg-Au-Seewiesen
0,76	„ „	—	2/2	225	350	750	23,71	0,51	12	9,5	12,0	12,0	1,15	0,70	1701	52,0	141,75	141,75	Pöltschach-Gonobitz. Preding-Wieselsdorf-Stainz.
0,76	Bosnisch-herzegowinische Staatsbahnen	—	2/4	290 / 430	450	1100	62,02	1,20	12	—	12,3	34,0	5,2	3,1	1740	28,06	141,4	51,2	Lokomot. mit 2 achs. Schlepptender von 12,75 t Gewicht. Verbund-Lokom.
0,76	„ „	—	5/6	390	450	900	112,58	1,69	14	—	42,0	50,0	5,9	4,0	5520	49,02	131,42	110,4	
0,76	„ „	—	3/4	290	450	900	58,84	0,90	12	—	19,5	25,6	2,7	2,0	2520	42,8	129,23	98,4	Radiallokom.
0,76	Salzkammergutlokalbahn	Krauss & Co.	2/2	225	350	750	23,48	0,43	12	—	12,0	12,0	1,1	0,5	1400	59,5	116,6	116,6	
0,76	„	„	2/4	290	400	800	43	0,80	12	—	18,0	22,0	2,4	1,3	2520	58,6	140	114,5	
0,75	—	Henschel in Kassel	2/3	300	350	700	40	0,80	14	17,5	22,2	16,2	2,20	1,10	3780	94,5	170,2	233,3	
0,75	—	Krauss & Co.	3/4	295 / 460	350	780	32	0,60	14	—	17,3	20,7	—	—	3280	02,5	189,6	158,4	Verbund-Lokomotive.
0,75	—	„	3/4	200	300	620	15	0,36	12	—	8,4	10,9	—	—	1394	192,9	165,9	127,8	
0,75	—	Henschel in Kassel	3/3	230	400	750	23,5	0,50	12	10,7	13,4	13,4	—	—	2018	85,8	150,6	150,6	
0,75	Sächsische Schmalspurbahn	Sächs. Maschinenfabrik	3/3	240	380	750	29,72	—	12	13,25	16,8	16,8	1,50	0,60	2100	70,6	125	125	Verbund-Lokomot. Preis: 15000 bis 20000 ℳ. bezw. 32000 bis 33000 ℳ. Ges. Radstand 6,2 m
0,75	desgl.	„	4/4	240 / 370	380	750	49,81	—	12	21,75	26,96	26,96	2,4	1,2	3500	70,3	133,5	133,5	
0,75	Württemb. Schmalspurbahnen	—	4/4	275 / 420	450	900	56,38	0,984	12	21,40	27,84	27,84	2,5	12cbm	3500	61,9	125,7	125,7	Verbundlokom. mit vierrädrigen Maschinengestellen
0,60	—	Krauss & Co.	2/3	210	300	620	23	0,43	12	—	12,4	12,4	1,10	0,55	1512	65,7	121,9	121,9	
0,60	—	„	3/3	180	300	580	13	0,30	12	—	8,6	8,6	—	—	1166	89,7	135,5	135,5	
0,60	—	Ing. Jengenthal	2 × 2/2	195 / 280	260	600	21	0,50	12	10	13	13	—	—	1186	56,5	91,23	91,23	Ausführung ähnl. jener von Mallet
0,60	Fürstl. Schwarzenberg. Granitwerke in Schwarzbach	„ „	2/2	140	240	580	6,4	0,2	12	4,1	4,9	4,9	0,4	0,23	480	74,4	97,96	97,96	
0,60	Pithiviers-Toury	Société Décauville	2 × 2/2	280 / 187	260	600	22,3	0,52	12	9	12,0	12,0	1,4	0,52	1093	49,01	91,08	91,08	System Mallet
0,60	—		2 × 2/2	175	240	650	25,60	—	12	9,5	12,3	12,3	—	—	1360	53,1	110,6	110,6	System Pèchet-Bourdon

aber nur 250 t zu befördern. Der Raum für die Bedienung zweier Feuerräume ist sehr beengt; die Bedienung selbst umständlich. Wegen der geringen Kessellänge und der ungleichmäßigen Dampfentwicklung in den zwei Kesseln wird der Kohlenverbrauch sehr groß und wegen der doppelten Anordnung aller Maschinenbestandteile die Erhaltung kostspielig. Zweckmäßiger ist die Verwendung von Lokomotiven mit zwei Triebgestellen, wie solche zuerst von Meyer mit einem gewöhnlichen, großen Kessel und dann von Fairlie mit zwei vollständigen, an den Feuerkisten zusammenhängenden Kesseln mit gemeinsamem Dampf- und Wasserraum ausgeführt wurden (Abb. 101). Lokomotiven von Fairlie verkehren u. a. auch auf den sächsischen Schmalspurbahnen; doch ist die Anordnung Fairlies heute schon verlassen, namentlich wegen der ungünstigen Stellung der Bedienungsmannschaft, die sich rechts und links vom Kessel in der Mitte der Lokomotive befindet.

Die Lokomotiven nach der Bauart Meyer (Abb. 102) besitzen einen einfachen Kessel, der in gewöhnlicher Weise bedient wird; die Bedienungsmannschaft nimmt den Standort an der Hinterseite desselben ein. Der Kessel ruht auf zwei Motorgestellen. Die auf den sächsischen Bahnen in Verwendung befindlichen Meyerlokomotiven haben vier, paarweise in zwei Dampfdrehgestellen gekuppelte Achsen; sie sind Verbundlokomotiven; der Dampf wirkt zunächst in den beiden Hochdruckzylindern, die an dem, unter der Feuerbüchse angeordneten Drehgestelle befestigt sind, dann mit abgemindertem Drucke in den Niederdruckzylindern, die an dem vorn angeordneten Drehgestelle befestigt sind. Die Anfahrvorrichtung ist nach Bauart Lindner ausgeführt. Die Lokomotiven wiegen 26,96 t und entwickeln eine Zugkraft von 3500 kg. Die Kohlenersparnis gegenüber den Fairlie-Lokomotiven beträgt bei gleichem Dienste zu gleicher Jahreszeit auf gleicher Strecke 25 v. H.

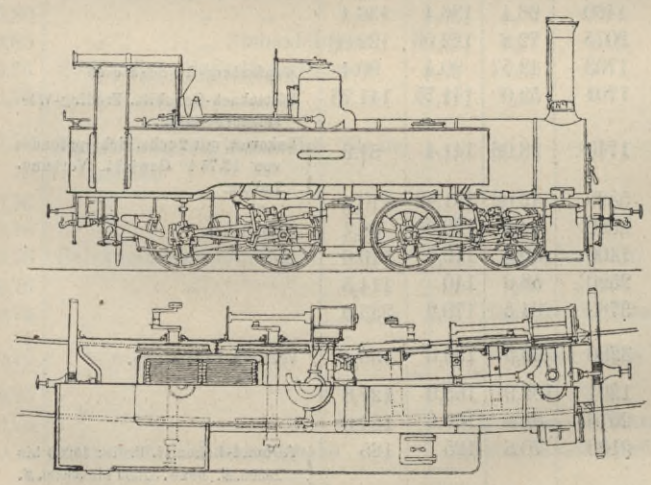


Abb. 103. Mallet's Lokomotive für Meterspur.

Während bei der Bauart Meyer jedes Dampfdrehgestell über einem mittleren Zapfen frei beweglich ist, hat die Bauart Mallet-Rimrott ein hinteres, mit dem Kessel fest verbundenes und ein vorderes drehbares Triebgestell; die Beweglichkeit ist bei letzterer jedenfalls geringer, als bei ersterer, da aber nur ein Rohrgelenk mit Drehung in einer Ebene vorhanden ist, so besteht weit weniger Veranlassung zu Störungen (Abb. 103). Lokomotiven dieser Bauart haben u. a. auf der Scaletta-Bahn (Landquart-Davos, 1 m Spurweite, 45 v. T. größte Steigung, 100 m kleinster Bogenhalbmesser) Anwendung gefunden (Abb. 104); sie wiegen ausgerüstet 40,5 t, haben einen Achsdruck von 10,125 t und eine Zugkraft von 6000 kg. Auch für die Bahnen mit 60 cm Spurweite — Decauville-Bahnen — werden Mallet-Lokomotiven gebaut (Abb. 105); dieselben haben 9 t Leer-, 11,5 t Dienstgewicht und können Bögen von 20 m Halbmesser durchlaufen; bei einer Geschwindigkeit von 22 km/St.

befördern sie auf wagrechter Bahn 140 t, auf der Steigung von 23 v. T. noch 32 t Bruttolast. Der Dampf wirkt in den Hochdruckzylindern (187 mm × 260 mm) mit 12 Atm., in den Niederdruckzylindern (280 mm × 260 mm) mit 5 Atmosphären, doch können

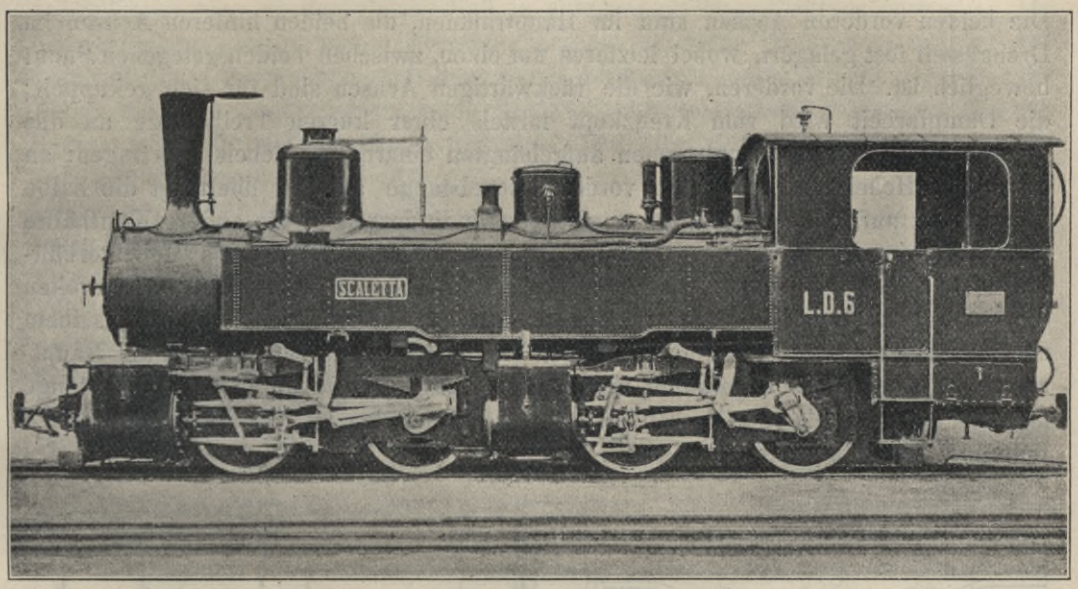


Abb. 104. Mallet's Lokomotive. Scalettabahn.

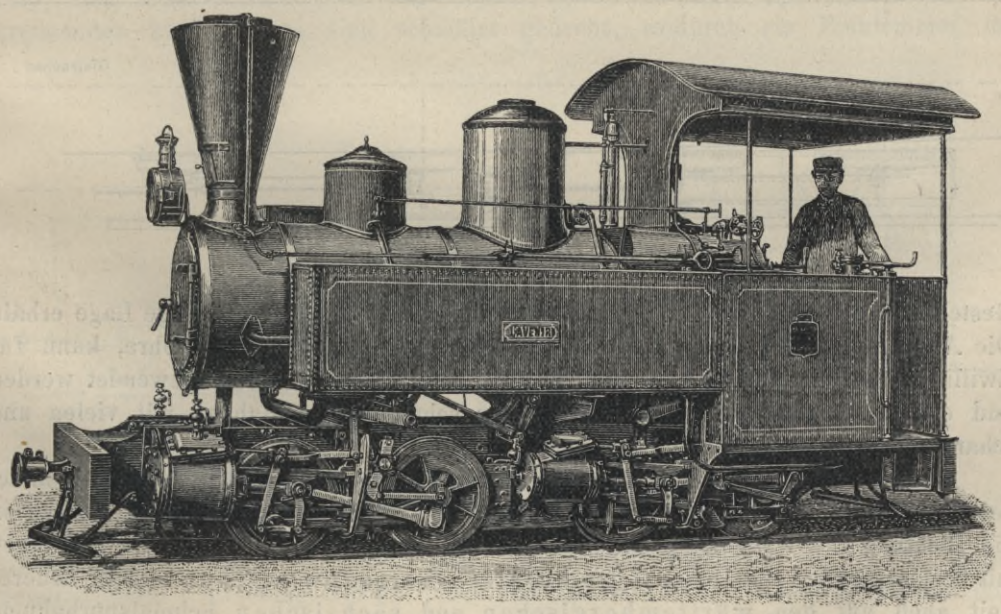


Abb. 105. Mallet's Lokomotive für 0,60 Spur.

letztere auch unmittelbar vom Kessel Dampf erhalten, in welchem Falle die Lokomotive wie eine gewöhnliche einfache Lokomotive mit 12 Atmosphären arbeitet.

Zum Dienste auf Bahnen mit großen Steigungen bestimmt, sind diese Lokomotiven mit kräftigen, auf alle acht Räder wirkenden Bremsen versehen.

Zu den Lokomotiven mit zwei Triebgestellen gehören auch die Lokomotiven der Bauart Hagans (Abb. 106), die ebenfalls auf Schmalspurbahnen Anwendung finden. Die beiden vorderen Achsen sind im Hauptrahmen, die beiden hinteren Achsen im Drehgestell fest gelagert, wobei letzteres um einen, zwischen beiden gelegenen Punkt beweglich ist. Die vorderen, wie die rückwärtigen Achsen sind für sich gekuppelt; die Dampfarbeit wird vom Kreuzkopf mittels einer kurzen Treibstange an das untere Ende eines, im Hauptrahmen aufgehängten einarmigen Hebels übertragen; an demselben Hebelende greift die vordere Pleuelstange an und überträgt die halbe Kolbenkraft auf die vordere Gruppe gekuppelter Räderpaare; die andere Krafthälfte wird von einem einarmigen Hebel aufgenommen und vermöge des Hebelverhältnisses 2 : 1 an dem vorderen, wie auch dem rückwärtigen Vertikalhebel, der zweiten Gruppe gekuppelter Räderpaare zugeführt. Der rückwärtige Hebel lagert in seinem oberen Punkte in einem schleifenförmigen Leithebel, dessen Mittelpunkt am Hauptrahmenstücke drehbar angeordnet und der am unteren Ende durch eine Lenkstange mit dem Drehgestelle oder dessen erster Achse verbunden ist. Der schleifenförmige Leithebel wird in Bahnkrümmungen durch die völlig frei erfolgende Drehung des

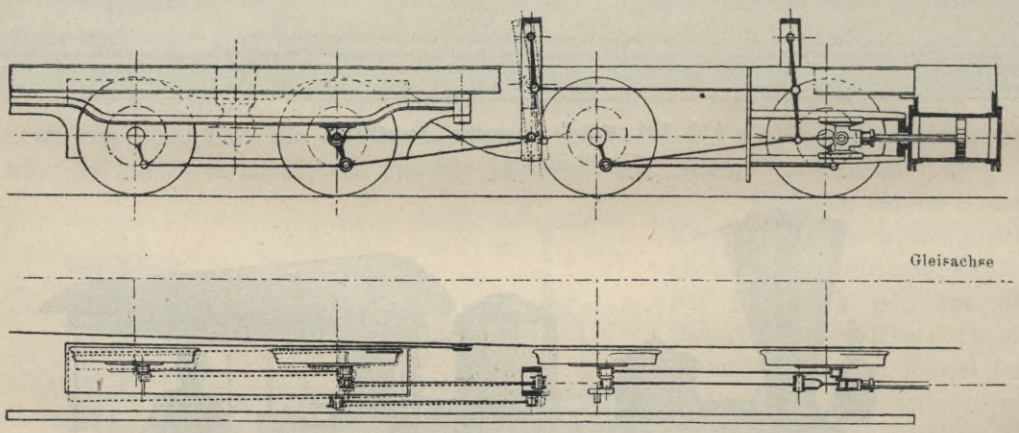


Abb. 106. Hagan's Lokomotive.

Gestelles so verstellt, daß die rückwärtige Pleuelstange stets die richtige Lage erhält. Die Anordnung ist einfach, sie erfordert keine gegliederten Dampfrohre, kann für Zwillings- und Verbundwirkung und für zwei bewegliche Gestelle angewendet werden und eignet sich in vorzüglicher Weise für schmalspurige Bahnen mit vielen und scharfen Bögen und starken Neigungen.

Anstatt die gekuppelten Achsen gruppenweise in Drehgestelle zu lagern, findet bei der Bauart von Klose eine Einstellung der einzelnen gekuppelten Achsen in die Richtung des Krümmungshalbmessers statt. Lokomotiven dieser Art verkehren mit bestem Erfolge seit 1885 auf den bosnisch-herzegowinischen und in neuerer Zeit auch auf den württembergischen und sächsischen Schmalspurbahnen. Die erste und dritte Achse sind Kuppelachsen, die mittlere Achse ist Treibachse; letztere ist im Außenrahmen unverrückbar gelagert; die Kuppelachsen stellen sich dagegen in die Richtung des Halbmessers. Diese schwierige Aufgabe, die Kuppelung von nicht gleichlaufend bleibenden Räderpaaren, erscheint in geistreicher Weise

gelöst: die Achsbüchsen sind durch die Lenkstangen *a*, *b* (Abb. 107) und durch die Hebel *c*, *d* und *e* so miteinander verbunden, daß sie sich gegen die Mittelachse in entgegengesetzter Richtung verschieben können; ein Umkehrhebel überträgt die Verschiebung von der einen auf die andere Lokomotivseite derart, daß sich die Achsbüchsen hier um das gleiche Maß in entgegengesetzter Richtung bewegen. Die Kuppelstangen greifen an der Scheibe *f* an, die auf dem Triebzapfen drehbar und durch die Parallelschwinge *g* mit dem Hebel derart verbunden ist, daß sie bei jeder Verschiebung der Achsen eine entsprechende Drehung vollführt, so daß die Kuppelstangen stets die richtige Länge behalten. Die Einstellung wird entweder mittels Verbindungsstangen *h*, oder durch die seitlich verschiebbare Mittelachse selbstthätig bewirkt. Die Bauart hat sich bisher gut bewährt. Die Personenzugslokomotive der herzegowinischen Staatsbahnen besitzt vier Achsen, von denen die drei vorderen untereinander gekuppelt sind, während die vierte im drehbaren Tenderrahmen liegt. Die mittlere Achse ist Treibachse, besitzt keinen Spurkranz und ist im Rahmen fest gelagert; die erste und zweite Achse sind nach Klose's Anordnung gekuppelt. Der Achsdruck beträgt 6,3 t, das Dienstgewicht 24,5 t, der Durchmesser der Kuppelräder 900 mm, der Laufräder 650 mm; der Vorrat an Wasser 2,65 cbm, an Kohle 2 cbm; die Leistung erreicht 200 PS. Die Berglokomotiven (Abb. 108) haben fünf gekuppelte Achsen, wobei die beiden Endachsen nach Klose's Bauart stellbar eingerichtet sind; das mittlere Räderpaar hat keinen Spurkranz; die Spurkränze der angrenzenden zwei Achsen sind schmäler gedreht, wodurch ein Einklemmen der

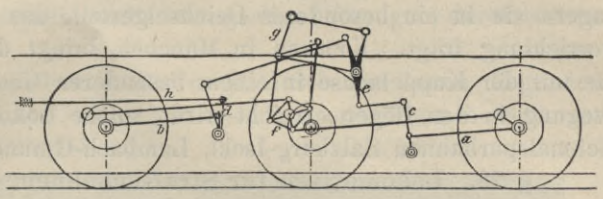


Abb. 107. Einstellung gekuppelter Achsen nach Klose.

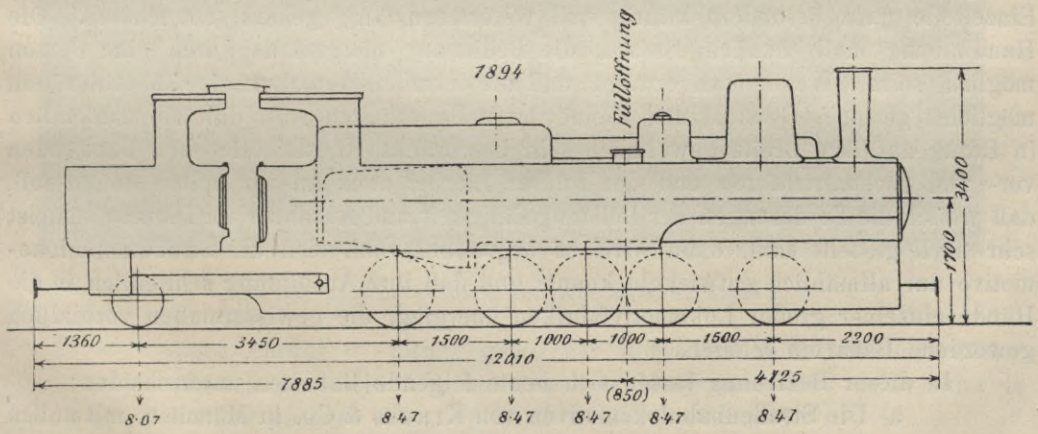


Abb. 108. Berglokomotive der bosnisch-herzegowinischen Bahnen.

Achsen in den Bögen verhindert wird; der größte Achsdruck ist 8,47 t, Dienstgewicht 50,42 t, Leistung 350 PS. Auf den sächsischen Schmalspurbahnen läuft eine dreifach gekuppelte Lokomotive nach Bauart Klose mit folgenden wichtigeren Maßzahlen: Zylinderdurchmesser 324 mm, Kolbenhub 400 mm, Treibraddurchmesser 850 mm, Achsenstand 5750 mm, wasserberührte Heizfläche 51,8 qm, Rostfläche 0,9 qm, Dampfdruck 10 Atm., Dienstgewicht 24,7 t. Eine vierfach

gekuppelte Lokomotive nach Bauart Klose verkehrt auf den württembergischen Schmalspurbahnen; sie hat einen Achsstand von 4 m und arbeitet bei 340 mm Zylinderdurchmesser und 500 mm Kolbenhub mit einem Dampfdruck von 12 Atm; die Mittelachse ist seitlich verschiebbar. Nicht selten ist die Anordnung mit zwei gekuppelten Achsen und einer Laufachse, die schwach belastet und einstellbar ist. Diese Bauart findet sich namentlich auf Schmalspurbahnen mit schärferen Krümmungen und größerer Fahrgeschwindigkeit, wo also ein längerer Achsstand wünschenswert ist, aber bei fester Lagerung der Achsen nicht ausführbar erscheint. Henschel & Sohn bringen bei ihren $\frac{2}{3}$ gekuppelten Lokomotiven die Laufachse rückwärts an und lagern sie in ein besonderes Deichselgestell, das auch die hintere Zug- und Stoßvorrichtung trägt. Krauss in München bringt die Laufachse vorn an und lagert sie mit der Kuppelachse in einem besonderen Gestell, wodurch eine zwanglose Bewegung in den Bögen erreicht wird; solche Lokomotiven verkehren u. a. auf den Schmalspurbahnen Salzburg-Ischl, Lambach-Gmunden u. s. w.

§ 28. Lokomotiven für Strafsenbahnen. — Wenn dieselben auch im großen Ganzen in ihrer Anordnung mit den Tenderlokomotiven der Schmalspurbahnen übereinstimmen, so zeigen sie doch in Einzelheiten einige Abweichungen, die eben als eine Folge ihrer Anwendung auf Straßenbahnen erscheinen. Als solche besondere Anordnungen sind zu erwähnen: die Dampfverdichtungs-Einrichtungen behufs Vermeidung sichtbaren Dampfes und des bei Dampfausströmung stattfindenden Geräusches, wodurch die Pferde der Straßenfuhrwerke erschreckt und scheu gemacht werden können; Vorrichtungen zur Vermeidung des Funkensprühens zum Schutze der Gebäude und sonstigen Anlagen entlang der Straße; Ummantelung der bewegten Teile mit Ausnahme der Räder, um sie gegen Verunreinigung durch Staub und Kot zu schützen.

Die Straßenbahnlokomotiven unterliegen infolge des Straßenstaubes und des häufigen Anhaltens und Anfahrens sehr bedeutenden Abnutzungen, weshalb ihre Einzelteile ganz besonders kräftig und widerstandsfähig gebaut sein müssen. Die Handhabung muß thunlich einfach, die Bedienung nötigenfalls durch eine Person möglich sein. Wenn man erwägt, daß die Straßenbahnlokomotive überdies ein möglichst geringes Gewicht und kleine Ausmaße erhalten soll, daß sie namentlich in Bezug auf ihre Breite gewöhnlich sehr beschränkt ist, daß sie ohne Umwenden vor- und rückwärtsfahren und der Führer hierbei stets an der Spitze stehen soll, daß weiter die Forderungen der Leistungsfähigkeit und Ausdauer im Dienste zumeist sehr hoch gestellt sind, dann wird es begreiflich, daß sich die Straßenbahnlokomotive nur allmählich entwickeln konnte und daß ihre Ausbildung schließlich in die Hände einzelner großer Lokomotivfabriken überging, die gewissermaßen vorbildlich gewordene Bauarten schufen.

In dieser Beziehung lassen sich heute folgende Bauarten unterscheiden:

a) Die Straßenbahnlokomotiven von Krauss & Co. in München, mit außen liegenden Dampfzylindern (vgl. auch Abb. 97). Der Führer hat seinen Standplatz, den er nicht wechselt, zur rechten Seite des Langkessels, wo sich auch die Feuerthüre befindet. Triebwerk und Steuerung mit Stephenson'scher Schwinge befinden sich in einem gut geschlossenen Gehäuse. Zum Zwecke der Dampfniederschlagung befinden sich auf dem Lokomotivdach drei Längsleitungen von U-Eisen mit 130 Querröhren; der Abdampf strömt durch den Auspuffkasten, wo er das Speisewasser vorwärmt, in die am höchsten liegende Längsleitung und von

hier durch die Querröhren in den mittleren Wasserkasten. Die Verwendung des hier sich sammelnden Wassers zur Kesselspeisung ist wegen der darin enthaltenen Fettsäuren ausgeschlossen.

b) Die Lokomotiven des Werkes Hohenzollern in Düsseldorf haben ebenfalls außen liegende Dampfzylinder; die Steuerung ist nach Anordnung Joy ausgeführt. Der Speisewasserbehälter liegt unter dem Kessel. Die Niederschlagung des Dampfes erfolgt in einem wagrecht liegenden, zickzackförmig gewundenen Röhrenstrang, der in einem, auf dem Lokomotivdach befindlichen Kasten untergebracht ist. Dieser Kasten hat an den Langseiten rollvorhangartige Öffnungen, durch welche die Luft zuströmt.

c) Die Bauart von Henschel & Sohn ist durch die innen liegenden Zylinder gekennzeichnet. Die Niederschlagsvorrichtung besteht aus

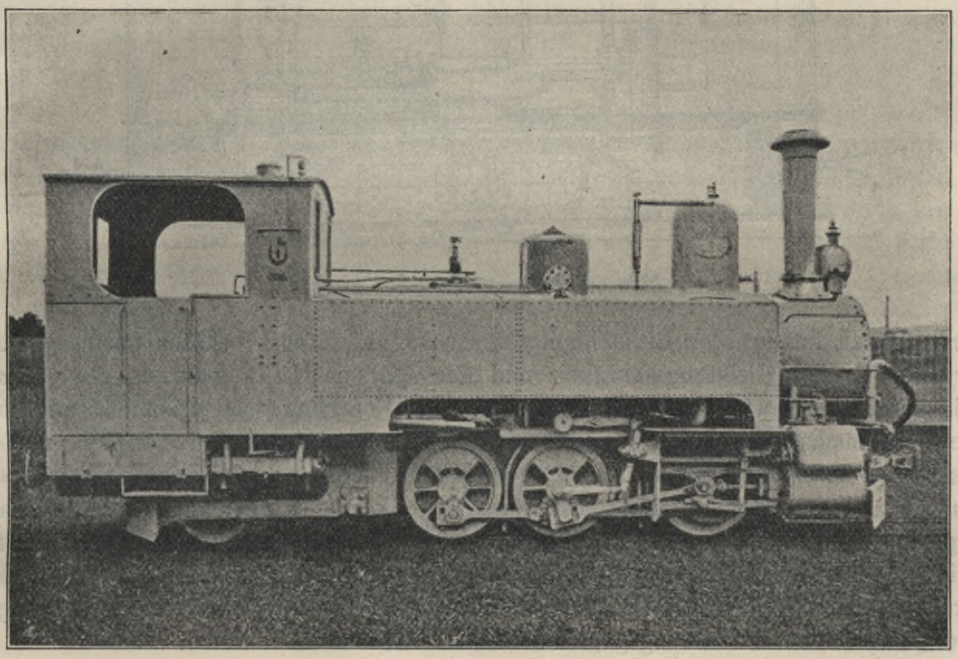


Abb. 109. Lokomotive der Salzkammergut-Lokalbahnen, Krauss & Co.

einer Anzahl <-förmig gebogener Rohre auf dem Lokomotivdache. Ähnlich sind die Lokomotiven von Merryweather and Sons in London gebaut.

d) Die Maschinenfabrik in Winterthur (Abb. 110) legt die Dampfzylinder ihrer Lokomotiven nach außen und so hoch, daß die Kraftübertragung durch einen doppelarmigen Zwischenhebel erfolgen muß. Die Steuerung nach Brown zeichnet sich durch Einfachheit, Übersichtlichkeit und gute Dampfverteilung aus. An jedem Ende befindet sich ein Führerstand mit Steuerhebel, Regler und Bremse. Der Abdampf gelangt zunächst in den Auspuffkasten zum Absetzen der mitgerissenen Fettteilchen und dann in die Niederschlagsvorrichtung, die jener bei den

Lokomotiven von Henschel & Sohn ähnlich ist. Der kurze Langkessel ist ganz mit Wasser gefüllt; der Dampfraum befindet sich in dem runden, hohen Stehkessel mit runder Feuerbüchse.

Die Straßenbahnlokomotiven erhalten in der Regel zwei oder drei Treibachsen; sie

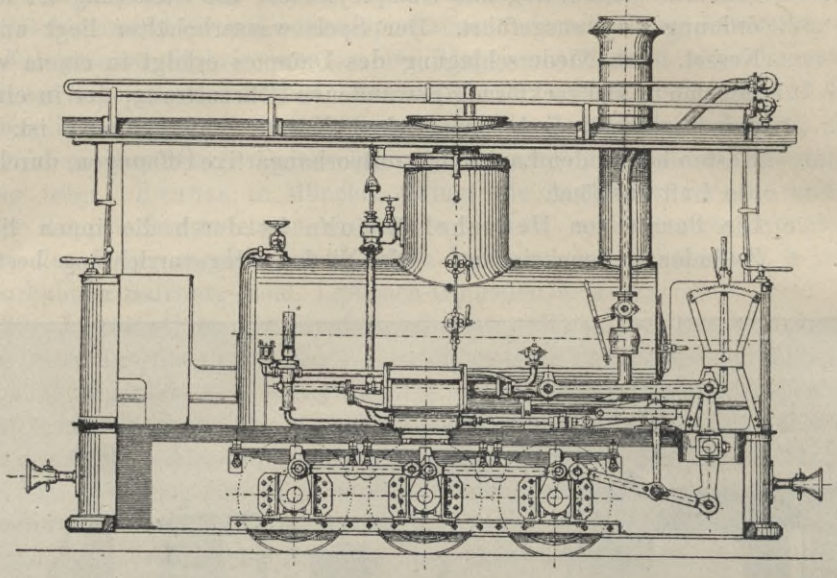


Abb. 110. Lokomotive. Bauart Winterthur.

können auch bei größter Einfachheit der Gesamtanordnung, bei den geringsten Ansprüchen an ihre Leistungsfähigkeit und der sparsamsten Ausführung aller Einzelteile nicht ein Gewicht unter 7 t erhalten. Die Feuerung erfolgt zumeist mit Koks. Die Feuerbüchse muß genügenden Fassungsraum für längere Fahrt bieten, um das Beschicken des Feuers zu vermeiden; ebenso soll der Kessel einen stark wechselnden Wasserstand gestatten. Die Bremse wird vorteilhaft zur Bedienung mit dem Fuße eingerichtet, damit dem Führer beide Hände für die Steuerung und den Regler frei bleiben. Eine Signalglocke und eine Schutzvorrichtung, welche thunlich verhindert, daß lebende Wesen oder irgendwelche Hindernisse unter die Räder gelangen, sind unerläßliche Ausrüstungsgegenstände der Straßenbahnlokomotive.

Das Bestreben, die Sicherheit gegen Feuersgefahr beim Straßenbahnbetrieb zu erhöhen, die Belästigung durch Rauch und Dampf vollständig zu beseitigen und den Betrieb infolge Erzeugung der Betriebskraft an fester Stelle zu verbilligen, führte zum Baue von feuerlosen Lokomotiven[70]. Francq's feuerlose Lokomotive, zu deren Bau der Amerikaner Lamm durch seine Ammoniaklokomotive Anregung gegeben hat, beruht auf der Erscheinung, daß bei Verminderung des Druckes auf die in einem Gefäße eingeschlossene Wassermenge von hoher Temperatur eine dieser Verminderung entsprechende Wärmemenge frei wird, die ohne Wärmezuführung von außen die Verdampfung eines Teiles der Wassermenge veranlaßt und die Temperatur erniedrigt. Sinkt also der Druck auf das eingeschlossene, überhitzte Wasser allmählich, so wird sich dieses auch gleicher Weise in Dampf verwandeln. Der aus

[70]) Birk Alfred, Die feuerlose Lokomotive. Wien 1893.

dem überhitzten Wasser entwickelte Betriebsdampf der Lokomotive wird durch einen Regler geleitet, der den Dampf auf die in den Zylindern gewünschte Spannung bringt und aus dem er auch unmittelbar den letzteren zuströmt, so daß trotz der stetigen Abnahme der Temperatur des Kesselwassers ein gleich bleibender Dampfdruck für die Zylinder erhalten wird. Dieser Regler besteht aus einer Klappe, die je nach dem größeren oder kleineren Spielraum, auf den sie eingestellt wird, eine größere oder kleinere Menge hochgespannten Dampfes aus dem Heißwasserkessel der Lokomotive in das zu den Dampfzylindern führende Rohr überströmen läßt; in diesem Rohre dehnt sich die betreffende Dampfmenge aus und erfährt also eine Verminderung ihrer Spannkraft. Die Hitzung des Kesselwassers erfolgt vorteilhaft durch, in feststehenden Kesseln erzeugten Dampf. Die größte Dampfspannung im Lokomotivkessel kann mit 15 Atmosphären, entsprechend einer Temperatur von 200° C. angenommen werden; in den Zylindern kommt der Dampf bei den Straßenbahnlokomotiven mit 3 bis 4 Atmosphären zur Wirkung. Vier Atmosphären entspricht eine Temperatur von 145° C.; bei einer Abkühlung von 200° C. auf 145° C. liefert jedes Kilogramm Wasser eine Arbeit von rund 16 PS. Die größten bisher erbauten feuerlosen Lokomotiven hatten Kessel von 1800 bis 2000 l Wasser; doch hat Francq für den Betrieb von Stadtbahnen und langen Alpentunnels Lokomotiven mit 12000 l Wasserraum entworfen. Die Lokomotiven der Straßenbahn von St. Germain en Laye nach Poissy besitzen einen Vorwärmer, der mit Koks geheizt wird, um durch die Verwendung überhitzten Dampfes in den Zylindern namhafte Ersparnisse zu erzielen. Die feuerlose Lokomotive Lamm-Francq steht auf französischen Straßenbahnen (Rueil-Marly-le-Roi, Lille-Roubaix, Marseiller Osttramway, St. Germain en Laye-Poissy u. a.) und auf überseeischen Bahnen im Dienste; sie hat auch beim Bau des Arlbergtunnels, in Bergwerken u. s. w. erfolgreiche Anwendung gefunden.

Honigmann (Aachen) hat der feuerlosen Lokomotive wieder eine — allerdings weder Rauch noch Ruß erzeugende — Wärmequelle gegeben. Als solche dient Natronlauge, die bei gewisser Dichte und dadurch bestimmtem Siedepunkt Wasserdampf unter Wärmeentwicklung aufnimmt, also benutzt werden kann, den Auspuffdampf einer Maschine zu verdichten und durch die hierbei eintretende Erhitzung Wasser zu verdampfen; es findet also ein Kreislauf statt, der so lange fortgesetzt werden kann, bis die Lauge bei einer bestimmten Verdünnung ihren Siedepunkt erreicht hat und die Aufnahme des Auspuffdampfes aufhört[71]. Bei Honigmann's Natronlokomotive besteht der Kessel aus zwei Teilen; im inneren Raume befindet sich das zum Verdampfen bestimmte Wasser, im äußeren, ihn allseitig umgebenden Raume die Natronlauge. Der Dampf für die Lokomotivmaschine wird dem Warmwasserkessel entnommen; der Auspuffdampf geht in die Natronlauge und erhitzt sie. Ist der Natronkessel z. B. mit Lauge von 185° C. Siedepunkt gefüllt und wird der Arbeitsvorgang mit Wasser von 166° C., entsprechend einer Dampfspannung von 6 Atm. begonnen, so kann er mit dieser Spannung so lange andauern, bis die Lauge infolge Aufnahme des Abdampfes auf den Siedepunkt verdünnt ist; dann kann sie nicht mehr den ganzen Abdampf aufnehmen und es muß entweder mit

---

[71]) Riedler, Die Natronlokomotive, Berlin. 1883. Birk im Centralblatt f. Eisenb. u. Dampfschiff. d. österr.-ungar. Monarchie 1884 u. in der Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, Nr. 16.

einer geringeren Dampfspannung gearbeitet, oder die Lauge neuerlich eingedampft werden. Honigmann erprobte seine Lokomotive im Jahre 1884 auf der Eisenbahn Würselen-Stolberg; trotz der günstigen Erfolge und trotz des Umstandes, daß das Kesselblech durch die Lauge bei den in Betracht kommenden Temperaturen nicht leidet, hat die Natronlokomotive nur ganz vereinzelt Anwendung gefunden, so auf der Straßenbahn von Aachen nach Burtscheid, in Leipzig, Chicago, Minneapolis. Sie verdient jedenfalls größere Beachtung.

§ 29. Lokomotiven für Feldbahnen[72]. — Bei größeren Fördermengen, längeren Förderstrecken und größerer Beschleunigung der Förderung empfiehlt sich selbst auf Feldgleisen die Anwendung von Lokomotiven und zwar wird sich dieselbe um so vorteilhafter stellen, je teuerer die Zugtiere, je höher der Arbeitslohn, je größer die erforderliche Zugkraft und je geringer der Preis des Brennstoffes für die Lokomotive ist. Bei der Frage der Betriebsart muß besonders auf die Neigungsverhältnisse Rücksicht genommen werden. Mit wachsender Steigung nimmt die Größe der Zuglast, welche die Lokomotive zu befördern vermag, namentlich in den Steigungen bis zu 30 v. T., ungemein rasch ab. Die Fahrgeschwindigkeit ist allerdings auch von Einfluß, aber nicht in so bedeutendem Grade, wenigstens nicht innerhalb jener Grenzen, die bei dem minder gut gelegten Oberbau der Feldbahnen in Betracht kommen, nämlich 10 bis höchstens 20 Kilometer in der Stunde (siehe Abb. 111).

Die Lokomotiven für Feldbahnen müssen gewisse Bedingungen erfüllen, die bei Kleinbahnen nicht mit solcher Bedeutung hervortreten, um die durch andere Forderungen bedingte Bauart zu beeinflussen, während sie bei den Feldbahnlokomotiven als Bau-

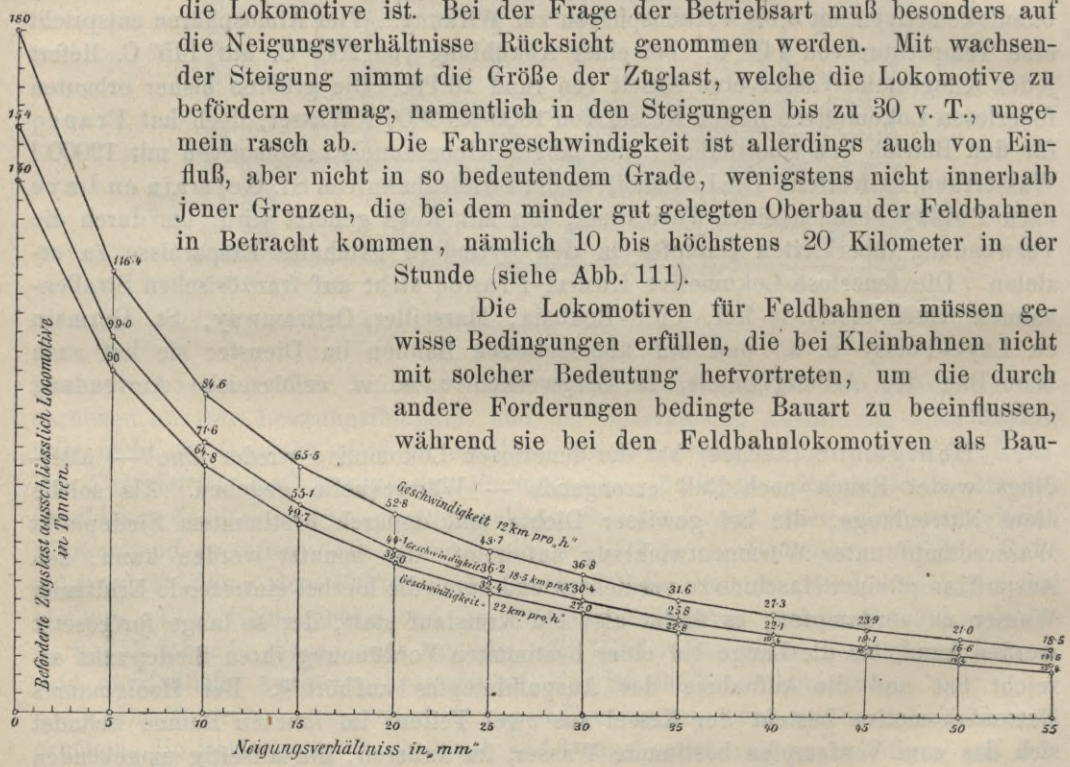


Abb. 111. Leistungsfähigkeit einer Verbund-Tenderlokomotive. Bauart Mallet, Gewicht 12 t.

grundsätze zu betrachten sind. Feldbahnlokomotiven müssen ein geringes Gewicht besitzen, dabei aber verhältnismäßig sehr leistungsfähig sein; dieser Forderung wird einerseits durch die umfangreiche Verwendung des Stahls, andrerseits durch die Anwendung von Kesseln mit großer Verdampfungsfähigkeit und eines hohen Dampfdruckes (bis 12 und 14 Atmosphären) Rechnung getragen. Die minder gute Ausführung des Oberbaues bedingt eine leichte und vollständige

---

72) Vgl. die Abhandlung von E. A. Ziffer über Feldeisenbahnen in „Stahl und Eisen". 1892. Nr. 8, 9, 10, 11 u. 12.

Übersicht über Ausführungen von Feldbahnlokomotiven.

Nähere Beschreibung der Lokomotiven	Spurweite in m	Rostfläche	Heizfläche	Dampfdruck in Atmosphären	Zylinderdurchmesser	Kolbenhub	Durchmesser der gekuppelten Räder	Dienstgewicht in Tonnen	Mittlere Zugkraft in kg
		in qm			in Meter				
Tenderlokomotive der Firma Corpet mit Field'schen stehendem Kessel	0,60	0,18	2,86	9	0,120	0,160	0,410	2,0	328
Tenderlokomotive Krauss mit voller Reibung, 4 gekuppelten Rädern	0.60	0,14	2,50	12	0,080	0,160	0,390	1,5	150
desgl.	0,60	0,16	2 58	12	0,115	0,160	0,390	3,3	320
desgl.	0,75	0,20	6,02	12	0,140	0,240	0,600	4,6	480
Verbund-Tenderlokomotiven, A. Legrand	0,60	0,33	11,60	12,4	Hochdr.-Zylinder 0,160 Niederdr.-Zylinder 0,230	0,300	0,625	5,5	770
Lokomotive mit zwei gekuppelten Achsen und zweiachsigem Schlepptender, Bauart Decauville	0,60	0,29	8,72	9	0,150	0 300	0,600	6,25	722
Verbund-Tenderlokomotive, Bauart Mallet	0,60	0,42	22,3	12	Hockdr.-Zylinder 0,170 Niederdr.-Zylinder 0,255	0,255	0,600	12,0	2155
Doppel-Tenderlokomotive Péchot-Bourdon mit zwei Triebgestellen und einem Feuerkasten	0,60	0,48	25,6	12	0,175	0,240	0,650	13,00	1900
Tenderlokomotive der österr.-ungar. Staatseisenbahngesellschaft	0,60	0.24	7,0	12	—	0,240	0,580	4,7	—

Anschmiegungsfähigkeit der Lokomotive, die am sichersten durch die Unterstützung derselben in nur drei Punkten erreicht wird; auch ist eine tiefe Lage des Schwerpunktes notwendig, weshalb der Wasservorrat gewöhnlich im kastenartig gebauten Hauptrahmen untergebracht wird. Breite Radreifen werden den Lokomotiven auch über Strecken mit ungenauer Spurweite gefahrlos hinweghelfen. Bedienung, Feuerung und Führung der Maschine muß leicht, einfach und bequem sein; ein Umdrehen der Lokomotive soll nicht notwendig werden; unter Umständen werden gute Funkenfänger nicht unentbehrlich sein; sie müssen namentlich bei Holzfeuerung unbedingt angebracht werden. Die Holzfeuerung, die in holzreichen Gegenden empfehlenswert erscheint, verlangt wegen der geringen Heizkraft des Holzes eine größere Heiz- und Rostfläche und wegen der erforderlichen größeren Menge von Brennstoffvorrat größere Räume auf der Lokomotive, welche durch Verlängerung oder Verbreiterung der seitlichen Kasten gewonnen werden. Die Lokomotiven müssen kräftige Bremsen erhalten und werden vielfach nur mit einem mittleren Buffer ausgerüstet. Das Einbuffersystem, das bei Schmalspurbahnen überhaupt vielfach Anwendung findet, bietet den großen Vorteil, daß Zug und Druck in der Mittellinie des Fahrzeuges, beziehungsweise des Gleises wirken, das Eintreten zwischen die Wagen an Gefährlichkeit verliert und selbstthätige Kuppelungen leichter, als bei dem Zweibuffersystem ausgeführt werden können.

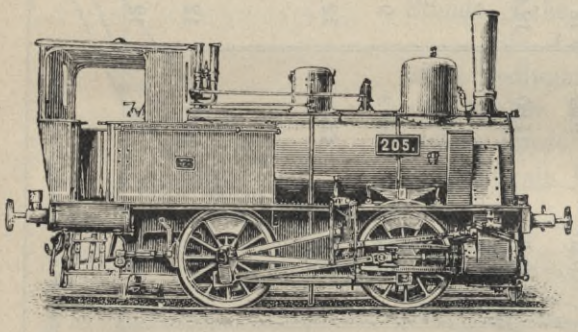


Abb. 112. Zweiachsige Tenderlokomotive.

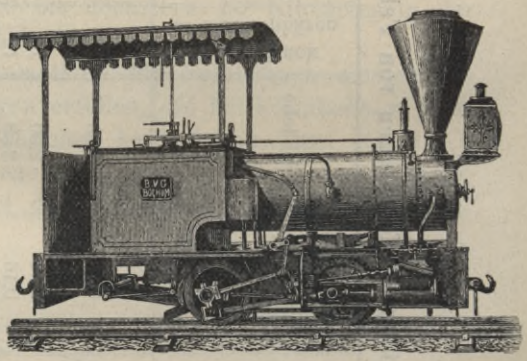


Abb. 113. Zweiachsige Tenderlokomotive.

In der Übersicht S. 115 finden sich Angaben über einige bemerkenswerte Lokomotivformen für Feldbahnen mit schmaler Spurweite. Ähnliche Lokomotiven, auch von größerer Leistungsfähigkeit, werden von den Feldbahnbauanstalten Arthur Koppel, Orenstein & Koppel u. a. gebaut. Die Lokomotiven sind in der Regel für Leistungen von 6 bis 100 PS. gebaut, wobei Geschwindigkeiten von 8 und 10 km, jedoch auch höhere in Betracht kommen. Am häufigsten findet man Lokomotiven mit zwei (Abb. 112, 113) gekuppelten, daneben auch solche mit drei gekuppelten Achsen (Abb. 114). Die Aufhängung erfolgt in der Regel durch Anwendung von Lang- und Querfedern unter gleichzeitiger Ausgleichung der verschiedenen Radbelastungen, so daß die Sicherheit der Fahrt auch auf mangelhaft verlegten Gleisen gewährleistet wird. Die Doppelverbundlokomotive, Bauart Mallet, findet stetig größere Anwendung. Die Aktiengesellschaft für Feld- und Kleinbahnenbedarf vormals Orenstein & Koppel hat vor kurzem (im Jahre 1900) drei solche Lokomotiven von 120 PS. für die Spurweite von 76 cm für die Kalaner Bergbau- und Hüttenaktiengesellschaft in Budapest

geliefert. Diese Lokomotiven überwinden Steigungen von 18 v. T. und durchfahren Bögen von 30 bis 40 m Halbmesser mit 20 bis 25 beladenen Erzwagen von 1 cbm Inhalt.

Auf den Waldbahnen in Galizien, die eine Spurweite von 76 cm besitzen,

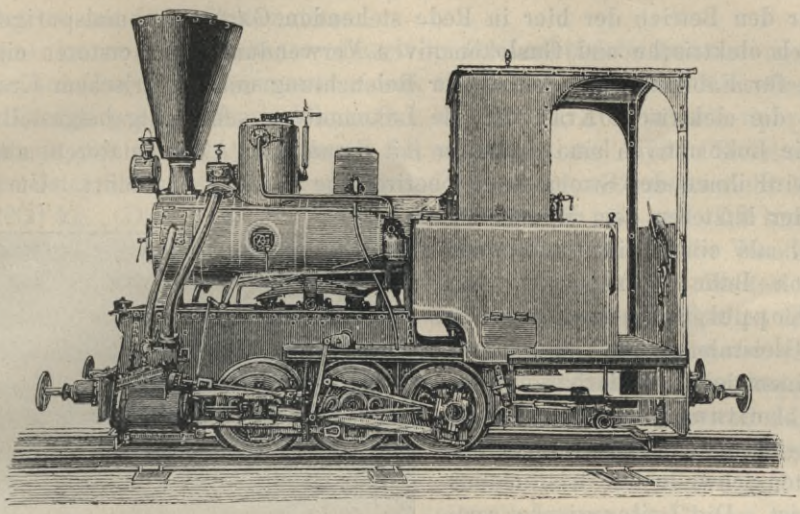


Abb. 114. Dreiachsige Tenderlokomotive.

stehen verschiedene Lokomotivgattungen in Verwendung. Sie wurden von der Fabrik Krauss & Comp. hergestellt. So laufen auf den Waldbahnen in Skole und Synoródzko vierräderige, gekuppelte Lokomotiven von 50 PS. und 10,7 t Dienstgewicht, auf den Waldbahnen in den Staatsforsten sechsräderige gekuppelte Lokomotiven von gleicher

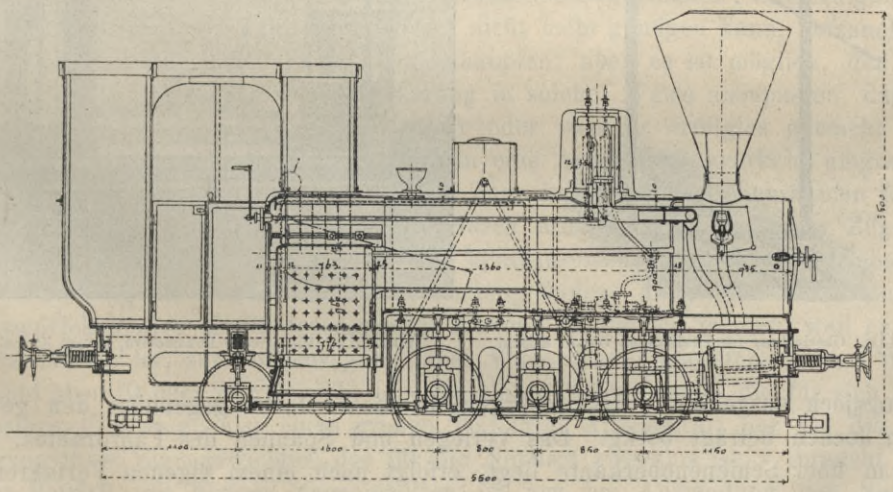


Abb. 115. Tenderlokomotive mit Drehgestell auf siebenbürgischen Waldbahnen.

Stärke und gleichem Gewichte. Die Lokomotiven sind für Holzfeuerung eingerichtet. Die neuesten Lokomotiven haben Drehgestelle und eine Laufachse (Abb. 115); sie bewähren sich vorzüglich, weil sie den Oberbau in scharfen Bögen überaus schonen, auch

bei größerer Fahrgeschwindigkeit wegen des großen Gesamtradstandes (3,24 m) und der kurzen überhängenden Enden sehr ruhig laufen, die Verwendung eines größeren Kessels gestatten und wegen des bedeutenden Kohlen- und Wasservorrates, den sie mitführen (1,5 t und 2000 l), längere Strecken ohne Brennstoff- und Wasserergänzung durchfahren können.

Für den Betrieb der hier in Rede stehenden Gattung schmalspuriger Bahnen finden auch elektrische und Gaslokomotiven Verwendung. Die ersteren eignen sich besonders für Fabriken mit elektrischer Beleuchtung und elektrischem Kraftbetrieb, in denen die elektrische Kraft für die Lokomotiven sehr billig beigestellt werden kann. Die Lokomotiven sind entweder mit Sammlern (Akkumulatoren) ausgerüstet, oder es wird ihnen der Strom durch oberirdische Leitung zugeführt. Um die Herstellung der letzteren dem Wesen der Feldbahn, als einer leicht und rasch verlegbaren Bahn, anzupassen, hat Arthur Koppel (Berlin-Bochum) nach Abb. 116 Gleisrahmen und Leitungsträger zu einem leicht förderbaren Ganzen: das „Leitungsjoch“ verbunden, dessen U-förmiger Träger auf einer verlängerten Schwelle des Gleisrahmens befestigt ist. Die Leitungsjoche werden in gerader Bahn in Entfernungen von 25 bis 30 m aufgestellt; in scharfen Bögen wird jeder Gleisrahmen als

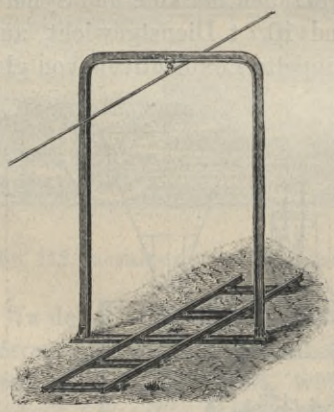


Abb. 116. Oberleitung für Feldbahnen von A. Koppel.

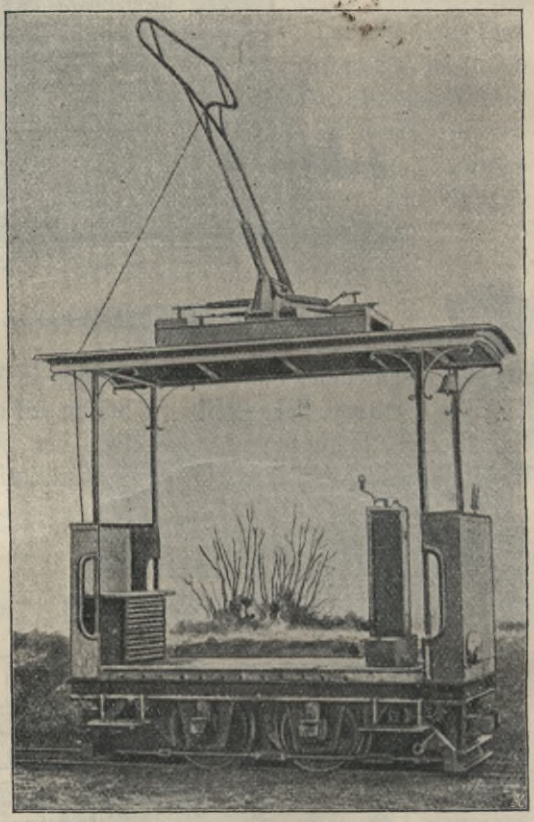


Abb. 117. Elektrische Lokomotive, Bauart Koppel.

Leitungsjoch ausgebildet. Das Mehrgewicht dieser Joche gegenüber den gewöhnlichen Jochen beträgt 50 kg. Das Verlegen und Spannen des Fahrdrahtes, der 3 bis 4 m über Schienenoberkante liegt, erfolgt nach einem eigenen Verfahren und mit Hilfe eines Spannwagens verhältnismäßig sehr rasch. Die elektrischen Lokomotiven (Abb. 117) sind zwei- und vierachsig, mit einem Motor oder auch mit zwei Motoren, die an den Lagern hängen und gegen das Wagenuntergestell abgefedert sind. Die Übertragung von der Motorwelle auf die Triebachse geschieht durch Zahnräder. Die Lokomotiven können mit sieben verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten laufen. Eine

schadhafte Überlastung der Motoren ist durch eine in die Leitung eingeschaltete Sicherung unmöglich gemacht. Der Stromabnehmer ist als lange Kupferrolle ausgeführt, so daß ein Entgleisen desselben nicht stattfinden kann, die Luftweichen vermieden werden und die Abnutzung infolge der rollenden Reibung sehr gering ist. Der Betrieb mit elektrischer Lokomotive ist im allgemeinen wirtschaftlicher, als der Betrieb mit Dampflokomotiven.

Gaslokomotiven haben vereinzelt im Grubenbetriebe Anwendung gefunden. Als Beispiel sei die von der Gasmotorenfabrik Deutz für die Braunsteinwerke C. W. B. Fernie in Gießen gebaute Benzinlokomotive erwähnt[73]), die für eine Spurweite von 0,5 m bestimmt, 2,6 m lang, 1,2 m breit, 1,3 m hoch ist und 0,65 m Radstand besitzt. Der Motor leistet 6 PS.; die Zugkraft beträgt 140 kg, das Dienstgewicht der Lokomotive 2200 kg. Die Fahrgeschwindigkeiten betragen 3 und 7,2 km/St. Der Motor überträgt seine Kraft mittels gefräster Stahlgußräder auf ein Wendegetriebe, von dem aus, in Verbindung mit zwei Reibungskuppelungen, die Weiterleitung der Kraft mit Hilfe einer Gall'schen Kette auf die unter sich gekuppelten Laufachsen erfolgt. Die Reibungskuppelungen werden mit Handrad und Schraube eingerückt; für Vor- und Rückwärtsgang tritt die eine oder andere Reibungskuppelung in Thätigkeit und zwar durch Rechts-, bezw. Linksdrehung des betreffenden Handrades. Der Motor hat elektrische Zündung; den hierfür erforderlichen Strom liefert ein kleiner Sammler; die Füllung des Benzinbehälters reicht für mehrere Tage aus; der Benzinverbrauch überschreitet bei voller Belastung des Motors nicht 2,4 kg in der Stunde; er regelt sich selbstthätig nach der Arbeitsleistung. Die Benzinlokomotive ist der elektrischen Lokomotive durch die billigen Anlage- und Betriebskosten überlegen, aber im allgemeinen weniger leistungsfähig.

§ 30. Selbstfahrwagen. — Die Schmalspurbahnen dienen in den meisten Fällen — es wären vielleicht nur das bosnische und das skandinavische Bahnnetz oder die überseeischen Bahnen auszunehmen — örtlichen Bedürfnissen; ihre Aufgabe ist, jenen Teil des Straßenverkehrs, dem dieser nicht mehr genügen kann, aufzunehmen. Die Straße wird sich neben jeder Bahn behaupten; aber es ist möglich, den Zugverkehr den Anforderungen der Bevölkerung in solcher Weise anzupassen, daß der Wettbewerb des Straßenbahnverkehrs mehr oder weniger erfolglos gemacht wird. Zu diesem Zwecke muß der Bahnverkehr in eine Art Tramwayverkehr umgestaltet werden, bei welchem sich leichte und kurze Züge in kleinen Zwischenräumen folgen, so daß es jedem Einzelnen möglich ist, durch Auswahl entsprechender Züge die Zeit für die Reise auf ein kleinstes Maß herabzusetzen. Soll diese Betriebsweise ohne Schädigung der Unternehmung Anwendung finden, dann muß vor allem von der Dampflokomotive als Förderungsmittel Abstand genommen werden, weil es ganz unwirtschaftlich ist, zur Fortbewegung eines Wagens oder höchstens zweier Wagen von nicht über 10 oder 20 t Gewicht eine Maschine zu verwenden, die für sich allein mindestens 10 t wiegt, also einen großen Teil ihrer Arbeitskraft nur für die Fortbewegung ihres Eigengewichtes, das für die Nutzlast zwecklos ist, verbraucht. Ein solcher Betrieb mit kleinen Zugseinheiten ist nur bei Anwendung von Selbstfahrwagen (Motorwagen, Automobilwagen), die Lokomotive und Personenwagen (gegebenenfals auch Güterwagen) in sich vereinigen, ohne wirtschaftlichen Mißerfolg

---

[73]) Annalen f. Gew. u. Bauw. 1898. Nr. 512.

möglich[74]). Bei Anwendung der Selbstfahrer besteht der Zug aus weniger Fahrzeugen, als bei Verwendung der Lokomotive, unter Umständen auch aus dem Selbstfahrwagen allein; infolge dessen sind die Beförderungskosten, die Erhaltungs- und Schmierungskosten für ein Zugkilometer geringer; auch genügt zur Bedienung der Maschine eine einzige Person. Der Betrieb erfolgt mit Dampf, Preßluft, Gas oder Elektrizität. Bei den Dampfwagen wird die Betriebskraft unmittelbar auf dem Wagen erzeugt; ebenso bei den Benzin- und Petroleumfahrern. Bei Verwendung von Leuchtgas, Preßluft oder Elektrizität bleibt der Selbstfahrwagen stets von der Erzeugungsstelle abhängig, indem ihm entweder eine bestimmte Menge der Betriebskraft für eine gewisse Leistung in Behältern oder Sammlern mitgegeben, oder die Triebkraft durch Leitungen nach Erfordernis zugeführt wird.

Ohne Zweifel bietet es einen großen Vorteil, wenn die Triebkraft unausgesetzt auf dem Selbstfahrwagen erzeugt werden kann. Wasser und Brennstoff, ebenso Benzin oder Petroleum können in der Regel überall beschafft oder in Vorrat gehalten werden; in dieser Hinsicht sind die Dampf-, Benzin- und Petroleumwagen allen übrigen Selbstfahrern vorzuziehen.

Die Dampfmotorwagen stehen seit etwa 30 Jahren auf Hauptbahnen und Straßenbahnen in zunehmender Verwendung. Namentlich sind es die Bauarten Brown, Belpaire, Thomas, Perret, Rowan, Weissenborn und in neuester Zeit Serpollet, die Eingang gefunden haben. Bei Brown's Dampfwagen, der in den Hauptzügen von Brunner entworfen wurde und seit 1876 auf der Schmalspurbahn Lausanne-Echallens verkehrt, ruht der Wagenkasten auf zwei vierräderigen Radgestellen; Maschine und Kessel sind über einem Triebgestell angeordnet; daran schließt sich der Raum für die Reisenden. Der Rowan'sche Dampfwagen stimmt im wesentlichen mit Brown's Dampfwagen überein; auch der Dampfwagen Weissenborn's und Belpaire's ist nach denselben Grundzügen erbaut, ebenso bietet der Thomaswagen nichts wesentlich neuartiges; der Hauptunterschied dieser Systeme liegt darin, daß bei dem Dampfwagen von Rowan, Weissenborn und Thomas die mit stehendem Kessel ausgeführte Maschine auf einem besonderen vierräderigen Drehgestell ruht, das leicht von dem Dampfwagen getrennt und wieder mit ihm verbunden werden kann, während bei Belpaire's Dampfwagen die Maschine mit liegendem Röhrenkessel untrennbar mit dem Untergestell des Wagens verbunden ist. Belpaire'sche Wagen stehen auf den belgischen Staatsbahnen, Wagen nach Bauart Thomas auf der hessischen Ludwigsbahn und auf den sächsischen Staatsbahnen in Verwendung. Der Rowan'sche Dampfwagen wurde 1878 auf der niederländisch-märkischen Eisenbahn und der Militärbahn (hier nach Weissenborn's Angaben) erprobt, dann auf der Berliner Ringbahn, später auf der Hoyaer Eisenbahn (Provinz Hannover) eingeführt; er steht gegenwärtig auch noch auf den Straßenbahnen in Berlin (Zoologischer Garten-Grunewald), von Hilleröd nach Grästed, Kopenhagen nach Klampenborg und Tours nach Vouvray im Betrieb. Eine neuere Bauart für schmalspurige Bahnen weist folgende wesentliche Ausmaße und Einzelheiten auf:

Für die Spurweite von	1,00 m	und 0,60 m
Größte Zugkraft	2750	2400 kg
Durchschnittliche Zugkraft bei $\frac{2}{3}$ Zugleistung . . .	2100	1850 kg
Kesseldampfdruck	16	16 Atm.

[74]) A. Birk, Der Betrieb der Lokalbahnen. Wiesbaden 1900.

Reibungsgewicht	14000	12000 kg
Verdampfung des Wassers im Kessel	1,24	1,00 l/St.
Kleinster zulässiger Bahnhalbmesser	20	16 m
Größte zulässige Steigung, mit 60 Fahrgästen . .	75	70 v. T.
Größte zulässige Steigung, mit Anhängewagen . .	55	50 v. T.

Die Wagenkasten umfassen einen Abteil für die Maschine, einen Raum für die Post, einen Gepäckraum und zwei Abteile für die Fahrgäste.

Die Wagen der „Compagnie générale des omnibus à Paris“ nach Rowan's Bauart sind 9,3 m lang, 2 m breit, fassen 43 Reisende und wiegen leer 11,5 t; die Mittellinie des Motordrehgestelles ist von der rückwärtigen Achse 5,68 m entfernt Der Röhrenkessel mit einem Wasserraum von 400 l und einem Dampfraum von 270 l ist lotrecht; die Rostfläche hat 1,62 qm, die gesamte Heizfläche 10,45 qm; das Niederschlagswasser dient zur Kesselspeisung; die Dampfverdichtungsvorrichtung befindet sich auf dem Wagendache; das heiße Wasser wird im Winter zur Erwärmung des Wagens verwendet. Ein solcher Wagen für Vollspur kostet 25000 Mark.

Der Serpolletwagen stellt sich im allgemeinen als ein gewöhnlicher Straßen-

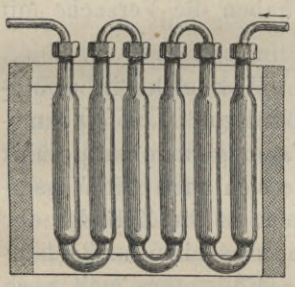


Abb. 118. Kessel des Serpolletwagens.

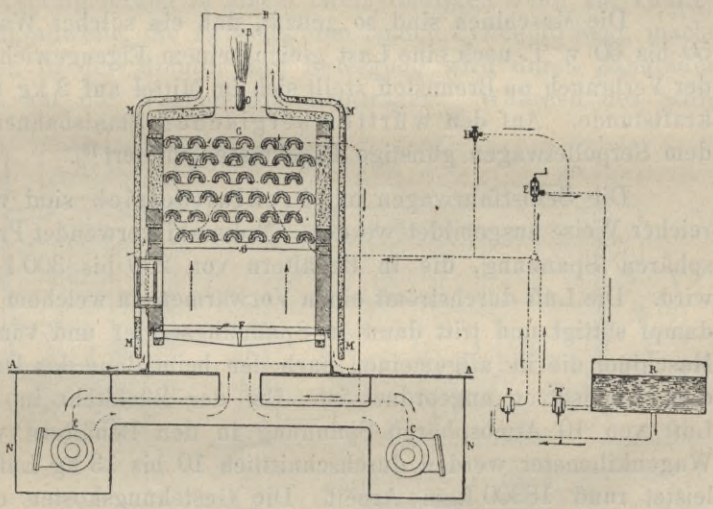


Abb. 119. Anordnung von Maschine und Kessel beim Serpolletwagen.

bahnwagen dar, auf dessen einer Plattform der Kessel (Abb. 119), der das Eigenartige der Bauart bildet, aufgestellt ist. Die Wasserrohre des Kessels haben im Querschnitt die Form eines liegenden C (Abb. 118); ihre Lichtweite ist so gering, daß eigentlich nur von einem 10 bis 20 mm starken Metallkörper mit dünner (etwa 1 mm weiter) Spalte die Rede sein kann; jede solche Röhre in der Gestalt eines Kommunikationsgefäßes bildet ein Element[75]); die einzelnen Elemente werden durch besondere Bogenstücke verbunden und derart im Kessel gelagert, daß nur die breitgedrückten Teile den heißen Gasen ausgesetzt sind, der mittlere gebogene Teil aber weit niedrigeren Temperaturen unterworfen ist und die Verbindungsrohre vollständig außerhalb der Kesselwandung liegen. Die Röhren sind auf 100 Atmosphären geprüft. Die

[75]) Vgl. Birk, Der Betrieb der Lokalbahnen. Wiesbaden 1900.

Dampferzeugung geht sehr rasch vor sich; der Dampfdruck kann von Null bis zur gewünschten Spannung schnell geändert werden; die Sicherheit gegen Explosion ist eine sehr bedeutende. Die Regelung der Geschwindigkeit der Maschine wird durch die Regelung der Speisewassereinführung bewirkt. Der Dampf wird in vollkommen trockenem Zustande angewandt, woraus sich eine große Sparsamkeit der Maschine ergiebt. Ein Übelstand ist die Notwendigkeit eines feuerfesten Mauerwerks, das sich verhältnismäßig rasch abnutzt. Der Kessel kann sehr kleine Ausmaße erhalten: 1,00 bis 1,10 m Höhe und 1,10 bis 1,20 qm Grundfläche; er ragt also nicht einmal über das Schutzgeländer der Plattform hervor.

Die Dampfmaschine befindet sich zwischen den beiden Radachsen; die Zylinder liegen gleichmäßig zu der Längsachse des Wagens; die Übertragung der Triebkraft von der Triebwelle auf die Radachsen erfolgt mittels Gall'scher Ketten. Der Dampfdruck kann bis 20 Atmosphären gesteigert werden. Das Eigengewicht der Selbstfahrwagen nach Serpollet's Bauart beträgt nach bisherigen Ausführungen

bei einem Fassungsraum von	50	Personen	leer 8 t,	besetzt	11,5 t
„	40	„	„ 6 t,	„	8,2 t,
„	20	„	„ 3,5 t,	„	6,0 t.

Die Maschinen sind so gebaut, daß ein solcher Wagen auf der Steigung von 50 bis 60 v. T. noch eine Last gleich seinem Eigengewichte fortzubewegen vermag; der Verbrauch an Brennstoff stellt sich im Mittel auf 2 kg für eine geleistete Pferdekraftstunde. Auf den württembergischen Staatsbahnen haben die Versuche mit dem Serpolletwagen günstige Ergebnisse geliefert[76]).

Die Selbstfahrwagen mit Preßluftbetrieb sind von Mekarski in erfolgreicher Weise ausgebildet worden. Mekarski verwendet Preßluft von 60 bis 80 Atmosphären Spannung, die in Behältern von 200 bis 300 l Fassungsraum mitgeführt wird. Die Luft durchströmt einen Vorwärmer, in welchem sie sich auch mit Wasserdampf sättigt und tritt dann in Spannungsregler und von hier in die Zylinder der Maschine, die im allgemeinen nach den beim Baue der Dampfmaschinen maßgebenden Grundsätzen angeordnet ist. Bei der Rückkehr in die Füllstation muß noch Luft von 10 Atmosphären Spannung in den Behältern vorhanden sein. Für ein Wagenkilometer werden durchschnittlich 10 bis 13 kg Luft verbraucht; ein kg Luft leistet rund 18300 kgm Arbeit. Die Gestehungskosten einer Tonne Preßluft von 60 Atmosphären stellen sich bei der Erzeugung im großen auf rund 20 Mark. Druckluftwagen nach Mekarski's Bauart laufen auf den Straßenbahnen von Nantes, Nogent, Paris, St. Maur, Vichy-Cunet, Aix-les Bains u. a. Die Bahnen in Nogent, Vichy-Cunet und Aix-les Bains haben die Spurweite von 1 m. Popp-Conti empfiehlt die Anwendung von Preßluft mit einer Spannung von nur 20 bis 30 Atmosphären, wodurch gewisse Vorteile erzielt werden könnten, nämlich größere Betriebssicherheit, billigere Erzeugung der Druckluft, geringeres Gewicht der Wagen.

Bei den Selbstläufern mit Gasbetrieb wird ein Gemenge von Leuchtgas oder Petroleumdünsten oder Benzindünsten mit atmosphärischer Luft benutzt, indem durch auf einanderfolgende explosive Wirkung desselben der Motor in Bewegung gesetzt wird. Die Gasmaschinen besitzen gewisse Eigenschaften, die sie für den

---

[76]) Zeitung des Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. 1897 Nr., 92.

Betrieb von Selbstfahrwagen geeignet erscheinen lassen: einfache und leichte Beschaffung der Betriebskraft, regelmäßigen, wenig geräuschvollen Gang, überaus einfache Wartung; auch kann die Betriebskraft für Beheizung und Beleuchtung der Wagen Verwendung finden. Als Nachteile wären zu nennen: Ungleichheit der Umdrehungsbewegung, wodurch die Anwendung eines Schwungrades erforderlich wird, mehrfaches Zahnradgetriebe, um etwaige Veränderungen der Fahrgeschwindigkeit zu bewirken, schwierige Ingangsetzung des Motors, die von Hand aus erfolgen muß und die Inganghaltung der Maschine bei kürzeren Aufenthalten verlangt, Bewegung des Motors nur in einem Sinne, so daß mehr oder minder verwickelte Anordnungen notwendig sind, um die freie Beweglichkeit des Wagens nach vor- oder rückwärts zu ermöglichen. Bei den neueren Ausführungen werden übrigens diese Nachteile minder fühlbar.

Von den Gasmotorwagen wäre zunächst der Selbstfahrer nach Bauart Lührig zu nennen, zu dessen Antrieb Leuchtgas Verwendung findet. Lührig's Wagen steht auf der Straßenbahn in Dessau, auf der Linie Warmbrunn-Hermsdorf-Hirschberg, in Maastricht, Amsterdam, Blackpool-Manchester im Betriebe. Lührig benutzt Gas von 7 bis 8 Atmosphären, das in Behältern auf dem Wagen untergebracht ist und nach entsprechender Druckverminderung in einem zweizylindrigen Motor zur Thätigkeit gelangt. Die Schwungradwelle, die zwischen den beiden Zylindern liegt, macht 260 bis 280 Umdrehungen in der Minute; ihre Bewegung wird durch Zahnräder und Reibungskuppelungen auf die Wagenachsen übertragen. Während des Stillstandes in Haltestellen läuft die Maschine mit 80 Umdrehungen in der Minute; bei längerem Aufenthalte wird sie ganz abgestellt. Die Auspuffgase werden über das Wagendach abgeleitet oder zur Heizung des Wagens benutzt; es sind in der Regel nur zwei Fahrgeschwindigkeiten, 12 und 16 km/St. vorgesehen. Für einen Betrieb von 15 bis 20 Wagen genügt eine achtpferdige Gaskraftmaschine. Der Gasverbrauch stellt sich in Dessau auf 500 l, in Blackpool auf 560 l für ein Wagenkilometer.

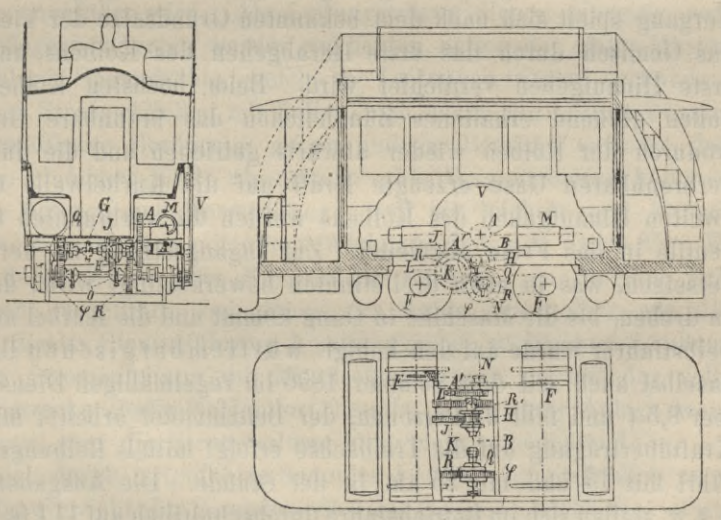


Abb. 120. Lührig's Motorwagen.

Zur Erklärung des Bewegungsmechanismus für die bezügliche Anordnung sei der Wagen der Straßenbahn von Blackpool nach Lytham (Abb. 120) beschrieben. Die Maschine besteht aus zwei Zylindern, die auf eine gemeinsame Welle wirken und von Kühlwasser umspült werden; während der eine Zylinder Gas ansaugt, wird es im anderen verdichtet, so daß bei jeder Schwungradumdrehung eine Explosion erfolgt, die von einer kleinen, von der Motorwelle bewegten Dynamomaschine

veranlaßt wird. Die Motorwelle trägt an dem einen Ende ein in die Wagenkastenwand eingebautes Schwungrad, am anderen Ende ein Zahnradgetriebe, durch das eine zweite, tiefer liegende gleichlaufende Welle bewegt wird. Diese Welle trägt zwei verschieden große Zahnräder, von denen je nach Bedarf das kleinere oder größere mit den entsprechenden Zahnrädern einer dritten Welle in Verbindung gesetzt und sonach der letzteren trotz der gleichmäßigen Geschwindigkeit der Maschine eine größere oder kleinere Umdrehungsgeschwindigkeit erteilt werden kann. Auf dieser dritten Welle sitzen ein Zahnrad und eine Reibungsscheibe, die mit einem Zahnrad, beziehungsweise einer Reibungsscheibe einer vierten Welle zum Eingriff gebracht werden können und dieser eine Umdrehungsbewegung in der einen oder anderen Richtung erteilen. Von dieser vierten Welle aus übertragen Gall'sche Ketten die Bewegung auf die Radachsen. Beim Anziehen der Bremsen löst sich die letztbezeichnete Welle selbstthätig aus ihrer Verbindung mit den Radachsen, so daß der Motor auf diese bei festgebremsten Rädern keinen Einfluß ausübt. Die Nutzwirkung des Motors kann mit Rücksicht auf die mehrfachen Übersetzungen zu höchstens 50 v. H. angenommen werden.

Die Bauart Daimler beruht auf der Anwendung von Benzin, das in eigenen Behältern mitgeführt wird, von denen es sowohl dem Vergaser als auch den Brennern unter geringem Drucke zuströmt. Die Bildung des Gasgemisches, das zum Betriebe dient, vollzieht sich selbstthätig im ersteren, indem beim Niedergange des Kolbens Luft und Benzin gleichzeitig angesaugt und innig gemischt werden. Der weitere Vorgang spielt sich nach dem bekannten Grundsatze der Viertaktmaschine ab, indem das Gemisch durch das erste Herabgehen des Kolbens angesaugt und durch das erste Hinaufgehen verdichtet wird. Beim höchsten Kolbenstande bringt ein von außen glühend erhaltenes Zündhütchen das brennbare Gemisch zur Entzündung, wodurch der Kolben wieder abwärts getrieben und die durch die Ausdehnung der verbrennbaren Gase erzeugte Kraft auf die Kurbelwelle übertragen wird. Beim zweiten Hinaufgehen des Kolbens werden die verbrannten Gase durch die Auspuffventile in das Freie abgeleitet. Zur Ingangsetzung ist der Zündhut in Rotglut zu versetzen, was in etwa drei Minuten bewerkstelligt wird; dann ist das Schwungrad zu drehen, bis die Maschine in Gang kommt und die Kurbel auslöst. Der Daimler'sche Selbstfahrer wurde auf den königl. württembergischen Bahnen erprobt und steht daselbst auch seit dem Sommer 1896 im regelmäßigen Dienste[77]). Der Wagen wiegt leer 8,5 t und faßt 32 Personen, der Benzinmotor arbeitet mit 15 Pferdestärken; die Kraftübertragung auf die Treibachse erfolgt mittels Reibungskuppelung. Der Wagen fährt mit 15 und mit 25 km in der Stunde. Die Ausgaben für Benzin, Schmieröl u. s. w. stellen sich im Betriebsjahre durchschnittlich auf 11 Pfg. für das Wagenkilometer. Der Verbrauch an Benzin beträgt rund 0,6 l für eine Pferdekraft und eine Stunde.

Bei dem elektrischen Betriebe haben wir drei Hauptarten zu unterscheiden:

Bahnen mit ober- oder unterirdischer Stromzuleitung,

Bahnen, bei denen die Selbstfahrwagen mit Elektrizitätssammlern ausgerüstet sind,

Bahnen, bei denen diese beiden Betriebsarten vereinigt erscheinen.

---

[77]) Zeitung d. Ver. deutscher Eisenbahnverwaltungen 1898. S. 100—101.

Jede dieser Anordnungen besitzt ihre Vor- und Nachteile, die nach den sonst Einfluß nehmenden Verhältnissen überwiegen oder zurücktreten und in jedem einzelnen Falle die eine oder andere Anordnung als in erster Linie mit Erfolg anwendbar erscheinen lassen. Der Betrieb mit Luftleitung ist in jeder Beziehung erprobt, betriebssicher, in Anlage und Betrieb einfach und billig. Der Rücklauf des Stromes erfolgt fast ausnahmslos durch die Schienenstränge des Gleises. Große wirtschaftliche Vorteile gewährt unter Umständen, namentlich aber wenn die Kraftspendung für den Bahnbetrieb nicht die einzige Aufgabe der Krafterzeugungsanlage ist, die Anwendung von Sammlern als ausgleichende Batterien; die Maschinenanlage wird für eine mittlere Leistung gebaut; bei schwächerem Betriebe laden die Maschinen die Sammler, bei größerem Bedarfe arbeiten beide zusammen; notwendigenfalls übernehmen die Sammler allein den Betrieb. Auch schützen sie die Maschinen vor den in manchen Betrieben auftretenden Stromstößen und Störungen; da man ihnen bis zu einer gewissen Höchstgrenze beliebige Stromstärken in beliebigen Zeiträumen ohne Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit entnehmen kann, so eignen sich solche zusammengesetzte Anlagen von Dynamomaschinen mit Sammlern als „Bufferbatterien“ sehr gut für den elektrischen Bahnbetrieb. Diese Anlagen fordern Gleichstrommaschinen. In neuerer Zeit gelangen auch dreiphasige Wechselstrommaschinen zur Anwendung. Die Betriebsspannungen liegen zwischen 300 und 700 Volt. Bei langen Bahnlinien und starkem Verkehre werden die Fahrleitungen behufs Verminderung der Ladeverluste in einzelne Strecken geteilt, deren jeder der erforderliche elektrische Strom durch eine Speiseleitung zugeführt wird. Als Leitungsträger dienen einseitig aufgestellte Masten mit Auslegern, oder es werden zu beiden Seiten der Bahn Masten aufgestellt und durch stählerne Spanndrähte, welche die Leitungen tragen, verbunden. Als Stromabnehmer dienen Stromschließer mit Rollen und solche mit breiten Bügeln, die eine bessere, gleichmäßigere Berührung geben und im Betriebe sicherer, bei Weichen und Kreuzungen einfacher sind, als erstere. Als Wagenmotoren kommen meistens schnelllaufende Motoren zur Verwendung, weil sie leichter und kleiner sind, als langsamgehende. Sie arbeiten mit einem Wirkungsgrad von 70 bis 85 v. H. Die Übersetzung wird durch Zahn- oder Kettenräder bewirkt. In jüngster Zeit wurden auch Anordnungen ausgeführt, bei denen der Motor unmittelbar auf die Achse wirkt. Die unterirdische Stomzuführung kommt nur bei städtischen Straßenbahnen in Betracht; die Stromzuleitung mit Mittelschiene, wie sie auf der vollspurigen Wannseebahnstrecke Berlin-Zehlendorf besteht, ist in ihrer Anlage wohl billiger, als die Luftleitung, aber die Stromverluste sind nicht unbedeutend.

Bei dem Bahnbetrieb durch mitgeführte Sammler kommen hauptsächlich zwei Umstände in Betracht: das Gewicht der Sammler, das das Gesamtgewicht des Selbstfahrers erhöht, und die zur Ladung erforderliche Zeit. Das Gewicht ist natürlich von der Größe der geforderten Leistung abhängig, es liegt im allgemeinen zwischen 2 t und 6 t, doch kommen auch Batterien bis zu 10 t Gewicht vor. Hierdurch werden die Förderkosten erhöht und zwar verhältnismäßig um so mehr, je größer die Steigung der Bahn ist. Die entleerte Sammlerbatterie wird entweder gegen eine geladene ausgetauscht oder sie wird — im Wagen verbleibend — neu geladen. Der erstere Vorgang vermindert den Aufenthalt in der Wechselstation, ist aber bei dem großen Gewicht der Sammler schwierig und umständlich; der zweite Vorgang ist für den Zugverkehr mit größerem Zeitverluste verbunden, oder verlangt eine größere Anzahl Selbstfahrer. Die jeweiligen Verhältnisse werden für die Wahl des

einen oder anderen Vorganges entscheidend sein. Der Wirkungsgrad einer Sammlerbatterie kann mit 0,75 angenommen werden.

Das Wesen des gemischten Betriebes liegt darin, daß in den Strecken mit Stromzuführung die Sammler des Selbstfahrers geladen werden und diese sodann in den Strecken ohne Zuführung den Strom für die elektrischen Maschinen des Wagens liefern. Diese Betriebsweise hat auf dem Straßenbahnnetz in Hannover eine ausgedehnte Anwendung gefunden[78]).

Vergleicht man die verschiedenen Gattungen von Selbstfahrwagen, so findet man, daß sich der Dampfwagen durch große Leistungsfähigkeit und Unabhängigkeit in Bezug auf die Betriebslast und ihre Beschaffenheit und leichte Regelung und Anpassungsfähigkeit der Fahrgeschwindigkeit kennzeichnet; seine Einführung auf bestehenden Bahnen verlangt keine kostspieligen Umgestaltungen und Einrichtungen. Der Betrieb mit Preßluftwagen eignet sich bei größerem Kraftbedarf wohl nur für kürzere Bahnen; er verlangt besondere Einrichtungen. Die Gaswagen stehen den Dampfwagen in vielen Beziehungen sehr nahe; sie verlangen keine besonderen Anlagen, ihre Betriebskraft ist überall leicht und einfach zu ersetzen; dagegen ist ihre Maschine nicht so einfach und der Wirkungsgrad ein geringerer; häufig wird auch auf die Gefährlichkeit des Benzins hingewiesen — jedoch wohl ohne Berechtigung. Der elektrische Betrieb zeichnet sich durch große Reinlichkeit und bemerkenswerte Betriebssicherheit aus; er gestattet die Erzielung großer Fahrgeschwindigkeiten, die Anpassungsfähigkeit des Verbrauches an den jeweiligen Bedarf; der Betrieb mit Sammlern eignet sich nur für Bahnen mit günstigen Steigungs- und Richtungsverhältnissen, bei thunlich niedrigem Einheitspreise der Betriebskraft.

Auf schmalspurigen Bahnen haben Selbstfahrer bisher sehr wenig Anwendung gefunden; sie stehen überhaupt noch im Zustande der Versuche.

§ 31. Güterwagen für Schmalspurbahnen. — Von Einfluß auf die Bauart der Wagen ist natürlich in erster Linie die geforderte Leistungsfähigkeit, die im Ladegewichte oder in der Tragfähigkeit, d. i. dem zulässig größten Gewichte der Ladung zum Ausdruck gelangt. Hiermit müssen natürlich auch die Bodenfläche und der Laderaum in Einklang stehen, ebenso kommt der Zweck des Wagens in Betracht. Die Spurweite nimmt auf die Bauart der Achsen, der Zug- und Stoßvorrichtungen und auf die Ausmaße der Wagenoberteile Einfluß. Je kleiner die Spurweite, um so tiefer muß der Schwerpunkt des Fahrzeuges liegen, um in scharfen Bögen die erforderliche Standfestigkeit zu erhalten; es darf aber in Erfüllung dieser Forderung nicht übersehen werden, daß bei der mäßigen Fahrgeschwindigkeit, die auf Schmalspurbahnen zumeist in Anwendung kommt, die Fliehkraft keine zu bedeutende ist und demnach auch — wie schon nachgewiesen wurde — die Überhöhung des äußeren Schienenstranges in bescheidenen Grenzen verbleiben kann.

Die Frage, ob es vorteilhafter ist, Wagen von geringer Tragfähigkeit, also kleine und leichte Wagen, oder solche von großer Tragfähigkeit, also große und schwere Wagen zu verwenden, wird bei Schmalspurbahnen mit ausschließlich oder überwiegend örtlichem Verkehre nur von der Größe und Art des Verkehrs abhängig sein, indem es hierbei ja stets um eine thunlich gute Ausnutzung der Wagen sich handelt. Anders ist die Sachlage bei Bahnen, die Güter von anschließenden Bahnen auf dem Wege der Umladung übernehmen oder an solche abgeben. Dann wird eine

[78]) Mitt. d. Ver. f. Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens 1897, S. 325.

gute Ausnutzung der Schmalspurbahnwagen nur möglich sein, wenn die Tragfähigkeit dieser Wagen einem einfachen Bruchteil jener der Vollspurwagen gleichkommt. Die Tragfähigkeit der letzteren ist gewöhnlich 10 t, seltener 7,5 t, in neuester Zeit auch schon häufig 15 t. In der Regel rechnet man zwei Schmalspurwagen auf einen Vollspurwagen und giebt den Güterwagen der Schmalspur 5 t und mit Rücksicht auf Übergewicht 6 t Ladegewicht, beziehungsweise 3,75 t oder auch 7,5 t. Bei lebhaftem Übergangsverkehr hat man auch Schmalspurwagen von 10 t Tragfähigkeit in Dienst gestellt, so auf der Rastenburg-Sensburger Kleinbahn, auf den bosnischen Schmalspurbahnen, auf der Bahn von Beirut nach Damaskus (1,05 m Spurweite) und auf der mit 60 cm Spur erbauten Linie Pithiviers-Toury. Auf den bosnischen Schmalspurbahnen laufen auch vierachsige Wagen mit 52 cbm Laderaum und 15 t Tragfähigkeit, die unter allen Umständen die Fracht eines vollspurigen Wagens von 10 t Tragfähigkeit aufnehmen können. Die Wallückebahn (60 cm) besitzt 2 offene Güterwagen zu 15 t Tragfähigkeit und Fassungsraum für 15 t Kohlen; sie haben 2 Drehgestelle zu je 2 Achsen; auch sind Erzwagen für 15 t Fassung in Betrieb gestellt worden.

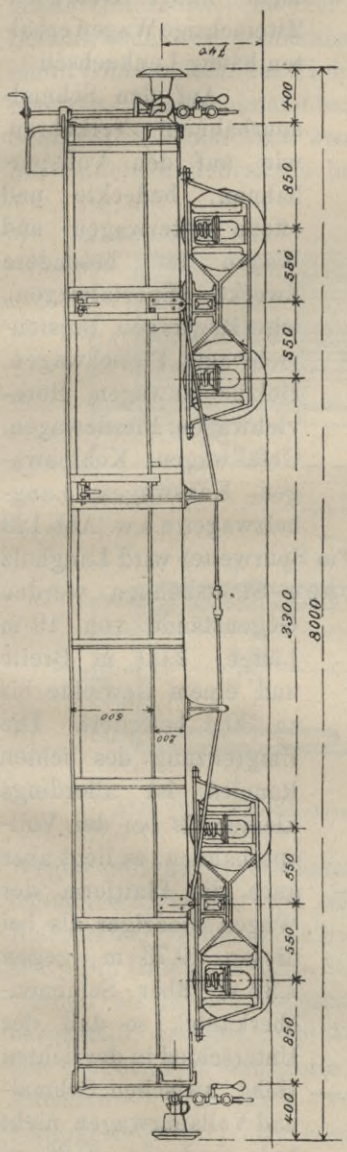


Abb. 121. Güterwagen mit Drehgestellen.

Man ist in Einzelfällen übrigens — dem Vorbilde mancher Vollspurbahnen folgend — noch weiter gegangen und hat Wagen von 20 t Tragfähigkeit, wie für die holländische Staatsbahn auf Su-

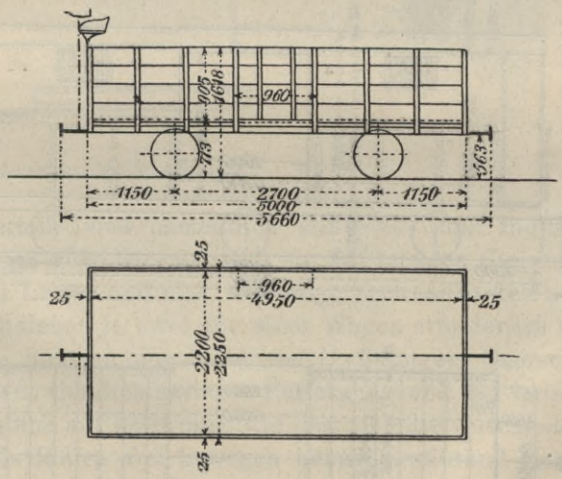


Abb. 122. Offener Güterwagen. 6 t Ladegewicht, 3,6 t Eigengewicht.

matra (1,067 m Spurweite), und selbst 24 t Tragfähigkeit, wie Decauville ainé für 60 cm Spurweite, erbaut.

Während die Güterwagen mit 5 bis 6 t Ladegewicht und 2,5 bis 3,5 t Eigengewicht vielfach mit zwei Achsen gebaut werden, ist es unerläßlich, die Güterwagen für 10 t Ladegewicht mittels Drehgestellen auf vier Achsen zu lagern (Abb. 121),

so daß sie trotz der notwendigen größeren Kastenlänge auch die Bögen mit kleinem Halbmesser anstandslos durchlaufen und trotz des größeren Gesamtgewichtes bei voller Wagenladung den Oberbau nicht mehr beanspruchen. Dreiachsige Wagen treten immer mehr außer Gebrauch. Zweiachsige Wagen erhalten häufig Lenkachsen.

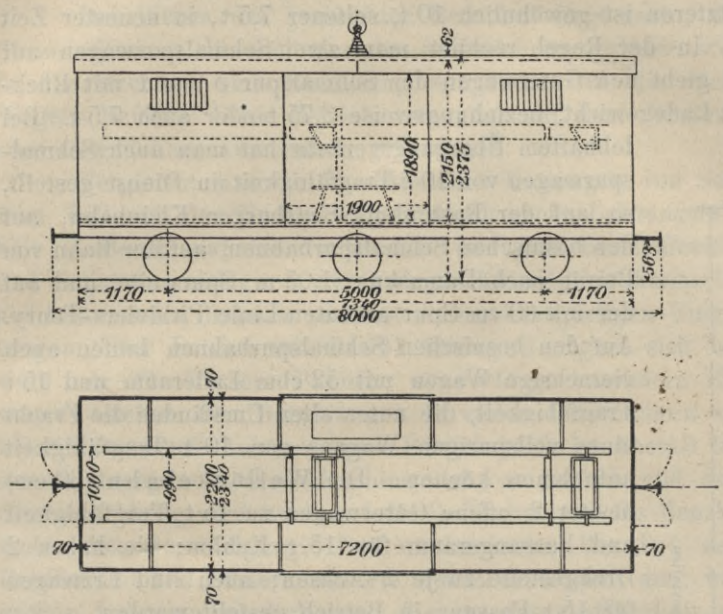


Abb. 123. Geschlossener Güterwagen für Luxuspferde. 16 t Ladegewicht. 6,7 t Eigengewicht.

Auf den Schmalspurbahnen verkehren, wie auf den Vollspurbahnen, bedeckte und offene Güterwagen und Wagen für besondere Zwecke (Spezialwagen), wie: Bierwagen, Borstenviehwagen, Fleischwagen, Holzkohlenwagen, Hornviehwagen, Pferdewagen, Gefäßwagen, Kohlenwagen, Kokswagen, Langholzwagen u.s.w. (Abb. 122 bis 125). Auf der Harzquer- und Brockenbahn (1,00 m Spurweite) wird Langholz bis zu 24 m und auf den bosnisch-herzegowinischen Staatsbahnen werden Gegenstände von 19 m Länge, 2,00 m Breite und einem Gewichte bis zu 30 t befördert. Die Umgrenzung des lichten Raumes ist allerdings kleiner als bei den Vollspurbahnen; es liegt aber auch die Plattform der Wagen niedriger als bei diesen (0,73 m gegen 1,22 m über Schienenoberkante), so daß der Unterschied in der lichten Höhe zwischen Schmal- und Vollspurwagen nicht bedeutend ist (0,66 m) und daher selbst Möbelwagen mit abgezogenen Rädern ohne Anstand verladen und befördert werden können. Die Spurweite innerhalb der gebräuchlichen Ausmaße (bis 0,60 m herab)

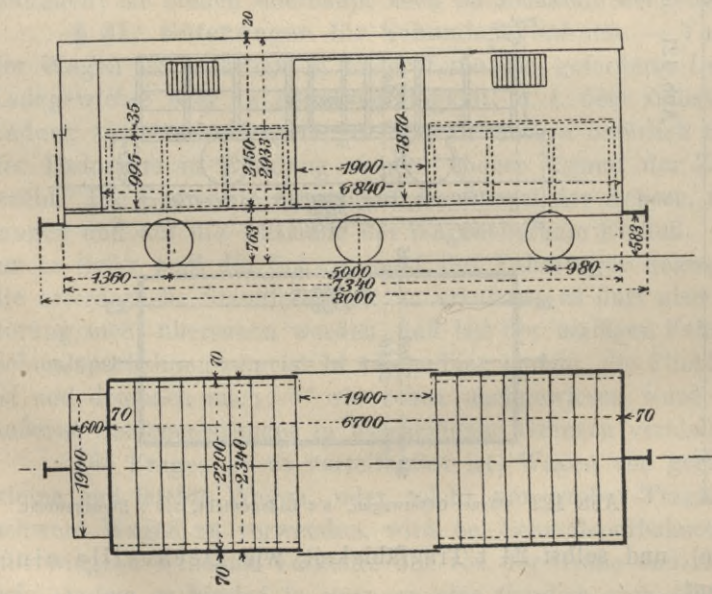


Abb. 124. Gedeckter Güterwagen für Obstbeförderung. 10 t Ladegewicht, 6,4 t Eigengewicht.

beschränkt durchaus nicht die Anpassung der Wagenbauart an die Verkehrserfordernisse; so verkehren auf der Linie Pithiviers-Toury Viehwagen von 9,8 m Länge auf Drehgestellen, die vier Pferde oder vier Ochsen aufnehmen können.

Für Bahnen, bei denen die Art der zu befördernden Güter häufig wechselt, jede Güterart aber durch längere Zeit den Verkehr beherrscht, bieten Wagen mit auswechselbarem Oberteil — sogen. Universalwagen — bedeutende Vorteile. Das ganze Untergestell bis zur Plattform ist für alle Wagenarten gemeinschaftlich; die Seitenwände sind abnehmbar und lassen sich durch niedere Bordwände oder durch einen Gitteraufsatz zur Viehbeförderung, oder auch durch einen Personenwagenkasten ersetzen. Die für abnehmbare Wagenkästen gebauten Untergestelle der sächsischen Schmalspurbahnen sind zweiachsig, mit 1,20 m Achsstand, 2,73 m Länge zwischen den Buffern und besitzen bei 980 kg Eigengewicht ein Ladegewicht von 5 t. Diese

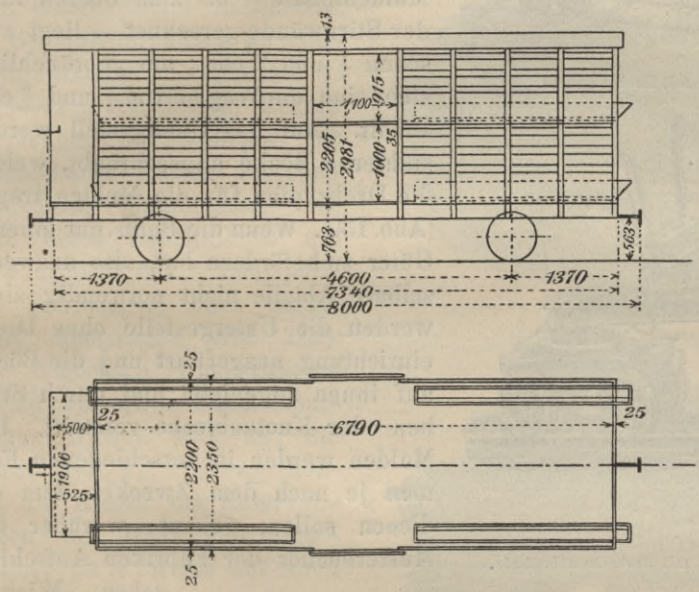


Abb. 125. Kleinviehwagen. 6 t Ladegewicht, 6 t Eigengewicht.

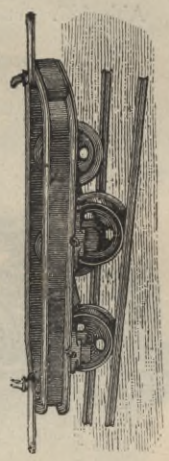


Abb. 126. Untergestell für Universalwagen.

Wagen mit auswechselbarem Oberteile sind namentlich auf Feld- und Industriebahnen sehr beliebt und schon lange eingebürgert, weil sie auf leichten Gleisen die Beförderung verhältnismäßig großer Lasten und eine vielseitige Verwendbarkeit zulassen. Die Unterteile (Abb. 126), von denen je zwei für einen Wagen erforderlich sind, werden als in sich abgeschlossene Rahmen aus Stahl von U-förmigem Querschnitt hergestellt, erhalten zwei Achsen von thunlich geringer Entfernung und ein zwischen den Trägern fest vernietetes Mittelstück mit Rollkranz, auf dem sich die verschiedenen Aufsätze — Oberteile — vermittels Rollen frei bewegen können, während sich die Untergestelle in jedem Gleisbogen entsprechend einstellen. Als Aufsätze kommen zumeist hölzerne Kästen zur Förderung von Rüben, Kartoffeln, Getreide, Torf, Scheitholz zur Verwendung, wobei die Seitenwände zum Abnehmen oder Umlegen (behufs Bildung einer großen Plattform) oder vollständigem Umklappen eingerichtet sind; auch Kästen, die ganz in Eisen hergestellt sind, finden Anwendung. Zur Fortschaffung von Langholz, Brettern u. s. w. werden die Untergestelle mit Drehschemeln versehen, die aus Stahl hergestellt und mit hölzernen oder versetzbaren

eisernen Rungen, Ketten und Einschlaghaken zur Festhaltung der Hölzer ausgestattet sind (Abb. 127). Für sehr schwere und sehr lange Gegenstände (Baumstämme, Röhren, Geschütze) werden vier Untergestelle, und zwar je zwei durch besondere, die Drehschemel tragende Aufsätze zu einem Untergestell vereinigt, in Verwendung genommen (Abb. 128).

Das besprochene Untergestell bildet auch den Grundbau für die stählernen Muldenkippwagen (Abb. 129), die für die Beförderung solcher Güter dienen, die durch Umkippen der Mulden nach der Seite rasch entladen werden sollen. Diese Wagen eignen sich zur Ausführung von Erdbauten und in landwirtschaftlichen Betrieben für feste und leicht verlegbare Schmalspurbahnen. Der Muldeninhalt — bis zum oberen Rand der Stirnwände gerechnet — liegt zwischen $\frac{1}{4}$ und 2 cbm; am gebräuchlichsten sind die Wagen von $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ cbm Inhalt. Auf das Untergestell werden stählerne Böcke angeschraubt, welche die Drehzapfen für die Mulden tragen (Abb. 130). Wenn die Bahn nur einerlei Güter zu befördern hat, also auswechselbare Abteile nicht notwendig sind, werden die Untergestelle ohne Dreheinrichtung ausgeführt und die Böcke auf ihnen angenietet und durch Streben oder Knotenbleche versteift. Die Mulden werden in verschiedenen Formen je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollen, gebaut, worüber die Musterbücher der Fabriken Aufschluß geben. Wichtig für die Verwendbarkeit von Muldenwagen ist thunlich geringe Ladehöhe, leichte Kippung, vollständige Entleerung. Die Art des Betriebes oder auch Raumverhältnisse bedingen oft die Anwendung von Wagen, die entweder ihren Inhalt nach vorn ausschütten — Vorderkipper — oder die Möglichkeit bieten, mit einem im Kreise drehbaren Kasten nach jeder beliebigen Richtung seitlich, vor- oder rückwärts zu entleeren — Rundkipper. An Stelle der Mulden können auch Holzkästen Verwendung finden (Abb. 131); sie eignen sich besonders für Erdbewegungen, aber auch für Rübenförderungen.

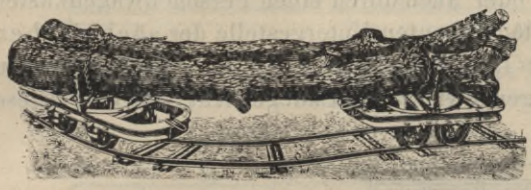


Abb. 127. Untergestell mit Drehschemeln.

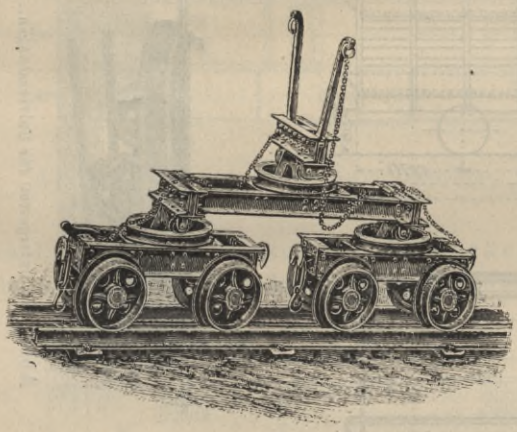


Abb. 128. Doppeluntergestell mit Drehschemelaufsatz.

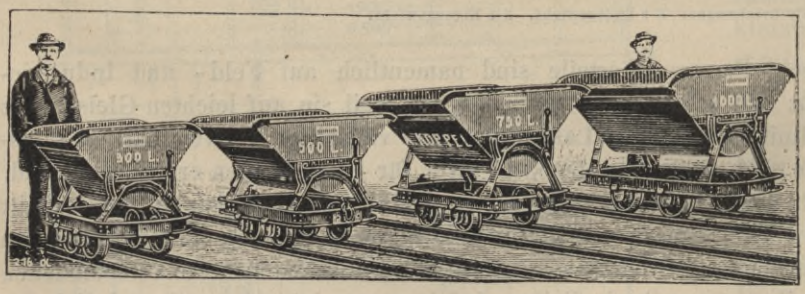


Abb. 129. Muldenkippwagen.

In gleicher Weise, wie das Untergestell, bildet auch der Plattformwagen die Grundlage für den Bau verschieden verwendbarer Wagen, namentlich bei Feld- und Industriebahnen. Je nach seiner Bestimmung — für Menschen-, Pferde- oder Lokomotivbetrieb, für Industrie- oder Kleinbahnen — wird die Plattform mehr oder weniger kräftig, mehr oder weniger schwer ausgeführt; mit und ohne Stirnwände, mit Stirnbügeln, hölzernen oder eisernen Kästen, auch mit Holzgitter oder Eisengitter, und zwar aus Holz oder Eisen, oder aus Holz und Eisen in zweckmäßiger Verbindung.

Diese Plattformwagen werden auch benutzt, um das Umladen von Gütern, die ihrer Beschaffenheit nach ein solches nicht vertragen (z. B. zerbrechliche Güter) beim Anschlusse von Schmalspurbahnen an vollspurige Bahnen zu vermeiden [79]. Es werden zu diesem Behufe die Wagen der Vollspur mit abnehmbaren Kästen versehen und diese Wagenkästen mit Hilfe eines Laufkrahnes auf die Plattform des schmalspurigen Fahrzeuges, oder umgekehrt, übertragen (Abb. 132). Die bedeckten Umsetzkästen der sächsischen Schmalspurbahnen wiegen 4000 kg, die offenen 3425 kg. Ebenso können die Kessel der Reservoirwagen mit Hilfe von Hebekrahnen zu je zweien auf einen vollspurigen Plattformwagen verladen werden.

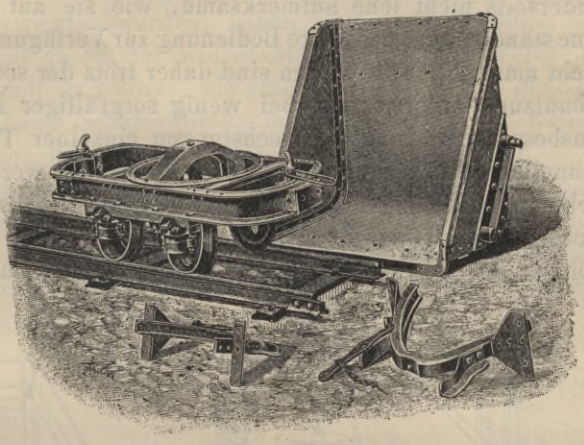


Abb. 130. Muldenkippwagen.

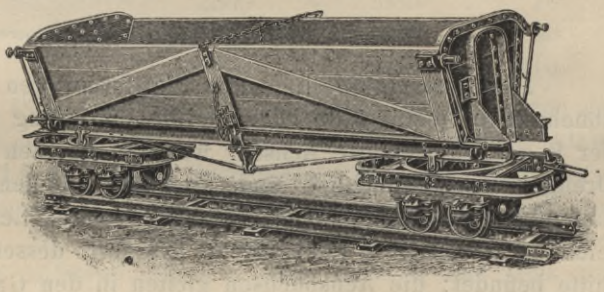


Abb. 131. Kastenwagen.

In dem Bau von Wagen für besondere Zwecke wurden in neuerer Zeit große Fortschritte gemacht, indem der Eigenart jedes zur Beförderung bestimmten Stoffes in entsprechender Weise, wie auch den Betriebsverhältnissen Rechnung getragen wird. Es sei in dieser Hinsicht nochmals auf die Musterbücher der betreffenden Fabriken verwiesen, in denen sich auch Abbildungen solcher Wagen für die Förderung voller und leerer Fässer, Beton, Brennstoff für Schachtöfen, Zuckerrohr, Speisen, Getränke, Zuckermasse, Malz, Stärke u. s. w. befinden [80].

---

[79]) Zezula, Über Kleinbahnwagen, Zeitschr. f. Kleinb. 1899, S. 536.

[80]) Besonders erwähnt seien die Musterbücher des Hoerder Bergwerks- und Hütten-Vereins, des

Was nun die Einzelteile der Güterwagen für Schmalspurbahnen anbelangt, so ist hier nicht im minderen Grade als bei Vollspurbahnen auf zweckmäßige Anordnung im Ganzen und auf gute und dauerhafte Ausführung bei thunlich geringem Gewicht und großer Einfachheit Bedacht zu nehmen. Die untergeordnete Bedeutung der Bahn, der geringe Verkehr, die kleine Fahrgeschwindigkeit dürfen nicht dazu verleiten, die Güterwagen für Schmalspurbahnen, namentlich für leicht verlegbare Bahnen, weniger sorgfältig zu bauen als für vollspurige Bahnen. Bei den Kleinbahnen ist gewöhnlich die Erhaltung des Oberbaues einerseits und die Behandlung der Fahrbetriebsmittel anderseits nicht jene aufmerksame, wie sie auf größeren Bahnen geübt wird, wo eine ständige, gut geschulte Bedienung zur Verfügung steht und es auch an Überwachung nicht mangelt. Die Wagen sind daher trotz der sonst günstigen Verhältnisse rascherer Abnutzung unterworfen; bei wenig sorgfältiger Ausführung werden daher häufiger Ausbesserungen und Auswechslungen einzelner Teile, die stärker beansprucht, also schnellerer Abnutzung unterliegen, notwendig werden, so daß entweder ein empfindlicher Wagenmangel eintritt oder bei der Beschaffung der Wagen auf einen hohen Ausbesserungsstand Rücksicht genommen werden muß, ganz abgesehen von der Erhöhung der Betriebskosten, die hierdurch veranlaßt wird.

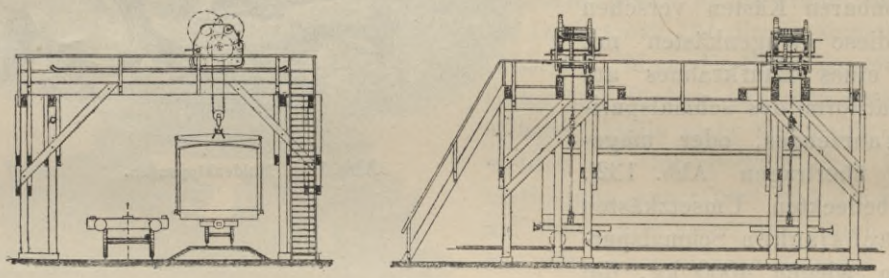


Abb. 132. Beförderung der Kästen von Vollspurwagen auf Plattformwagen.

Die Untergestelle und die Plattformwagen mit kurzem Radstande, die für abnehmbare Obergestelle oder für die Förderung von Langholz dienen, erhalten in der Regel festgelagerte Achsen, während bei den übrigen Wagen Lenkachsen oder Drehgestelle gebräuchlich sind. Bei den auf den sächsischen Schmalspurbahnen laufenden zweiachsigen Wagen mit gekuppelten Lenkachsen ist jede Achse in einem leichten unbelasteten Drehgestelle gelagert, dessen Drehachse sich über der Achsmitte befindet; die Achsbüchsen gleiten in den Gabeln des Drehgestelles und sind mit den Federbunden durch in sie eingreifende Zapfen vereinigt, so daß sie bei Einstellung der Achse in die Richtung des Halbmessers zu dieser in richtiger Stellung verbleiben, sich aber gegen die Federn verdrehen und sie in der Längsrichtung verschieben. Hierdurch wird die Rückstellung der Feder und damit der Achse in die Mittellage und die Festhaltung der Achse in dieser Lage bewirkt, sobald der Wagen in das gerade Gleis einläuft und sich in diesem weiterbewegt. Infolge der Verkuppelung der Drehgestelle durch Stangen und Gegenlenker, oder durch eine schräg querliegende Stange können sich beide Gestelle nur gleichzeitig

---

Bochumer Vereins für Bergbau- und Gußstahlfabrikation, von Georg von Cölln in Hannover, Arthur Koppel in Berlin, Friedländer & Josephson in Berlin, Roessemann u. Kühnemann in Budapest, Orenstein & Koppel in Berlin, J. Vögele in Mannheim.

um ihre Drehzapfen bewegen. Die Bremsklötze sind an den Drehgestellen aufgehängt; die Zugstange der Bremse ist in die Längsachse des Wagens gelegt.

Die Achsen werden aus Flußstahl hergestellt, seltener aus Schmiedeisen; der Stahl muß sehnig und darf nicht zu hart sein. Sie erhalten fast ausschließlich runden Querschnitt, nur bei leichteren Lasten und kurzen Förderwegen, also ausschließlich bei Feldbahnen, werden Achsen mit quadratischem Querschnitt und lose auf ihnen laufenden Rädern ohne Achslager verwendet. Übrigens werden bei Feldbahnen lose Räder auch auf runden Achsen angebracht. Die Räder können Scheiben- oder Speichenräder sein. Zu ihrer Herstellung eignet sich am besten Flußstahl. Die Hartgußräder, die früher angewendet wurden, haben sich nicht bewährt; sie sind wohl etwas billiger, aber nicht so haltbar wie Stahlräder, auch schwerer als diese und zwar in der Regel doppelt so schwer, als stählerne Räder von gleicher Tragfähigkeit; sobald die äußere harte Schale durchgefahren ist, setzt der weiche Kern der weiteren Abnutzung keinen besonderen Widerstand mehr entgegen.

Der Durchmesser des Laufkranzes ist von Spurweite, Belastung und Fahrgeschwindigkeit abhängig; er liegt in der Regel zwischen 300 und 750 mm; auf Feldbahnen finden auch noch kleinere Räder, bis herab zu 230 mm Durchmesser Anwendung. Nachstehende Übersicht giebt einige Anhaltspunkte für die Raddurchmesser bei mäßigen Fahrgeschwindigkeiten.

	Belastung für einen Radsatz, kg	Raddurchmesser, mm	Achsstärke, mm
Spurweite von 400 mm bis 900 mm:	300	250	38
	500	320	43
	1000—1500	360	48
	1500—2000	400	48
Spurweite von 1 m:	2000	500	60
	2500	585	70
	5000	600	90
	10000	640	110

Die Güterwagen der Linie Pithiviers-Toury (60 cm) haben 450 mm, jene der sächsischen Schmalspurbahnen (75 cm) 500 mm, der belgischen Vizinalbahnen (1,0 m) 600 mm, der Rhätischen Bahnen (1,0 m) 740 mm Durchmesser im Laufkreise u. s. w.

Die Wagenuntergestelle werden in neuerer Zeit bei Kleinbahnen fast ausschließlich aus Eisen hergestellt. Bei den Feldbahnen finden sich noch vielfach — wie schon erwähnt — ganz hölzerne Rahmen oder Rahmen aus Holz und Eisen. Hölzerne Rahmen sind billiger als eiserne, aber bei Entgleisungen vielfachen Beschädigungen ausgesetzt, können jedoch leicht ausgebessert werden, weil geeignete Handwerker und der erforderliche Baustoff gewöhnlich rasch zur Hand sind. Mit großem Vorteile werden die nach Angabe von Samson Fox in Leeds gepreßten Stahldrehschemel (Abb. 133) Verwendung finden. Die vollständige Gleichförmigkeit der hergestellten Bestandteile ermöglicht ein leichtes Auswechseln derselben; Untergestell und Drehschemel sind von größerer Dauer, die Zahl der Bestandteile ist gering, so daß die Zusammenstellung leicht bewirkt wird; besondere Achshalter sind nicht erforderlich, weil die oberen und unteren Stege der Brustträger große Breite erhalten; die Rechtwinkligkeit des Gestelles ist durch eine Einlage gesichert; die durch Unfälle aus ihrer Gestalt gebrachten Platten können leicht in ihre ursprüngliche Form zurückgeführt werden.

Zusammenstellung.
Güterwagen für Schmalspurbahnen.

Bahn	Spurweite m	Achsenzahl	Radstand m	Länge des Wagens m	Eigengewicht mit t	Eigengewicht ohne Bremse t	Tragfähigkeit t	Ladefläche qm	Laderaum cbm	Fassungsraum Mann	Fassungsraum Pferde	Anmerkungen
A. Gedeckte Güterwagen.												
Decauville-Bahnen	0,60	4	—	9,80	—	4,7	10,0	15,3	—	24	4	Mit Drehgestellen. 1,70 m breit
Bosnabahn	0,76	3	5,00	8,00	5,6	5,1	10,0	13,4	38,81	—	—	Wagen für Massengut (Lenkachsen)
	„	4	8,35*	11,7	8,6	—	15,0	22,9	42,62	—	—	*Achsstand der beiden Drehschemel
Kgl. sächs. Schmalspurb.	0,75	2	3,80	6,48	2,6	2,4	5,0	9,00	15,74	—	—	
Allgem. deutsche Kleinbahn-Gesellschaft	0,75	4	4,50	7,84	—	—	6,0	11,26	20,80	—	—	Drehgestell
Rastenburg - Sensburger Kleinbahn	0,75	4	6,50	9,68	—	—	10,0	14,88	27,64	—	—	„
Steiermärk. Schmalspurb.	0,76	2	3,70	—	—	3,0	6,0	9,80	20,00	—	—	
Visp-Zermatt	1,00	4	8,00	11,10	—	8,0	12,0	20,18	42,37	—	—	Drehgestell. Gemischte Bahn
Scalettabahn	1,00	2	3,15	7,15	—	4,7	10,0	13,50	30,78	—	—	Achsen einstellbar
Feldabahn	1,00	2	2,30	5,28	—	2,5	5,0	12,09	24,60	—	—	
Belgische Kleinbahnen	1,00	2	—	—	—	4,7	10,0	—	24,00	—	—	
Flensburg-Kappeln	1,00	2	2,30	9,24	—	3,31	5,0	—	18,48	—	—	
Hümlinger Kreisbahn	0,75	—	—	—	—	2,5	6,0	8,5	—	—	—	

Die bedeckten Güterwagen erhalten meistens eiserne Eckrungen, während der ganze übrige Teil des Oberkastens aus Holz hergestellt wird; bei den offenen Wagen finden nur Eisenrungen Anwendung. Die Verschalung ist einfach und aus Holz. Als Baustoff dient Eichen-, Kiefern- und Fichtenholz.

Den größten und wichtigsten Unterschied in der Bauart der Güter- und — in dieser Hinsicht — auch der Personenwagen bei Schmal- und Vollspur zeigt die Stoß- und Kuppelungseinrichtung. Die bei den Vollspurbahnen gebräuchliche Anordnung mit zwei Buffern und mittlerer Kuppelung verschwindet mehr und mehr von den Schmalspurbahnen, wo der federnde Mittelbuffer, der an den Enden der durchgehenden Zugstange sitzt und von dem auch die Kuppelung ausgeht, im Hinblick auf die hierdurch ermöglichte freie Bewegung in den Krümmungen und der Einfachheit der Kuppelungshandhabung zu ausgedehnter Anwendung gelangt ist. Die Einzelanordnung weist hierbei manche Verschiedenheiten auf; eine sehr zweckmäßige Ausführung zeigen die Wagen der sächsischen Schmalspurbahnen; der Antrieb erfolgt bei ihnen mittels einer in die Zugstange eingefügten Spiralfeder; zur Kuppelung dient ein festes Zugeisen, das in den, in der Länge verschiedenen Hälsen der Buffer

stellung.
Schmalspurbahnen.

Bahn	Spurweite m	Achsenzahl	Radstand m	Länge des Wagens m	Eigengewicht mit t	Eigengewicht ohne Bremse t	Tragfähigkeit t	Ladefläche qm	Höhe der Bordwände m	Anmerkungen
B. Offene Güterwagen.										
Decauville-Bahnen	0,60	4	—	6,60	—	3,17	10	11,98	0,69	
Bosnabahn	0,76	4	9,70*	11,66	7,4	—	15	22,00	0,90	*Achsentfernung der Drehgestelle, Eisenwände
Kgl. sächs. Schmalspurbahnen	0,75	2	3,80	6,48	2,525	2,30	5,0	9,3	0,75	Für Massengut
	„	2	2,70	4,78	2,03	1,85	5,0	6,6	1,05	Langholzwagen
Steiermärk. Schmalspurb.	0,76	2	3,70	—	—	—	6,0	10,5	1,00	Kohlenwagen
Visp-Zermatt	1,00	4	8,00	10,4	—	7,68	12,0	20,7	0,70	
Scalettabahn	1,00	2	3,15	7,15	—	4,00	10,0	—	—	
Flensburg-Kappeln	1,00	2	2,30	—	—	2,76	5,0	—	—	
Feldabahn	1.00	2	2,30	5,28	—	2,00	5,6	9,3	0,60	
Zell-Todtnau	1,00	4	5,00	9,8	—	—	—	18,9	1,20	
Ponte Tresa-Luino	0,85	4	5,00	9,7	—	4,5	10,0	14,6	1,00	

eingebolzt und bei Nichtbenutzung in den längeren Bufferhals so weit eingeschoben wird, daß ein Zusammenstoßen der Buffer zweier Wagen anstandslos erfolgen kann; selbstverständlich müssen die Fahrbetriebsmittel stets in bestimmter Richtung eingestellt werden, und zwar geschieht dies derart, daß der kurze Buffer bei der Bergfahrt voransteht. Bei den Fahrzeugen der belgischen Kleinbahnen ist die Schraubenkuppelung, welche die Zugstangen verbindet, unabhängig vom Mittelbuffer, der oberhalb der Zugstange liegt. Diese Anordnung ist sehr gebräuchlich. Die Fahrzeuge der rhätischen Eisenbahnen (Landquart-Davos)

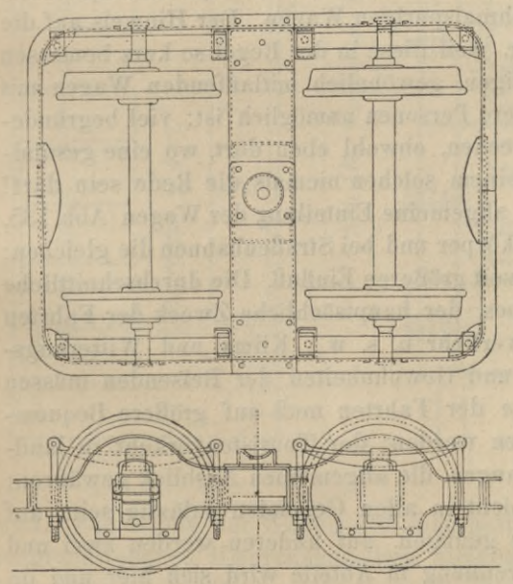


Abb. 133. Gepreßter Stahldrehschemel.

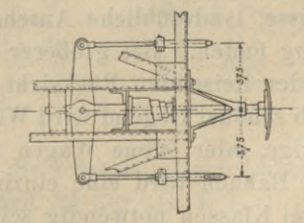


Abb. 134. Kuppelung der rhätischen Bahnen.

tragen einen Mittelbuffer und zu jeder Seite desselben einen Zughaken, beziehungsweise eine Schraubenkuppel, die an den Enden eines Ausgleichhebels befestigt sind, der auf eine an der Bufferstange sitzende, kräftige Feder wirkt (Abb. 134).

Die Wagen der Feldbahnen werden gewöhnlich ohne Buffer hergestellt, doch müssen dann die Wagenrahmen kräftig genug ausgeführt sein, um die auftretenden Stöße ohne Nachteil aufnehmen zu können. Für Wagen, die in Zügen nur selten gebremst werden, genügen zur Kuppelung Haken und Ringe an den Wagenenden, bei längeren Zügen ist die Kuppelung vom Mittelzapfen des Wagens zu empfehlen, da sie die freieste Bewegung in Krümmungen gestattet. Bei weit über die Wagenenden überstehender Ladung werden entsprechend lange eisenbeschlagene, hölzerne Stangen eingehängt.

§ 32. Personenwagen für Schmalspurbahnen. — Zu der Forderung großer Tragfähigkeit, beziehungsweise einer größtmöglichen Anzahl von Plätzen bei thunlich geringem Gewicht, tritt hier auch die Forderung einer der Länge der Reise angemessenen Bequemlichkeit und eines ruhigen Ganges der Fahrzeuge. In Bezug auf die Bequemlichkeit, die den Reisenden geboten wird, leisten die Wagenbauanstalten gegenwärtig schon sehr erhöhten Ansprüchen Genüge. Die früher oft gegehegte Besorgnis, daß längere Reisen auf schmalspurigen Bahnen zur Qual werden dürften, weil die Bequemlichkeit der Reisenden der Forderung nach Ausnutzung des Fassungsvermögens der Wagen geopfert werden muß, ist ganz und gar unberechtigt. Es fährt sich in Wagen neuerer schmalspuriger Bahnen, selbst solchen III. Klasse mitunter weit angenehmer als in Wagen vollspuriger Bahnen. Die Bequemlichkeit der Reisenden erfordert eine genügend große Grundfläche und einen genügend großen Luftraum für den einzelnen Fahrgast, gute Beheizung, Lüftung und gute Federung der Wagen. Diesen Anforderungen wird von den Fabriken schmalspuriger Eisenbahnwagen vollauf Rechnung getragen — und wo dies nicht geschieht, sind es eben ältere Wagen, die noch im Dienste stehen, oder es ist eine nicht berechtigte Sparsucht die Schuld an dem Übelstande. Ein Übelstand, der auf längeren Schmalspurbahnen, wo Fahrten bis zu drei Stunden und darüber vorkommen, sehr empfindlich werden kann, ist Mangel von Aborten in schmalspurigen Wagen. Der Hinweis auf die zahlreichen Aufenthalte ist nicht stichhaltig, weil diese in der Regel so kurz bemessen werden, daß das Übersteigen in den einzigen, gewöhnlich mitlaufenden Wagen mit Abort, wenigstens für kränkliche oder ältere Personen unmöglich ist; viel begründeter wäre es noch, von Raummangel zu sprechen, obwohl eben dort, wo eine gesundheitliche Anordnung notwendig wird, von einem solchen niemals die Rede sein darf!

Die Grundsätze für den Bau und die allgemeine Einteilung der Wagen (Abb. 135, 136) sind bei Bahnen auf eigenem Unterbaukörper und bei Straßenbahnen die gleichen; hierauf nehmen örtliche Verhältnisse einen weit größeren Einfluß. Die durchschnittliche Weglänge der Fahrten, die Art des Betriebes, der hauptsächliche Zweck der Fahrten (Geschäftsverkehr, Touristenverkehr, Ortsverkehr u. s. w.), Klima und Witterungsverhältnisse, landesübliche Anschauungen und Gewohnheiten der Reisenden müssen Beachtung finden. Bei größerer Weglänge der Fahrten muß auf größere Bequemlichkeit der Reisenden Rücksicht genommen werden; der Touristenverkehr in landschaftlich schöner Gegend wird Wagen verlangen, die allgemeinen Ausblick gewähren; sehr luftige, oder offene Wagen werden nicht in allen Gegenden zulässig sein; auf manchen Bahnen wird eine einzige Klasse genügen, auf anderen werden zwei und selbst drei Klassen notwendig sein; die Trennung in Abteile wird sich hier und da unerläßlich, anderwärts, wie häufig bei städtischen Straßenbahnen, überflüssig und selbst undurchführbar zeigen.

In der Regel erhalten die Personenwagen schmalspuriger Bahnen — auch bei Trennung in Abteile — einen Mittelgang und sind die Sitze als Längs- und

Quersitze angeordnet; in wenigen Fällen hat man Längs- und Quersitze zusammen angebracht, was den Abteilen ein geräumiges und behagliches Aussehen verleiht (Abb. 135). Die Endbühnen (Plattformen) sind gewöhnlich für den Aufenthalt der Fahrgäste eingerichtet, indem sie entsprechend hohe Umfassungen und sicher schließende Seitenthüren erhalten; Sitzplätze finden sich selten — meist nur bei Straßenbahnen in Städten — auf den Endbühnen. Die Aktiengesellschaft Görlitz hat vierachsige Personenwagen mit Abort und Waschraum gebaut, die für längere Strecken bestimmt

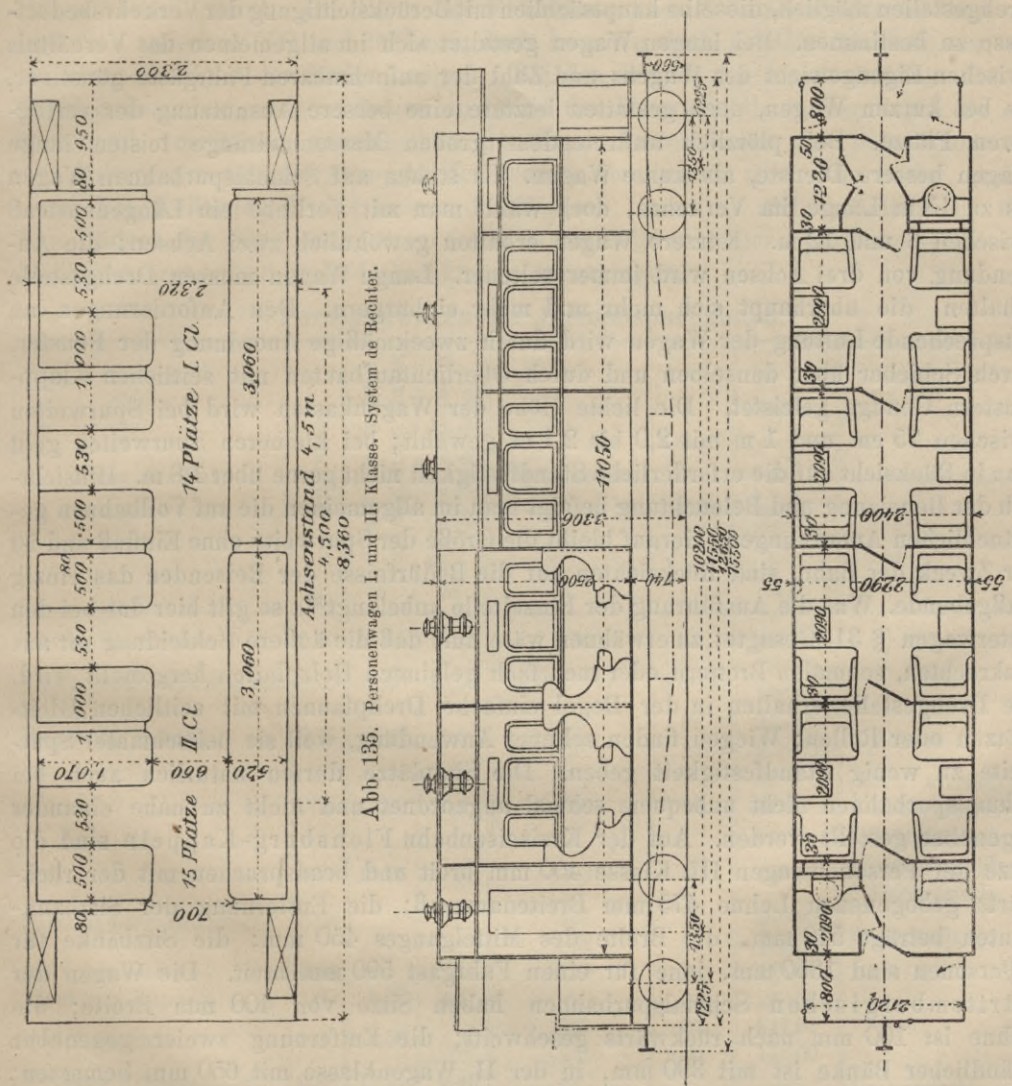


Abb. 135. Personenwagen I. und II. Klasse. System de Rechter.

Abb. 136. Personenwagen I. Klasse mit Schlafeinrichtung der bosnischen Bahnen. 13,0 t Eigengewicht.

sind. Die Breite der Wagen soll innerhalb der für die schmalspurigen Lokomotiven vorgeschriebenen Umgrenzungslinie bleiben (§§ 83 und 52 der „G. f. L.“). Bei der Spurweite von 1,000 m giebt man den Wagen gewöhnlich 2,4 m und 2,5 m Breite; auch bei 75 cm Spurweite ist die Breite von 2,4 m nicht selten (Personenwagen der Salzkammergut-Lokalbahn, der Bauanstalt Görlitz u. s. w.). Die Personenwagen der württembergischen Schmalspurbahnen (75 cm) sind sogar 2,6 m breit; bei kleineren Spurweiten wird das Ausmaß allerdings vermindert; so bei 60 cm auf 1,6 bis 1,8 m.

Die verhältnismäßig große Breite der Wagen macht in Rücksicht auf die Lichtraumumgrenzung zumeist besondere Vorsichtsmaßregeln zur Sicherung der Reisenden notwendig, z. B. Schutzstangen, die das Hinausbeugen des Oberkörpers aus dem Fenster unmöglich machen; vielfach können auch die Fenster nur zur kleineren Hälfte herabgelassen werden. Unter allen Umständen sind die Reisenden durch Aufschriften über den Fenstern auf die Gefährlichkeit des Hinausbeugens aufmerksam zu machen. Was die Wagenlänge betrifft, so macht es die Anwendung von Drehgestellen möglich, dieselbe hauptsächlich mit Berücksichtigung der Verkehrsbedürfnisse zu bestimmen. Bei langen Wagen gestaltet sich im allgemeinen das Verhältnis zwischen Eigengewicht des Wagens und Zahl der aufnehmbaren Fahrgäste günstiger, als bei kurzen Wagen, doch gestatten letztere eine bessere Ausnutzung der verfügbaren Plätze. Bei plötzlich auftretendem großen Massenandrange leisten lange Wagen bessere Dienste, als kurze Wagen. Es stehen auf Schmalspurbahnen Wagen bis zu 15 m Länge im Verkehre, doch wählt man mit Vorliebe ein Längenausmaß zwischen 8 und 12 m. Kürzere Wagen erhalten gewöhnlich zwei Achsen; die Anwendung von drei Achsen wird immer seltener. Lange Wagen müssen Drehgestelle erhalten, die überhaupt sich mehr und mehr einbürgern. Den Anforderungen an entsprechende Lüftung der Wagen wird durch zweckmäßige Anordnung der Fenster, durch Schieber über denselben und durch Oberlichtaufbauten mit seitlichen Klappfenstern Genüge geleistet. Die lichte Höhe der Wagenkasten wird bei Spurweiten zwischen 75 cm und 1 m mit 2,0 bis 2,1 m gewählt; bei kleineren Spurweiten geht man in Rücksicht auf die erforderliche Standfestigkeit nicht gerne über 1,8 m. Hinsichtlich der Beheizung und Beleuchtung befolgt man im allgemeinen die auf Vollbahnen gebräuchlichen Anordnungen; hierauf bleibt die Größe der Spurweite ohne Einfluß und ist der Zweck der Bahn, sind Rücksichten auf die Bedürfnisse der Reisenden das einzig Maßgebende. Was die Ausführung der Einzelteile anbelangt[81]), so gilt hier das bei den Güterwagen (§ 31) Gesagte; zu erwähnen wäre nur, daß die äußere Bekleidung oft aus senkrechten, schmalen Brettern oder mehrfach geleimten Holzplatten hergestellt wird. Die Drehgestelle erhalten in der Regel einfache Drehpfannen mit seitlichen Gleitklötzen oder Rollen; Wiegen finden seltener Anwendung, weil sie bei schmaler Spurweite zu wenig Standfestigkeit geben. Die Sitzplätze dürfen natürlich auch bei Schmalspurbahnen nicht unbequem schmal angeordnet und nicht zu nahe einander gegenüber gestellt werden. Auf der Kreiseisenbahn Flensburg-Kappeln sind die Sitze der Personenwagen III. Klasse 400 mm breit und beanspruchen mit der rückwärts gebogenenen Lehne 475 mm Breitenausmaß; die Entfernung der Sitzbankkanten beträgt 540 mm, die Breite des Mittelganges 450 mm; die Sitzbänke für 2 Personen sind 1350 mm, jene für einen Fahrgast 590 mm breit. Die Wagen der württembergischen Schmalspurbahnen haben Sitze von 400 mm Breite; die Lehne ist 100 mm nach rückwärts geschweift; die Entfernung zweier gegenüber befindlicher Bänke ist mit 390 mm, in der II. Wagenklasse mit 650 mm bemessen; der Mittelgang ist an den engsten Stellen 500 mm breit. Auf den bosnischen Schmalspurbahnen haben die Abteile für zwei gegenüberliegende Sitzreihen eine innere Breite von 1670 mm in der dritten, 1820 mm in der zweiten und 2090 mm in der ersten Klasse (Abb. 136). Man rechnet im allgemeinen für einen Sitzplatz wenigstens 0,4, besser 0,5 m Breite. Die Sitze werden als Latten- bezw. Leistensitze, oder als Fournier-

[81]) Jene, die sich über den Bau der Fahrzeuge für Schmalspurbahnen näher unterrichten wollen, sind auf „Das Eisenbahn-Maschinenwesen der Gegenwart“ I. 2, Wiesbaden, C. W. Kreidel, verwiesen.

sitze gestaltet und erhalten je nach der Wagenklasse verschiedene Ausstattung mit Überzügen, Polstern u. dgl.

Schubthüren sind für die Reisenden namentlich dort, wo die Mittelgänge sehr häufig von Reisenden wegen Sitzplatzmangel besetzt werden, bequemer als Drehthüren, werden aber mit Ausnahme bei den Straßenbahnwagen, wo die Raumverhältnisse unbedingt dazu zwingen, nur im Innern angebracht. Die Außenthüren sind sonst überall Drehthüren, deren Bauart mit der bei Vollspurbahnen gebräuchlichen übereinstimmt. Die Höhe des Fußbodens über Schienenoberkante liegt gewöhnlich zwischen 700 und 800 mm, doch kommen auch größere Ausmaße vor, wie sie eben die Höhe der Räder bedingt. Bei den Wagen der Straßenbahnen, die mit Pferden betrieben werden, dienen an Stelle der Untergestelle in der Regel die entsprechend verstärkten Seitenbalken des Wagenkastenbodens zur Befestigung der Achshalter, so daß das Gewicht der Wagen vermindert wird; die Räder greifen durch den Fußboden in das Innere des Wagens; wenn es nicht möglich ist, über den Rädern die Sitze anzuordnen — z. B. bei sehr schmaler Spurweite — so sind blecherne, gut befestigte Radschutzkästen anzubringen.

Personenwagen für Schmalspurbahnen.

Name der Bahn	Spurweite m	Länge des Wagens von Buffer zu Buffer m	Radstand (Entfernung der Endachsen) m	Eigengewicht t	Anzahl der Plätze	Eigengewicht für einen Platz kg	Anmerkungen
Decauville-Bahnen	0,60	11,75	10,15	5,70	46	123,91	
Sächs. Schmalspurbahnen	0,75	12,26	10,00	4,75—6,475	26—36	182,69 / 196,21	
Bosnische Bahnen	0,76	8,00	5,00	6,9 / 6,6	22 / 24	313,60 / 275,00	3 Achsen
„ „	0,76	13,30	10,2	13,0	16	812,5	Zwei vierräderige Drehgestelle. Mit Schlafeinrichtung
„ „	0,76	10,75	7,65	9,3	48	193,75	Zwei vierräderige Drehgestelle
Salzkammergutlokalbahn	0,76	—	—	4,2 / 4,32	21 / 32	200,00 / 135,00	2,4 m breit
Mori-Arco-Riva	0,76	—	—	4,15	24	172,91	
Flensburg-Kappeln	1,00	8,20	4,4	5,3	24	220,83	
Scalettabahn	1,00	9,50	4,30	7,3 / 7,0	21 / 40	347,61 / 175,00	
Doberan-Heiligendamm	0,90	11,21	6,40	—	—	—	Drehgestell
Zell-Todtnau	1,00	10,77	8,00	—	48	—	
Frauenfeld-Wyl	1,00	10,8	5,20	6,18	36	170,56	Mit Neuhauser's Achsbuchsen
Ponte Tresa-Luino	0,85	—	6,00	5,8	40	145,00	Mit Neuhauser's Achsbuchsen
Feldabahn	1,00	8,35	3,90	5,0	32	156,25	
Visp-Zermatt	1,00	12,9	8,00	7,0 / 6,0	48 / 56	145,13 / 107,14	Drehgestell
Württemb. Staatsbahnen	0,75	10,92	7,18	—	—	—	

§ 33. Aufsergewöhnliche Fahrzeuge. Rollböcke, Einschubwagen; Wagen für einschienige Feldbahnen. — Bei manchen Gütern, oder auch unter gewissen Verkehrsverhältnissen ist die Umladung aus Vollspurwagen in Schmalspurwagen oder umgekehrt mit Schwierigkeiten, mit Zeitverlust, mit Gefahr für das Gut selbst verbunden, so daß es vorteilhaft erscheinen kann, von der Umladung vollständig abzusehen und den Vollspurwagen selbst auf der Schmalspurbahn zu befördern. Zu diesem Zwecke wird der Vollspurwagen auf eigens gebauten schmalspurigen Fahrzeugen — Rollböcken — entsprechend befestigt. Solche Rollböcke stehen auf mehreren Schmalspurbahnen, u. a. auf den sächsischen, württembergischen, bayerischen, steiermärkischen, bosnischen Bahnen u. s. w. in Verwendung. Sie bestehen der Hauptsache nach aus einem Gestell, in dessen Mitte ein Drehschemel liegt. Bei der Bauart Langbein (Abb. 137—140) sind in beiden Enden des Drehschemels Stahlstücke zur Aufnahme der Spurkränze der Vollbahnwagenräder angebracht. Die Achse des Wagens wird hierbei entweder durch Gabeln festgehalten, wobei durch keilförmige Einsatzstücke der Raum zwischen Achse und Gabel ausgefüllt wird, oder es kommen — wie bei den bayerischen Schmalspurbahnen — umlegbare Mitnehmer, die mittels Verschluß- und Keilbügels die Achse umfassen und durch eine

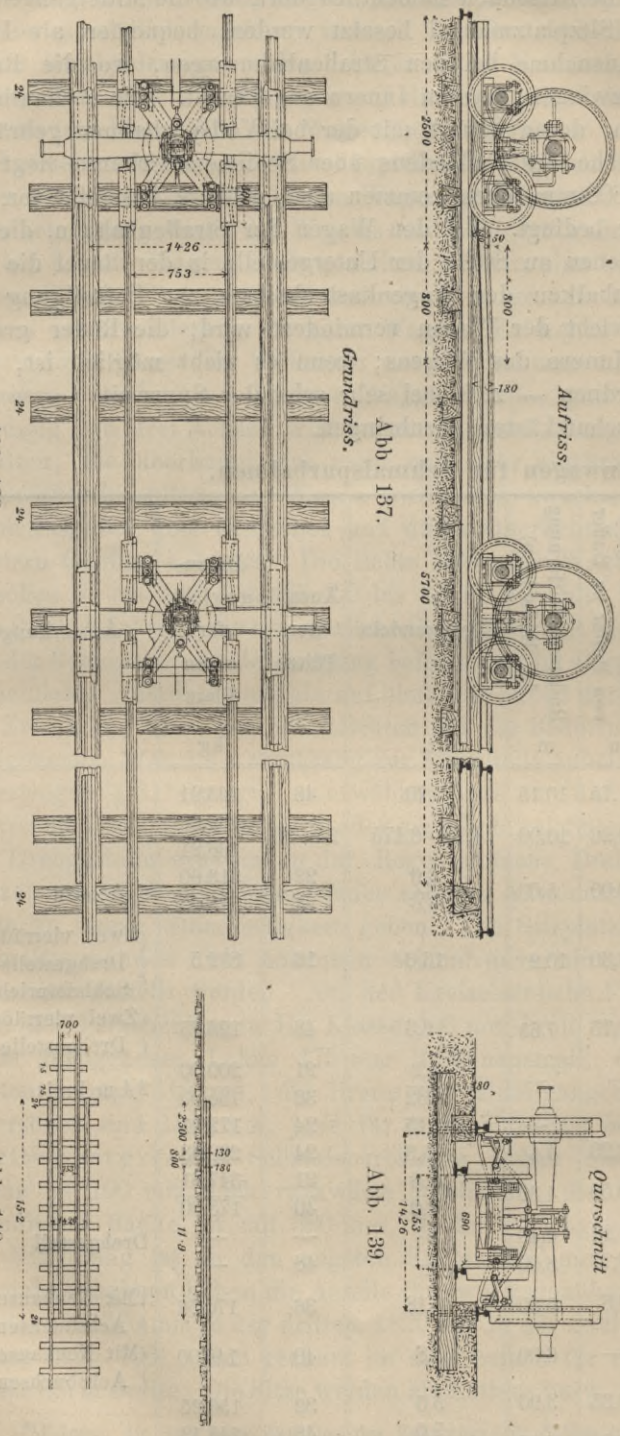


Abb. 137—140. Rollschemel, Bauart Langbein. Bosnische Bahnen.

Zugschraube fest angezogen werden, in Anwendung. Bei der Bauart van der Zypen & Charlier werden nicht die Radreifen, sondern die Achsen der Vollbahnwagen durch Gabeln unterstützt. In der Ausführung der Einzelteile zeigen die auf den verschiedenen Bahnen in Verwendung stehenden Rollböcke auch mehr oder minder wesentliche Verschiedenheiten, bezüglich deren auf die betreffende Abhandlung in der Röll'schen „Encyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens" S. 2802 ff. hingewiesen sei, da deren nähere Beschreibung in das Gebiet des Wagenbaues fällt.

Für die Verladung der Vollspurwagen auf die Schmalspurwagen sind besondere Gleisanlagen notwendig. Das Vollspurgleis, auf welchem der Wagen dem Rollbock zugeführt wird, reicht auf mindestens 12 m Länge über das Schmalspurgleis hinaus, auf dem die Verladung zu erfolgen hat. Das Schmalspurgleis liegt in einer Vertiefung vollkommen wagrecht. Das Vollspurgleis neigt sich zuerst allmählich und dann mit einem stärkeren Knick soweit nach abwärts, daß die Spurkränze der Räder des Vollspurwagens auf den Querträger der Rollböcke stoßlos auflaufen können, zu welchem Behufe die Rollböcke derart unter die Wagen geschoben werden, daß die Drehschemel genau unter den Achsen stehen. Die Mitnehmer werden sodann an die Achsen angelegt und hierauf wird der Vollspurwagen in der Richtung des Gefälles des Gleises weitergeschoben; beim Knick des letzteren erfolgt das Aufsitzen der Räder auf den Enden des Querträgers, auf welchen sie nun entsprechend befestigt werden. Es kann übrigens auch das Vollspurgleis wagrecht angelegt und das Schmalspurgleis mit Gefäll in die Gleisgrube geführt werden. Der

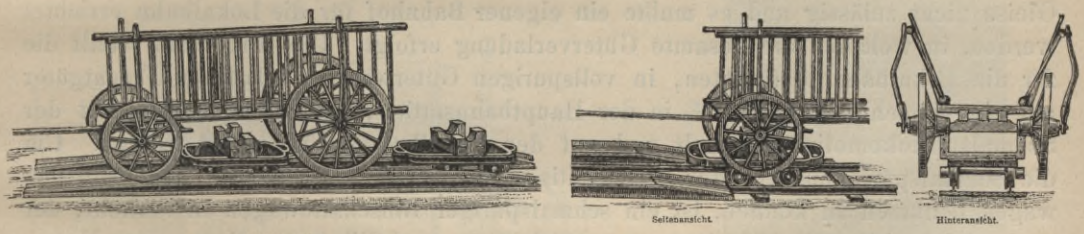


Abb. 141. Rollböcke zur Beförderung von Ackerwagen auf Feldbahnen.

Radstand der Rollböcke beträgt bei den sächsischen Schmalspurbahnen 800 mm, bei den bayerischen Bahnen 900 mm, den württembergischen Bahnen 1200 mm, Raddurchmesser 470 bis 500 mm, Leergewicht 1300 bis 1400 kg, Tragfähigkeit 10000 bis 15000 kg. Die Kuppelung der Rollböcke mit anderen Betriebsmitteln und unter sich geschieht durch Stangen, die Bremsung vielfach und vorteilhaft mit Hilfe der Heberlein-Bremse. Die betriebssichere Beförderung von vollspurigen Wagen auf Rollböcken verlangt vor allem eine gleichmäßige Verteilung der Last in ersterem und deren Versicherung gegen Verschiebungen. Je kleiner die Spurweite ist und je größer die Überhöhungen in den Bögen sind, desto bedenklicher wird die Rollbockbeförderung, namentlich bei heftigem Winde. Es ist daher auch die Beförderung von Vollspurwagen mit Rollböcken bei größeren Stürmen gefährlich Ebenso empfiehlt es sich aus Gründen der Betriebssicherheit, in einem Zuge nur eine beschränkte Anzahl von Rollböcken — in der Regel höchstens zwei — mitzuführen und diese durch Schmalspurwagen zu trennen[82]). Bei Beobachtung dieser,

[82]) Auf den österr. Schmalspurbahnen darf in jedem Zuge nur ein Wagen auf Rollschemeln befördert werden.

den Verkehr mehr oder weniger erschwerenden Vorsichtsmaßregeln hat sich die Anwendung der Rollböcke bisher gut bewährt.

Für Feldbahnen, auf denen gewöhnliche Straßenfuhrwerke befördert werden sollen, werden von den bezüglichen Fabriken ebenfalls Rollböcke geliefert, die wesentlich einfacher gebaut sind, als die eben beschriebenen. Sie bestehen aus einfachen Plattformwagen mit Gabelaufsatz (Abb. 141), in deren entsprechende Höhlung die Wagenachsen gelagert werden. Zu diesem Zwecke ist eine leicht übertragbare Laderampe erforderlich, die aus zwei mit stählernen Führungsleisten ausgerüsteten Balken besteht, die an den Enden schiefe Ebenen bilden und an beiden Seiten außerhalb des Gleises angeordnet werden. Der Straßenwagen wird rücklings auf die Rampe geschoben. Die höherliegende Hinterachse des Wagens geht über den ersten Rollbock und legt sich — auf der schiefen Ebene sich etwas senkend — auf die Gabeln des zweiten Bockes. Bei der weiteren Bewegung des Wagens läuft der zweite Rollbock mit der Hinterachse des Wagens auf dem Gleis, bis die Vorderachse in die Gabel des ersten Rollbockes eingefallen ist. Das Abladen geschieht durch die Vorwärtsbewegung des Straßenwagens über die Rampe; sobald die Räder auf den schiefen Ebenen auflaufen, lösen sich die Rollböcke und bleiben stehen.

Eine Wagenanordnung ganz eigener Art steht auf der schmalspurigen steiermärkischen Landesbahn Kapfenberg-Au-Seewiesen in Verwendung. In der Anschlußstation Kapfenberg war die Anlage einer größeren Anzahl schmalspuriger Gleise nicht zulässig und es mußte ein eigener Bahnhof für die Lokalbahn errichtet werden, in welchem die gesamte Güterverladung erfolgt. Die Hauptbahn stellt die für die Lokalbahn bestimmten, in vollspurigen Güterwagen verladenen Frachtgüter auf ein vierschieniges Gleis[83]) in der Hauptbahnstation, von wo dieselben mit der Schmalspurlokomotive abgeholt und auf den Lokalbahnhof überführt werden. Um die Schmalspurlokomotive zur gleichzeitigen Förderung von Schmal- und Vollspurwagen benutzen zu können, ist ein schmalspuriger Einschaltewagen in Verkehr, der auch gleichzeitig zur Aufnahme von Stückgütern und Eilgütern dient. Das Untergestell dieses Wagens ist ebenso hoch wie jenes der Vollspurwagen und trägt vier Buffer, wovon zwei jenen der Vollspur-, zwei Buffer jenen der Schmalspurwagen entsprechen. Der Wagen kann also zwischen Schmal- und Vollspurwagen eingeschaltet werden. Die Bauart hat sich bisher bestens bewährt.

Schließlich seien noch die von Lehmann für seine einschienigen Feldbahnen[84]) erbauten Wagen erwähnt. Das Traggestell ist bei ihnen in der Weise durchgeführt, daß es — obgleich nur in seiner Längsachse unterstützt — doch die Last von der Mitte aus gleichmäßig und sicher nach den Seiten hin stützt. Es ist nämlich nicht gerade durchlaufend von einem Rad zum andern angeordnet, sondern nach beiden Seiten hin ausgebogen. Durch diese Gestaltung wird für die Plattform des Wagens an den hauptsächlich beanspruchten Seitenteilen bei geneigter Stellung und beim Entladen eine tragfähige Unterstützung geschaffen und auch die Möglichkeit geboten, beiderseits Stützen anzubringen, die um die Schienenhöhe über das Gelände ragen und bei geneigter Stellung des Wagens auf dem Erdboden aufruhen, ihm also für

---

[83]) S. Seite 82.
[84]) S. Seite 81.

alle Fälle genügende Standfestigkeit verleihen[85]). Diese Stützen wirken auch bremsartig und verhindern das Abrollen der Wagen auf geneigter Bahn. Die Fahrzeuge besitzen an den Stirnseiten in ihrer Längsachse je ein gelenkiges Laufrad, das je nach der Form der Schiene an der Lauffläche mit einer Nut oder einem Wulst zur Verhütung von Entgleisungen versehen ist. Die Radachsen laufen in nachstellbaren Kugellagern, deren Bügel lotrecht angeordnet und um lotrechte, mit Kugelführung ausgestattete Zapfen drehbar sind, so daß sich die Räder auch um eine Lotachse drehen können. Zur Herstellung des Gleichgewichtes und Führung des Wagens bei

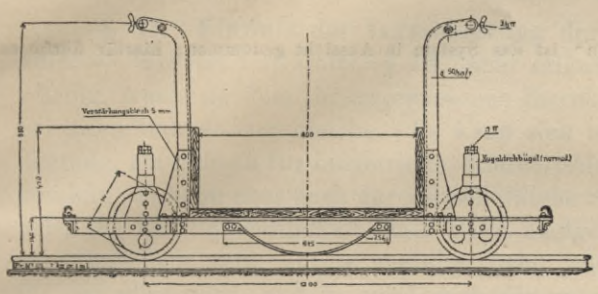


Abb. 142.

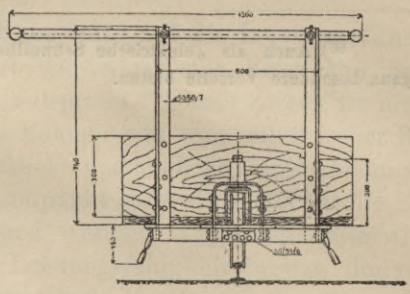


Abb. 144.

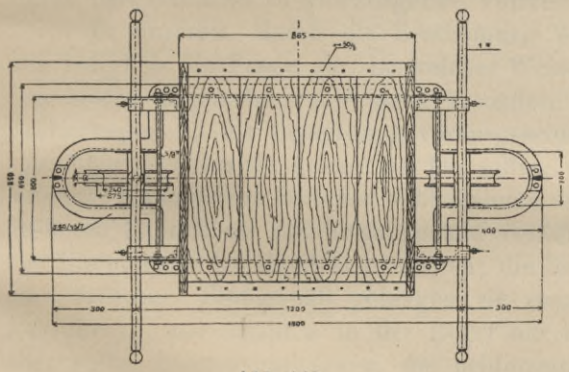


Abb. 143.

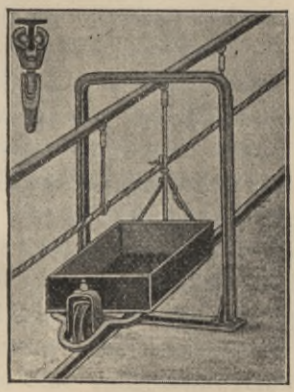


Abb. 145.

Abb. 142—145. Einschienenbahn von Lehmann.

der Fahrt dienen herausziehbare Hebelarme, die aus eisernen Röhren gebildet und beiläufig 75 cm über Schienenhöhe angebracht sind. Der schiebende Arbeiter kann also bequem angreifen und die Seitenschwankungen leicht aufheben. Für Zugtiere ist ein Rahmengestell angeordnet. Die Wagen können als Plattform-, Muldenwagen, Seitenkipper u. s. w. gebaut werden. Sie erhalten bei Menschenbeförderung eine Tragfähigkeit bis zu 650 kg und Mulden von 0,15 cbm bis 0,35 cbm Inhalt. Die Wagen für Pferdebespannung können Lasten bis zu 2500 kg oder auch 8 bis 12 Personen aufnehmen.

---

85) Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst 1901, S. 178 ff.

A. Lehmann hat seine Einschienenbahn auch für den elektrischen Betrieb und für verhältnismäßig hohe Fahrgeschwindigkeiten eingerichtet[86]). In diesem Falle befindet sich lotrecht über der Laufschiene eine Führungsschiene, die gleichzeitig als Stromleiter Verwendung findet. Die Wagen stützen sich mit Hilfe von Gleitgabeln, die in Kugellagern laufen, gegen diese Schiene. Geringe Breite des Unterbaues, der Kunstbauten und der Grundflächen, sowie Anwendbarkeit überaus scharfer Bögen und Zulässigkeit großer Fahrgeschwindigkeit sind Vorzüge dieser Bahnanordnung, die sich für Kleinbahnen unter Umständen ganz besonders eignen dürfte. Die Frage der Schnellbahnen kommt hier nicht in Betracht.

---

[86]) Auch als „elektrische Schnellbahn" ist das System in Aussicht genommen; hierfür dürfte es ganz besondere Vorteile bieten.

Siebenter Abschnitt.

Bauwürdigkeit schmalspuriger Bahnen.

§ 34. Einflufs der Verminderung der Spurweite auf die Leistungsfähigkeit. — Wie im I. Kapitel, § 18 näher erläutert wurde, ist eine Eisenbahn bauwürdig, wenn sie dem ihr zugewiesenen Zwecke entspricht. Dieser Zweck ist nicht bei allen Bahnen der gleiche. Es kann sich um Bahnen von rein militärischer Bedeutung, um Bahnen für industrielle, landwirtschaftliche und bauliche Unternehmungen handeln, es kann aber auch der wirtschaftliche Standpunkt ganz allgemein für die Beurteilung der Bauwürdigkeit einer Bahn maßgebend werden. In jedem Falle wird zu untersuchen sein, ob die geplante Bahn jene Leistungsfähigkeit besitzt, die von ihr gefordert wird, und es wird auch die zu erwartende Verzinsung des Bau- und Betriebskapitals durch den Betriebsüberschuß erhoben werden müssen. Es bleibt dann weiteren, vielfach außer der Aufgabe des Ingenieurs gelegenen Erwägungen vorbehalten, auf Grund der ermittelten Verzinsung und im Hinblick auf sonstige, durch den Bahnbau zu gewärtigende Vorteile über die Bahn zu entscheiden.

In unserem, durch die Bestimmung der Abhandlung gegebenen Falle liegt nun lediglich die Frage vor, in welcher Weise die Verminderung der Spurweite für eine solche allgemeine, oder auch besondere Entscheidung von Einfluß wird. Den Erörterungen sei die Bemerkung vorausgeschickt, daß ihnen hauptsächlich Schmalspurbahnen zu Grunde gelegt werden sollen, wie sie in Europa zur Ausführung gelangen: Kleinbahnen, seltener Nebenbahnen von geringer Länge mit der Bestimmung, größeren Bahnen als Zufahrtswege und verkehrsarmen Gegenden als Bindeglied mit den Hauptadern des Handels zu dienen; die Bedeutung dieser Bahnen ist vorwiegend eine örtliche. Sinngemäß gelangen sie sonach als Zweig- und Sackbahnen zur Ausführung und knüpfen in der Regel nur einseitig an eine vollspurige Bahn an; aber selbst Schmalspurbahnen, die beiderseitig Anschlüsse an vollspurige Bahnen besitzen, sind in der Regel nur zum kleineren Teile als Durchgangsbahnen zu betrachten; gewöhnlich bewegt sich der Verkehr von beiden Anschlußpunkten gegen die Mitte und von der Mitte der Bahn gegen die Auschlußpunkte zu; es sind Sackbahnen mit einem gemeinsamen Endpunkte. Große schmalspurige Bahnnetze bestehen in Europa nur in Skandinavien, in Bosnien und in der Herzegowina. Die letzteren Bahnnetze hatten und haben zum Teile auch jetzt noch eine Aufgabe zu erfüllen, wie sie in ähnlichem, wenn nicht mitunter ganz gleichem Sinne den großen schmalspurigen Bahnanlagen in überseeischen Ländern zukommt: sie hatten — oder haben zum Teile noch immer — das von ihnen durchzogene, aller Verkehrswege entbehrende Land für den Verkehr zu erschließen und für den Handel zu gewinnen. Für die Bauwürdigkeit solcher Bahnen bestehen wesentlich andere Vorbedingungen.

Bei der Erörterung der Frage, ob der für eine entworfene Bahnlinie im voraus ermittelte Verkehr von dieser Bahn auch dann bewältigt werden kann, wenn sie mit schmaler Spur erbaut wird, spielt der Güterverkehr jedenfalls die wichtigste und wohl entscheidende Rolle. Immerhin darf aber auch der zu erwartende Personenverkehr nicht außer jeglicher Erwägung bleiben. Wohl ist er im allgemeinen verhältnismäßig gering, abgesehen von Ausnahmefällen, wie sie durch Jahrmärkte, Wallfahrten, Feste u. s. w. geschaffen werden können, denen sich immerhin Rechnung tragen läßt, doch spielt er bei längeren Bahnen insofern eine Rolle, als für länger andauernde Fahrten seitens der Reisenden erhöhte Ansprüche an Bequemlichkeit gestellt werden. Im 6. Abschnitt § 32 ist gezeigt worden, daß der Bau schmalspuriger Personenwagen diesen Anforderungen vollkommen gerecht wird und wir können aus eigener Erfahrung bestätigen, daß z. B. eine Fahrt auf der schmalspurigen Lokalbahn von Ischl nach Salzburg, die gegen drei Stunden dauert, durchaus nicht unangenehm ist. Die bosnisch-herzegowinischen Bahnen besitzen in ihrem Fahrparke Salon- und Schlafwagen ganz vorzüglicher Bauart; es sind dem Verfasser keine Klagen über den Einfluß der Spurweite bezüglich der Wirkung lang andauernder Reisen auf den Reisenden selbst bekannt geworden. Die Fahrgeschwindigkeit wird durch die Spurweite allerdings beeinflußt. Je geringer die Spurweite ist, um so geringer wird im Hinblick auf die dadurch verminderte Standfestigkeit der Betriebsmittel und die dadurch verursachte Bauart der Lokomotive die zulässige Fahrgeschwindigkeit. Auch die bei schmalspurigen Bahnen notwendigerweise gewöhnlich angewandten größeren Neigungen und schärferen Krümmungen geben zu mäßiger Fahrgeschwindigkeit Veranlassung. Der „Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“ gestattet als größte Fahrgeschwindigkeit für schmalspurige Bahnen 30 km in der Stunde. Gewöhnlich kann diese Fahrgeschwindigkeit — eben so wie bei vollspurigen Kleinbahnen — aus Gründen nicht angewandt werden, die mit der Spurweite nicht in Zusammenhang stehen. Nahe Aufeinanderfolge von Haltepunkten, unbewachte Wegeübergänge in Schienenhöhe, Führung der Bahn durch Ortschaften u. s. w. gestatten sehr oft nicht die Anwendung größerer Fahrgeschwindigkeiten; sie ist in der Regel auch nicht möglich, weil — wie bei vollspurigen Klein- und selbst Nebenbahnen — der Personenverkehr von Zügen bewältigt wird, die Güter befördern, d. h. ausschließlich gemischte Züge in Verkehr sind, die wegen ihrer größeren Gesamtbelastung aus Ersparnisrücksichten langsamer befördert werden. Die vollständige Trennung des Personen- und Güterverkehrs und die etwaige Durchführung des ersteren mit Hilfe selbstfahrender Wagen ist eine Frage, die mit der Spurweite nichts zu thun hat, aber auch bei Schmalspurbahnen wie bei Vollspurbahnen im Interesse der Reisenden und zum Zwecke der Hebung des Personenverkehrs wohl erwogen werden sollte. Die Fahrgeschwindigkeiten auf schmalspurigen Kleinbahnen liegen zwischen 15 und 25 km in der Stunde. Vereinzelt wird auch mit 30 km in der Stunde gefahren, z. B. auf der Salzkammergut-Lokalbahn (Ischl-Salzburg).

Auf den bosnisch-herzegowinischen Schmalspurbahnen durchlaufen die Schnellzüge in einer Stunde 42 km. Eine noch höhere Fahrgeschwindigkeit ist auf der Brünigbahn (1 m Spurweite) gestattet, auf der die Züge in günstiger Strecke 45 km in der Stunde durchlaufen; diese Geschwindigkeit wird in den Bögen unter 400 m Halbmesser auf 40 km, in Bögen unter 200 m Halbmesser auf 35 km ermäßigt. Die Fairlie-Lokomotiven der Festiniogbahn befördern die Züge ebenfalls mit 45 km in der Stunde. Die Züge der Schmalspurbahn Landquart-Davos verkehren in Gefällen

unter 20 v. T. mit 40 km, in Gefällen über 20 v. T. und auf Bergstrecken mit 25 km in Stunde, sofern die Bögen nicht zu scharf sind. Wie erwähnt, sind aber solche Fahrgeschwindigkeiten aus anderen, namentlich aus Gründen der Betriebssicherheit, selten zulässig.

Beim Güterverkehr kommt neben der Größe auch die Art des Verkehrs und die Art der zu befördernden Güter in Betracht. In Bezug auf die Verkehrsgröße kann von der Bauwürdigkeit einer Schmalspurbahn selbstverständlich nur dann die Rede sein, wenn die gegebene Verkehrsmenge auf ihr mit der gleichen Anzahl von Zügen, wie auf der Vollspurbahn bewältigt werden kann. Daß eine Schmalspurbahn im allgemeinen dem Gesamtverkehr einer Vollspurbahn ebenfalls vollkommen gewachsen ist, steht wohl außer jedem Zweifel; aber es muß erwogen werden, ob die Lokomotiven der Schmalspurbahn ebenso leistungsfähig gebaut werden können, wie jene der ihr an Bedeutung und in der Bauausführung gleichen vollspurigen Bahn, und weiter auch, ob das Eigengewicht des schmalspurigen Wagenzuges im Vergleiche zu der gesamten Nutzlast des Zuges sich nicht ungünstiger stellt als auf der vollspurigen Kleinbahn. Sind die Lokomotiven schwächer, oder ist das Eigengewicht bei gleicher Tragfähigkeit der Güterwagen größer, als bei der Vollspur, dann ergiebt sich im ersten wie im zweiten Falle die Notwendigkeit einer größeren Anzahl von Zügen, größerer Zugförderungsanlagen, einer größeren Anzahl von Fahrbetriebsmitteln und es werden höhere Betriebskosten unvermeidlich sein. Dann wird aber auch die schmalspurige Bahn — vom Standpunkte der Leistungsfähigkeit aus — im Vergleiche zur Vollspurbahn nicht bauwürdig erscheinen. Wir haben im § 26 gesehen, daß für die schmale Spurweite bis herab zu 75 cm Lokomotiven gebaut werden können, die an Zugkraft den vollspurigen Kleinbahnlokomotiven nicht nachstehen, und daß das Verhältnis zwischen Eigengewicht und Nutzlast bei den Schmalspurwagen zum mindesten nicht ungünstiger ist als bei Vollspurwagen. Bei den Bahnen mit 60 cm Spurweite sind die Verhältnisse allerdings andere. Die verhältnismäßig große Leistungsfähigkeit vollspuriger Kleinbahnlokomotiven läßt sich bei ihnen nicht erreichen; aber immerhin stehen auch hier sehr kräftige Maschinen im Betriebe; die Fabrik Decauville baut Lokomotiven für 60 cm Spurweite mit einer theoretischen Zugkraft von 1800 kg; diese 12 t schweren Lokomotiven können auf der Wagrechten einen Zug einschließlich Lokomotive von 360 t, auf der Steigung von 25 v. T. einen solchen von 60 t befördern. Eine derartige Leistung wird unter Umständen vollkommen genügen und also die 60 cm Spur, hinsichtlich der Bewältigung einer gegebenen Verkehrsgröße, bauwürdig erscheinen lassen.

Der Verkehr kann bekanntlich Orts- oder Durchgangsverkehr sein. Dem ersteren wird eine Schmalspur, wenn sie sonst bauwürdig erscheint, unter allen Umständen entsprechen; in jenen Fällen, wo von der Schmalspurbahn aus Zweigbahnen zu Fabriksanlagen, landwirtschaftlichen Gütern, Steinbrüchen, Lagerplätzen, in holzreiche Wälder u. s. w. geführt werden sollen, wird die Schmalspur vor der Vollspur entschieden den Vorzug verdienen und ganz besonders dann, wenn für diese Verästelungen die Anwendung der Schmalspur wünschenswert oder gar notwendig erscheint. Das Bedürfnis nach solchen Zweiglinien (Schleppbahnen) tritt oft erst nach längerem Betriebe der Stammlinie ein; es soll aber schon bei der Aufstellung des Entwurfes für diese hierauf thunlich Rücksicht genommen werden; einerseits sind mit bestehenden Unternehmungen wegen des Anschlusses Unterhandlungen zu pflegen, anderseits ist zu erwägen, ob Vorbedingungen für die Ent-

stehung solcher Industrien gegeben, also z. B. Wasserkräfte, Mineralien, Erze u. s. w. vorhanden sind. Ist die fragliche Bahnlinie sehr kurz und findet auf ihr ein sehr lebhafter Wechselverkehr mit der Vollspurbahn statt, an die sie anschließt — oder ist die Bahn selbst vielleicht länger, aber läuft die Hauptmenge des Güterverkehrs nur auf eine ganz kurze Entfernung von der Anschlußstation aus, so kann auch bei reinem Ortsverkehr die Schmalspur unter Umständen nicht bauwürdig erscheinen; es kann nämlich der Fall eintreten, daß im Hinblick auf die Art des Güterverkehrs — wovon noch gesprochen werden soll — das Umladen der Güter im Vergleich zur Kürze des Weges, den es noch zu durchlaufen hat, sich als nachteilig erweist und dann — bei Festhaltung der schmalen Spur — die Förderung auf der Straße vorteilhafter wird.

Bei Durchgangsverkehr ist die Vollspur der Schmalspur entschieden vorzuziehen, weil — namentlich bei geringerer Länge der Verbindungslinie — das zweimalige Umladen der Güter immerhin mit Zeitverlust und Ausgaben verbunden ist und füglich auch für die durchgehenden Güter von Nachteil werden kann. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß nicht jede Bahnlinie, die an beiden Seiten an Vollspurbahnen anschließt, auch Durchgangsverkehr hat. Es ist überhaupt stets wohl zu erwägen, bevor an die Entscheidung über die Spurweite geschritten wird, ob überhaupt ein halbwegs nennenswerter Durchgangsverkehr besteht oder zu erwarten ist. Sehr oft wird zur Befürwortung der vollen Spur auf Durchgangsverkehr hingewiesen, ohne daß sich ein solcher jemals einstellt.

Viel und widersprechend erörtert wurde und wird noch immer die Frage, ob die Schmalspur auch für die Beförderung jeder Art von Gütern geeignet sei. Es kommt dabei hauptsächlich die Beförderung von Vieh, Langholz und militärischen Gütern in Betracht. Zunächst muß nun bemerkt werden, daß — wie in § 31 gezeigt wurde — die Fahrbetriebsmittel der Schmalspurbahnen für diese Güterarten ganz zweckentsprechend gebaut werden können und auf der überwiegenden Mehrzahl der Schmalspurbahnen solche Güterbeförderungen anstandslos bewirkt werden. Die Umladung von Vieh bleibt immer eine mißliche Sache; bilden Viehbeförderungen, namentlich Beförderungen von Pferden, Rindvieh, Schweinen u. s. w. einen Hauptgegenstand des Verkehres, dann wird man bei kürzeren Förderstrecken wohl genau zu erwägen haben, ob nicht die Anlage einer für den Übergang der Hauptbahnwagen geeigneten Bahn allein bauwürdig ist. Bei größeren Bahnlinien treten die Nachteile des Umladens mehr in den Hintergrund. Als Beispiel für die Leistungsfähigkeit der Schmalspur in dieser Beziehung sei erwähnt, daß auf den bosnisch-herzegowinischen Bahnen im Jahre 1900 zur Beförderung gelangten: 108 t Pferde und Fohlen, 47 t Maultiere und Esel, 422 t Stiere, Ochsen, Kühe und Kälber, 214 t Schafe, Ziegen und Lämmer, 77 t Schweine und Ferkel.

Die Langholzbeförderung ist abhängig von dem kleinsten Krümmungshalbmesser und dem Lichtraumquerschnitte der Bahn. Das Langholz bildet in den Bögen die Sehne des Kreisbogens, der durch die beiden Auflagepunkte des Holzes auf den Plattformwagen, die zur Beförderung dienen, begrenzt ist. Diese Sehne muß innerhalb des Lichtraumquerschnittes liegen, d. h. es darf ihre Pfeilhöhe nicht größer sein, als die halbe Breite des Querschnittes. Demnach kann nun in jedem Falle ermittelt werden, welche größte Länge das zur Beförderung gelangende Holz mit Rücksicht auf Spurweite und Krümmungshalbmesser besitzen darf, oder auch, welcher kleinste Halbmesser im Hinblick auf die zu Beförderung gelangenden

Holzstämme bei gegebener Spurweite zulässig erscheint; dann läßt es sich auch im weiteren über die Wahl der Spurweite leicht schlüssig werden; freilich ist wohl zu beachten, ob der Langholzverkehr einen so wichtigen und einflußreichen Teil des Gesamtverkehrs bildet, daß Vorteile, die sich in anderen Beziehungen aus der Anwendung der schmalen Spur etwa ergeben sollten, bei der Entscheidung ohne Geltung bleiben können.

Größere militärische Leistungen werden von Schmalspurbahnen, ebenso wie von vollspurigen Kleinbahnen, wohl selten gefordert. Verhältnisse wie bei den bosnisch-herzegowinischen Schmalspurbahnen, die zunächst nur für Kriegszwecke gebaut wurden, sind ja nur Ausnahmen; aber dennoch beweisen gerade diese, daß auch schmalspurige Bahnen selbst vom militärischen Standpunkte aus bauwürdig sein können und es fachlich nicht richtig ist, die schmale Spur sofort zurückzuweisen, wenn die Frage militärischer Leistungen eine gewisse Rolle zu spielen beginnt. Die genannten Bahnen beförderten im Jahre 1899 u. a. 68782 Militärpersonen, 108 t Pferde und Fohlen, 9203 t Eisen- und Stahlwaren, Waffen und Geschütze[87]), 674 t unedle Metalle und daraus angefertigte Waren, 2239 t Maschinen und Maschinenbestandteile, 245 t Wagen und Schiffe; hierbei handelte es sich nicht nur um Ein- und Ausfuhr, sondern auch um Durchgangsverkehr. Allerdings kommen auch sehr bedeutende Weglängen in Betracht; denn jede Tonne Ware, im Gesamtverkehr betrachtet, durchlief durchschnittlich einen Weg von 126 km.

§ 35. Die Umladung der Güter. — Bei der Beschreibung der Fahrbetriebsmittel sind verschiedene Wagenanordnungen besprochen worden, die den Zweck haben, Güter von Vollspurbahnen auf Schmalspurbahnen ohne Umladung der Güter überzuführen, beziehungsweise den umgekehrten Weg gleichsam in einem Zuge nehmen zu lassen. Diese Einrichtungen dienen zumeist zur Beförderung von Massengütern, die das Umladen nicht vertragen und in großen Mengen fortzuschaffen sind; auch können sie vielfach aus Rücksichten für die Betriebssicherheit nur in beschränktem Umfange Anwendung finden, wie z. B. die Rollböcke zur Beförderung vollspuriger Wagen. Im großen ist eine Umladung der Güter beim Wechseln der Spurweite unbedingt notwendig. Diese Thatsache bildet in der Regel den wichtigsten Grund für die mindere Bewertung der Schmalspur oder für deren entschiedene Ablehnung; es erscheint daher eine sachgemäße Erörterung der vorliegenden Frage geboten, da sie eben für die Bauwürdigkeit einer Schmalspurbahn von hervorragendem Einflusse ist.

Manche Güter, z. B. Ziegel, Thonwaren, leiden beim Umladen, büßen an ihrer Güte ein — ihre Beförderung kann mit Hilfe der eingangs erwähnten Anordnungen erfolgen; nur dann, wenn sie in solchen Mengen zur Aufgabe gelangen, daß auf diese Weise die Bewältigung des Verkehrs unmöglich ist, wird die Herstellung einer Vollspurbahn, die den Übergang der Fahrbetriebsmittel der Stammbahn gestattet, geboten sein. Andere Güter, wie Kohle, Erze, können als umladbare Güter bezeichnet werden; Kohle, Erze u. s. w. gelangen in der Regel auf schmalspurigen Gleisen zur Bahnverladestation, müssen sonach, falls diese einer vollspurigen Bahn angehört, hier unbedingt umgeladen werden; wird die Bahn mit der Spurweite des Zufuhrgleises angelegt, so ist die Umladung erst bei der Einmündung in die Voll-

[87]) Im Jahre 1898 wurden an Eisen- und Stahlwaren, Waffen und Geschützen 13148 t befördert.

spur notwendig; die Einschaltung eines schmalspurigen Verbindungsgliedes ändert also nichts an der notwendigen Güterhandhabung.

Was schließlich die Stückgüter anbelangt, die nicht in ganzen Wagenladungen zur Versendung kommen, so ist deren Umladung auch im Wechselverkehr zwischen vollspurigen Bahnen nicht ausgeschlossen, vielmehr fast durchweg in Anwendung und wegen der anzustrebenden guten Ausnutzung der Wagen zumeist notwendig.

Die Umladung der Güter ist mit besonderen Auslagen verbunden, welche selbstverständlich die Förderkosten erhöhen, in der Regel von der Bahnverwaltung bestritten werden und sodann in den Tarifen für Gütersendungen entsprechend zum Ausdrucke gelangen. Nachstehend einige Zahlen, welche als Beispiele für die Höhe dieser Kosten dienen können.

Die Umladung einer Tonne Kohlen, Erze, Kalke durch Schaufeln mit der Hand kostet auf der Bröhlthalbahn 15 Pfg., auf der Wallückebahn 12,5 Pfg., durch Abstürzen aus den Wagen oder von Gerüsten 3,25 Pfg. bis 8 Pfg.;

die Umladung von Zement, Kunstdünger oder Gütern in Säcken kostet für 1 Tonne bei der Wallückebahn rund 8 Pfg., auf französischen Bahnen 8 bis 12 Pfg.;

für Bretter, Holz u. s. w. werden auf der Wallückebahn 15 bis 35 Pfg., auf französischen Bahnen 12 bis 16 Pfg., auf den sächsischen Bahnen 30 Pfg. Umladekosten für eine Tonne bezahlt.

Stückgüter-Umladung kostet für eine Tonne bei der Wallückebahn 2,3 bis 2,5 Pfg., auf den sächsischen Schmalspurbahnen 5,0 Pfg. Die bosnisch-herzegowinischen Schmalspurbahnen zahlen in ihrer Grenzstation Bosnisch-Brod für das Umladen der Güter, das durchaus nur mit Handarbeit erfolgt, 20 Pfg., die Feldabahn zahlt 12 bis 30 Pfg., die Kaiserberger Thalbahn 9,4 Pfg. für eine Tonne.

Die Umladekosten richten sich nach den Bahnverhältnissen, sowie den gesamten Arbeiterverhältnissen und sind auch abhängig von der Zweckmäßigkeit der in Betracht kommenden Bahnhofsanlagen und etwaiger Umladevorrichtungen. Die Einheitspreise einzelner Bahnen können daher nur mit großer Vorsicht zu Schlußfolgerungen verwertet werden. Viel vorteilhafter wäre es, die für das Umladen der einzelnen Güterarten erforderlichen Tagelöhnerschichten kennen zu lernen. Hierüber liegen nun gar keine Mitteilungen vor und bestehen — wie es scheint — überhaupt keine zuverlässigen Beobachtungen. Ganz wertlos sind Angaben über die Höhe der Umladekosten, bezogen auf ein Kilometer Betriebslänge. Die Umladekosten sind von der Bahnlänge unabhängig.

Nach einer Mitteilung des bautechnischen Bureaus der Kgl. Generaldirektion der württembergischen Staatsbahnen betrugen in der Zeit vom 1. April 1898 bis 31. März 1899 die Umladekosten

auf der Linie Nagold-Altensteig (1,0 m) 4922 M. bei einem Verkehr von 35 839 Güterwagentonnen,

auf der Linie Marbach-Beilstein (0,75 m) 1194 M. bei 14 013, auf der Linie Lauffen-Güglingen (0,75 m) 1253 M. bei 11 784, auf der Linie Schussenried-Buchau (0,75 m) 1591 M. bei 7036 beförderten Güterwagentonnen. Im ersten Falle erreichten die Kosten eine Höhe von 7 v. H. der Gesamtausgaben, während sie in den übrigen Fällen nur 2,4, beziehungsweise 3 und 4 v. H. ausmachten. Hierbei wäre

aber zu beachten, daß ein Teil dieser Umladekosten — wie schon erwähnt — auch beim Übergang von Voll- zu Vollspur aufrecht bleiben würde, da Umladungen in solchen Anschlußstationen schon aus Betriebsrücksichten stattfinden.

Mit Recht weist Zezula in seinem Buche: „Im Bereiche der Schmalspur" auf den Umstand hin, daß die Schmalspurbahnen ihre eigenen Wagen gegebenenfalls bis zur Wiederbeladung in der Bestimmungsstation stehen lassen, also auch bei der Rückfahrt ausnutzen können, während der fremde Wagen zur Vermeidung größerer Wagenmiete mit thunlicher Beschleunigung zurückgesendet werden muß. Diese Rücksichten bestimmen selbst vollspurige Bahnen, fremde Wagen, die auf ihrer Linie einen längeren Weg durchlaufen müssen, in der Anschlußstation umzuladen.

Wenn man diese Umstände berücksichtigt und weiter bedenkt, daß die Wagenmiete, die auf vollspurigen Bahnen für fremde Wagen zu bezahlen ist, bei den Schmalspurbahnen ganz entfällt, so erkennt man, daß die Gesamtsumme der Umladekosten bei diesen Bahnen nicht im vollen Umfange der Schmalspur zu Lasten geschrieben werden kann, sondern ein Teil derselben überhaupt als eine bei dem Übergang der Güter von einer Bahn zur andern Bahn auftretende Ausgabe aufzufassen ist.

Nach Nördling[88]) beträgt der Anteil der Fördermenge, die auch auf vollspurigen Bahnen umgeladen werden müßte, erfahrungsgemäß $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$. Die Umladekosten berechnet er mit 20 Centimes für eine Tonne. Er erhält sodann bei einer Güterbewegung von T t im Jahre die gesamten Umladekosten aus der Formel

$$U = 20 \left(1 - \begin{cases} 0{,}20 \\ 0{,}25 \end{cases}\right) T \text{ in Centimes}$$

$$\text{d. i. } U = 15 \text{ bis } 16\, T \text{ in Centimes}$$

in Markwährung ausgedrückt:

$$U = 12\, T \text{ in Pfennigen.}$$

Erprobt man diese Formel auf die Genauigkeit, z. B. bei den württembergischen Schmalspurbahnen, so kann sie nicht besonders hoch eingeschätzt werden.

Nach all dem erscheint es unmöglich, die Umladekosten von vornherein genau zu erheben, oder auch nur in jenem Umfange zu ermitteln, der bei Vergleich mit vollspuriger Linie zur Feststellung der Bauwürdigkeit der Schmalspur in Betracht zu ziehen ist. Man wird vielleicht dem Rechten zunächst kommen, wenn man der Berechnung der Umladekosten nur die Wagenladungsgüter und einen Einheitspreis zu Grunde legt, der unter Berücksichtigung der Lohnverhältnisse und der in der künftigen Anschlußstation bei den Verladungen gewonnenen Ergebnisse aufgestellt wird. Die oben gegebenen Zahlen können dann immerhin noch zu Vergleichen und etwaigen Änderungen des so ermittelten Einheitspreises dienen.

§ 36. Baukosten und Spurweite. — Ein Vergleich zwischen den Baukosten voll- und schmalspuriger Bahnen kann von zwei Voraussetzungen ausgehen. Der eine Fall ist gegeben, wenn die schmale Spur einfach an Stelle der vollen Spur tritt, ohne daß die Linienführung eine Änderung erleidet; der andere Fall liegt vor, wenn bei der Linienführung der schmalspurigen Bahn die größere Schmiegsamkeit der Schmalspur gegenüber der Vollspur ausgenutzt wird.

---

[88]) „Stimmen über schmalspurige Bahnen".

Im erstgegebenen Falle fußen die Ersparnisse, die durch Anwendung der Schmalspur erreicht werden, nur auf der geringeren Kronenbreite der Dämme und Einschnitte und der dadurch verminderten Erdbewegung, auf den geringeren Breitenausmaßen der Brücken, der geringeren Länge der Durchlässe, der kürzeren Länge der Schwellen, des kleineren Bedarfes an Kies für die Bettung; weiter können die Lokomotiv- und Wagenschuppen geringere Maße erhalten und die Fahrbetriebsmittel selbst werden billiger sein, als bei der Vollspur. Diese Unterschiede treten um so schärfer hervor, je kleiner die Spurweite gewählt wird, je weniger innig sich die Bahn an das Gelände schmiegt, je höher und länger die Dämme und Einschnitte, je zahlreicher die Kunstbauten. Die Ersparnisse lassen sich ohne Schwierigkeit auf Grund der festgestellten Linie und ihres Längenschnittes ermitteln.

Im zweitgegebenen Falle hat man es mit zwei ganz verschiedenen Linien zu thun; mit einer voll- und einer schmalspurigen Linie, oder mit mehreren selbständigen Linien, wenn verschiedene schmale Spurmaße in Betracht gezogen werden. Es ist erforderlich, jede Linie für sich zu entwerfen, zu studieren und bezüglich der Baukosten zu untersuchen. Zwecklos, weil ergebnislos ist der Versuch, die Ersparnis, die durch Anwendung einer schmalen Spur erzielt wird, allgemein, wenn auch nur annähernd aus der für die Vollspur entwickelten Linie ermitteln zu wollen. Alle Vergleiche, die auf solcher Grundlage fußen, haben keinen Wert. Nur die thatsächliche Festlegung der Linienführung für jede Spurweite läßt erkennen, in wie weit eine Kürzung der Linie, eine Verminderung der Massenbewegung, eine Verringerung der Kunstbauten und ihrer Ausmaße, eine Verkleinerung der zu erwerbenden Bodenfläche u. s. w. durch Abminderung der Spurweite zu erreichen ist.

Angaben über Baukosten, als Grundlagen eines Vergleichs, sind ganz nutzlos und unzuverlässig. Es kann nur zu sehr folgenschweren Irrtümern führen, wenn auf solchen Durchschnittswerten, die aus einer Zahl ganz verschiedenartiger Bahnanlagen ermittelt wurden, Vergleiche aufgebaut werden, die über die Bauwürdigkeit der schmalen Spur entscheiden sollen. Noch weniger zulässig ist es, die Kosten schmalspuriger Bahnen in einem Lande den Kosten vollspuriger Bahnen in einem anderen Lande gegenüber zu stellen; dabei kann man zu ganz widersinnigen Ergebnissen gelangen. So belief sich zu Ende 1894 der Gesamtbauaufwand der schmalspurigen Lokalbahnen im Königreiche Sachsen auf 72951 Mark/km, während er für die staatlichen Lokalbahnen in Bayern (609 km, von denen nur 5 schmalspurig) 58346 Mark für die bayerischen Linien der deutschen Lokalbahnaktiengesellschaft (67 km voll-, 57 km schmalspurig) 77248 Mark betrug. Hiernach hätte also die Schmalspur einen größeren Aufwand erheischt, als die Vollspur! Aber es ist eben zu berücksichtigen, daß die sächsischen Schmalspurbahnen durch enge Flußthäler sich winden, zahlreiche Überbrückungen, Dammschüttungen und Felsarbeiten erforderten, während die bayerischen Bahnen überaus günstiges Gelände durchziehen[89]).

Die Aufgabe des Ingenieurs, der über die Wahl der Spurweite hinsichtlich der Baukosten seine Meinung aussprechen soll, besteht also nach dem vorhergehenden darin, die kommerziell festgelegte Linie gesondert für jede in Betracht kommende Spurweite technisch zu ermitteln und für jede Linie die Baukosten zu erheben. Nur auf solche Weise kann er zu richtigen, unbestreitbaren Ergebnissen gelangen.

---

[89]) Fritz Lohmann, Entwicklung der Lokalbahnen in Bayern. Leipzig 1901.

Bei der Beurteilung der Gesamtkosten für eine Anlage ist nicht zu übersehen, daß auch die Kürzung der Bauzeit, die durch Anwendung der schmalen Spurweite erzielt werden kann, nicht unwesentliche Vorteile zu gewähren vermag, weil die Verzinsung des Baukapitals während einer kürzeren Zeit erfolgt. Schließlich kommen auch die Anschaffungskosten der Fahrbetriebsmittel in Betracht. Die Schmalspurbahn bedarf unter allen Umständen eigener Lokomotiven und Wagen. Vollspurige Nebenbahnen können ihrer ebenfalls nicht entbehren; Lokomotiven sind jederzeit erforderlich; auch wird die Beschaffung einiger Wagen nicht zu umgehen sein. Über diese Punkte muß vollständige Klarheit herrschen, ehe an einen Vergleich zwischen Schmal- und Vollspur geschritten werden kann.

§ 37. Betriebskosten und Spurweite. — Die Betriebskosten bestehen aus den Kosten der „Allgemeinen Verwaltung", der „Bahnaufsicht und Bahnerhaltung", des „Verkehrs- und kommerziellen Dienstes", des „Zugförderungs- und Werkstättendienstes".

Die Kosten der „Allgemeinen Verwaltung" — Besoldungen, Bureaubedürfnisse, Steuern, Versicherungsbeiträge, Pachtbeträge u. s. w. — sind unabhängig von der Spurweite. Alle Maßnahmen, welche getroffen werden können, um die Kosten dieser Gruppe zu vermindern, können ebensowohl bei der vollen als bei der schmalen Spur zur Anwendung kommen. Die Ausgaben für Bahnaufsicht und Bahnerhaltung stehen dagegen bezüglich jener Beträge, welche für die Erhaltung und Erneuerung des Unterbaues und Oberbaues und für Schneebeseitigung aufgewendet werden müssen, jedenfalls in einem gewissen Zusammenhange mit der Spurweite. Bei sachgemäßer Bauart der Fahrbetriebsmittel, d. h. bei einer Bauart, die auf die schärferen Krümmungen und auf die geringere Standbreite Rücksicht nimmt, kann eine größere Beanspruchung des Oberbaues bei dem schmalspurigen Gleis gegenüber dem vollspurigen Gleis wohl nur infolge jener störenden Bewegungen der Lokomotive eintreten, die — von deren ganzen Masse ausgeübt — mit der Abnahme der Spurweite wachsen[90]). Der Einfluß dieser Bewegungen läßt sich durch geeignete Anordnung der maßgebenden Lokomotivteile mildern; bei elektrischen Kraftwagen besteht er überhaupt nicht. Im allgemeinen ist die hierdurch erzeugte größere Umgestaltung des Oberbaues und der infolge dessen höhere Aufwand für seine Erhaltung nicht bedeutend; er wird wohl vollständig aufgehoben durch die anderseits erzielbaren Ersparnisse, die ihre unmittelbare Ursache in der kleineren Spurweite haben. Die Schwellen sind billiger, weil sie geringere Ausmaße haben; ihr zeitweiliger Ersatz durch neue Schwellen stellt sich also ebenfalls geringer. Die Bettungserneuerung erfordert aus gleichen Gründen minderen Aufwand für Stoff und Arbeit; bei den Kunstbauten tritt derselbe Umstand ein. Die große Schmiegsamkeit der Schmalspur vermindert die Höhen der Dämme, die Tiefen der Einschnitte und hiermit auch die Größe der Böschungsflächen, deren Erhaltung bei den in Rede stehenden Ausgaben in Betracht kommt. Die geringere Breite der Gleisanlagen wird unter Umständen auch die Arbeiten der Schneebeseitigung vermindern. Bei allen übrigen Arbeiten für Bahnerhaltung und Bahnaufsicht kann das Bestreben nach thunlicher Herabsetzung der für sie aufzuwendenden Kosten in gleicher Weise zum Ausdrucke

---

[90]) Über die Bahnerhaltungskosten schmalspuriger Eisenbahnen. Zeitschr. f. d. gesamte Lokal- und Straßenbahnw. 1898.

gelangen und mit gleichem Erfolge verwirklicht werden, ob das Gleis voll- oder schmalspurig ist.

Die Kosten des Verkehrs- und kommerziellen Dienstes — Besoldungen, sachliche Ausgaben, Kosten der Heizung, Beleuchtung, Reinigung der Bahnhöfe und Züge, Kosten des Verschubdienstes — sind in allererster Linie von der Verkehrsdichtigkeit abhängig. Die Spurweite ist auf sie ganz einflußlos. Die Einrichtungen, die bei den belgischen, sächsischen, steiermärkischen und anderen Schmalspurbahnen bestehen und durch die Zusammenfassung der einzelnen Dienstzweige, sowie durch die Heranziehung von Privatpersonen zur Besorgung des Stationsdienstes eine thunliche Herabminderung der Kosten des Verkehrs- und kommerziellen Dienstes bezwecken und auch in bester Weise herbeiführen, können ebenso gut bei vollspurigen Bahnen zur Anwendung kommen, wenn dies die Verkehrsverhältnisse erlauben. Es wäre ganz unrichtig, in diesen Einrichtungen eine Eigenheit der Schmalspurbahnen zu erblicken. Daß sie gerade bei diesen Bahnen zuerst eingeführt wurden und gegenwärtig fast noch allein bestehen, hat seinen Grund in dem Umstande, daß die schmale Spur bei Bahnen mit außerordentlich schwachem Verkehr angewendet wurde und die weitestgehende Wirtschaftlichkeit geboten erschien. Die Größe der Spurweite spielt hierbei entschieden keine Rolle.

Bei den Kosten des Zugförderungs- und Werkstättendienstes kommen neben Ausgaben, die naturgemäß mit der Spurweite in keinem Zusammenhange stehen, auch die Kosten für Brennstoff der Lokomotiven, für Schmiermittel und für Erhaltung und Erneuerung der Fahrbetriebsmittel in Betracht, Kosten, deren Verhältnis zur Spurweite immerhin näher erwogen werden muß.

Ein Vergleich des Aufwandes an Brennstoff bei voll- und schmalspurigen Bahnen ist im allgemeinen ganz unzulässig, da dessen Höhe von der Gestaltung der Bahn, von der Bauart der Lokomotive und von den Eigenschaften des benutzten Brennstoffes abhängig ist. Aus § 6 ist zu ersehen, daß unter sonst gleichen Umständen der Widerstand der Wagen und Lokomotiven mit der Verminderung der Spurweite auch dann zunimmt, wenn die Bogenhalbmesser genau im Verhältnis zu dem Bogenwiderstand kleiner, d. h. derart gewählt werden, daß der Bogenwiderstand bei dem kleinsten Halbmesser der Schmalspur nicht größer ist, als bei dem kleinsten Halbmesser der Vollspur. Dieser Widerstand wächst bei den Wagen für Geschwindigkeiten zwischen 20 und 30 km/St. bei Verminderung der Spurweite von 1,435 auf 1000 m um rund 20 v. H., bei Verminderung der Spurweite von 1,435 auf 0,75 m um rund 40 v. H., auf 0,60 m um 50 bis 60 v. H. Der Lokomotivwiderstand wächst in viel geringerem Verhältnisse (3 bis 5 v. H.), weil der Einfluß der Geschwindigkeit gegenüber dem inneren Widerstand der Maschine zurücktritt, während bei den Wagen auch der von der Geschwindigkeit unabhängige Teil des Widerstandes in Abhängigkeit von der Spurweite erscheint. Wird nun gleiche Fahrgeschwindigkeit und gleiche Gesamtlast der Züge vorausgesetzt, so wird natürlich die Schmalspurlokomotive auf wagrechter, gerader Bahn eine größere Leistung entwickeln müssen, als die Vollspurlokomotive, sie wird bei gleichem Heizwerte des Brennstoffes und gleicher Bauart der Lokomotive also auch mehr Brennstoff verbrauchen. Der Unterschied verringert sich, wenn mit der Abnahme der Spurweite auch die Fahrgeschwindigkeit vermindert wird; Bahnen mit 60 cm Spurweite werden auch kaum mit der Fahrgeschwindigkeit vollspuriger Kleinbahnen befahren werden. Der Unterschied verringert sich auch, wenn die Bahn im Bogen und in der Steigung

liegt, weil die hierbei eintretende Vermehrung des Widerstandes bei zweckmäßiger Bauart des Gleises und der Fahrbetriebsmittel unabhängig von der Spurweite ist und namentlich der Steigungswiderstand einen weit größeren, stark überwiegenden Einfluß gegenüber dem Widerstand in der wagrechten Geraden gewinnt. Da aber gerade bei jenen Bahnen, für welche die Anwendung der Schmalspur in ernste Erwägung kommen kann, mit scharfen Bögen und starken Neigungen gerechnet werden muß, so darf man annehmen, daß die Zunahme des Brennstoffverbrauches bei Abnahme der Spurweite verhältnismäßig sehr gering ist. Man kann sich hierüber leicht Aufklärung verschaffen, wenn für jede der — mit verschiedener Spur entworfenen — zu untersuchenden Linien mit Hilfe guter Widerstandsformeln die Leistung der Lokomotive bei jeder Hin- und Rückfahrt ermittelt wird. Bei der Kürze solcher Bahnen ist diese Arbeit um so leichter durchzuführen, als ihr ohne Fehler das Generallängenprofil zu Grunde gelegt werden kann.

Der Verbrauch an Schmierstoff wird häufig ebenfalls mit der Spurweite in Zusammenhang gebracht; dieser Zusammenhang mag bestanden haben, so lange der Bau schmalspuriger Fahrbetriebsmittel noch nicht so ausgebildet war, wie jener der vollspurigen Wagen und Lokomotiven. Gegenwärtig ist er aber derart vervollkommnet, daß die Kosten des Schmierens von der Spurweite wohl unabhängig erscheinen. Diese Erwägung gilt in sinngemäßer Anordnung auch für die Erhaltungskosten der Fahrbetriebsmittel.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß es ungerechtfertigt ist, im allgemeinen von einer wesentlichen Beeinflussung der Betriebskosten durch die Spurweite zu sprechen. Der vielfach beliebte Hinweis auf das ungünstige Verhältnis der Ausgaben zu den Einnahmen bei Schmalspurbahnen ist nicht stichhaltig, ganz abgesehen davon, daß das fragliche Verhältnis bei vielen schmalspurigen Bahnen kleiner ist, als bei vollspurigen Bahnen. Es darf nämlich nicht übersehen werden, daß ein Teil der Betriebskosten unabhängig von der Größe des Verkehrs ist, oder doch wenigstens mit ihr nicht in geradem Verhältnisse steht. Bei Bahnen mit schwachem Verkehr wird daher die Betriebsausgabe in Prozenten der Einnahme gewöhnlich größer sein, als bei Bahnen mit sehr lebhaftem Verkehr. Es geht eben nicht an, aus dem Vergleiche einer Schmalspurbahn mit irgend einer, ihr „ähnlichen“ Vollspurbahn Schlußfolgerungen allgemeiner Natur auf das Verhältnis der Schmal- zur Vollspur zu ziehen — solche Folgerungen werden fast stets trügerisch sein. Sie nähern sich nur dann der Wahrheit, wenn für beide Bahnen die gleichen Verkehrs- und Betriebsbedingungen bestehen.

§ 38. Bauwürdigkeit schmalspuriger Bahnen. — Vor die Aufgabe gestellt, eine nach Verkehrsgesichtspunkten bestimmte Bahnlinie technisch festzulegen, wird man zunächst die Frage der Spurweite zu erwägen haben, weil — wie früher gezeigt worden ist — die Größe der Spurweite auf wichtige Einzelheiten der Linienführung Einfluß nimmt. In vielen Fällen wird bezüglich der Spurweite keine freie Wahl gegeben sein. Hauptbahnen und Nebenbahnen, deren Eigenart jener der Hauptbahnen nahe kommt, können in Europa wohl nur vollspurig erbaut werden. Die Verhältnisse in Bosnien und in der Herzegowina, oder auch in Skandinavien, sind von den im übrigen Europa bestehenden Verhältnissen so abweichend, daß die Wahl der schmalen Spur für alle dort zu erbauenden Bahnlinien ganz gerechtfertigt erscheint. Es ist hierauf im vorstehenden wiederholt hingewiesen worden.

Anders zeigt sich die Sachlage bei Nebenbahnen minderer Bedeutung, bei Lokalbahnen und Kleinbahnen. Die in § 34 bis 37 enthaltenen Erwägungen bilden hier die Richtschnur. Es handelt sich aber noch nicht um die endgiltige Entscheidung, sondern vorerst nur um die Frage, ob die schmale Spur überhaupt zulässig erscheine. Ist diese Frage bejaht, so wäre nun das Ausmaß der Spurweite, die neben der Vollspur in Betracht kommt, festzusetzen. In Wettbewerb treten wohl nur die Spurweiten von 1,00, 0,75 und 0,60 m. Wir haben gesehen, daß die Bahnen mit 1,00 und 0,75 m an Leistungsfähigkeit fast auf gleicher Höhe stehen; die Spur von 0,60 m kann in dieser Hinsicht kaum so hoch gestellt werden, wenn auch nicht zu verkennen ist, daß sie dem Verkehre mancher bestehenden vollspurigen Kleinbahn vollauf gewachsen wäre. Für die — vorläufig wenigstens vergleichsweise — Wahl der Schmalspur können von vorneherein technische Rücksichten, die bei näherem Studium des Geländes geübten Ingenieuren ohne weiteres klar sein müssen, maßgebend werden. Auch Rücksichten auf bestehende Schmalspurbahnen, auf die Gleisanlagen in den industriellen Unternehmungen, denen die neue Bahnlinie als Verbindungsglied mit einem Hauptverkehrswege dienen soll, werden die Wahl der Spurweite erleichtern.

Zeigen sorgfältige Erwägungen solcher Art, daß vom Standpunkte der Leistungsfähigkeit und der Verkehrszweckmäßigkeit die Schmalspur neben der Vollspur bauwürdig erscheint, so sind die Entwürfe für die zu erbauende Linie sowohl für die Vollspur als auch für die Schmalspur unter voller Beachtung der Eigentümlichkeiten jeder Spur festzulegen und die Baukosten für jede Wahllinie zu ermitteln. Es genügt, diese Ermittelungen in allgemeinen, großen Zügen durchzuführen und Einzelheiten, die für das Endergebnis ohne Belang sind, bei Seite zu lassen. Notwendig wird es sein, die Beschaffungskosten der Fahrbetriebsmittel mit einzubeziehen, auch darf die Verzinsung des Baukapitals während der Bauzeit, die bei Voll- und Schmalspur in der Regel verschieden ist, nicht übersehen werden.

Unter gewissen Umständen kann sofort auf Grund der Baukosten die endgiltige Entscheidung über die Spurweite getroffen werden, nämlich dann, wenn ausschließlich die Höhe der Bausumme in Betracht kommt und deren Verzinsung durch den Bahnbetrieb nicht entscheidend wird. Gerade bei Bahnen von rein örtlicher Bedeutung ist es deren Anteilnehmern oft vor allem nur darum zu thun, überhaupt eine Bahn und diese wieder um eine thunlich geringe Anlagesumme zu erhalten, weil die Kapitalskraft für höhere Beiträge unbedingt nicht hinreicht; die Verzinsung dieser Summe, in Prozenten bar ausgedrückt, hat für sie weniger Wert, weil die Bedeutung der Bahn in der Verkehrsverbesserung und in der dadurch hervorgerufenen Erweiterung des Absatzgebietes und Erleichterung des Fabriks- oder Wirtschaftsbetriebes, in der Wertsteigerung des Grundes u. s. w. zu erblicken ist. In einem solchen Falle kommt es nicht in Betracht, ob die jährlichen Betriebskosten der Bahn etwas höhere sind oder nicht, weil für eine Bahn, deren Betrieb billiger ist, deren Anlagekosten aber nicht unwesentlich größer sind, das notwendige Baukapital nicht aufgebracht werden kann. Steht aber die Forderung einer angemessenen Verzinsung des Baukapitals durch den Betrieb an erster Stelle, dann hängt die Bauwürdigkeit der voll- oder schmalspurigen Bahn von der Höhe der betreffenden Betriebskosten ab und es sind dann selbstverständlich auch die Kosten der Umladung in Betracht zu ziehen.

Hat man alle in Erwägung kommenden Größen gewissenhaft und so genau, als dies bei der Veränderlichkeit derselben möglich ist, ermittelt, so ist die endgiltige Entscheidung über die zu wählende Spurweite nur das Ergebnis einer einfachen vergleichenden Rechnung. Es wird von der Wahrheit nur in jenen Grenzen abweichen, die solchen Erhebungen an und für sich gezogen werden müssen und für vergleichende Schlußfolgerungen belanglos sind.

Niemals aber soll der entwerfende Ingenieur an die Frage der Spurweite voreingenommen herantreten; immer soll er nur die Wahrheit anstreben. Dann wird er finden, daß die Schmalspur neben der Vollspur ihre volle Berechtigung hat und daß sie wirtschaftlich und technisch in vielen Fällen bauwürdig ist, wo man sich bei weniger sorgfältigem Vorgehen vielleicht für die Vollspur entscheiden würde.

Litteratur*).

Bergeron-Dapples. Der wohlfeile Bau und Betrieb der Eisenbahnen. Bern 1863.

Schwabe. Anlage sekundärer Eisenbahnen in Preußen. 1865.

Regnard. Note sur les chemins de fer à petite voie en Belgique. 1868.

v. Sauer. Grundriß der Waffenlehre. München 1869.

Plessner. Herstellung billiger Lokal- und Nebenbahnen in Nord-Deutschland. 1870.

Simon. Das Fairlie-Patent-System. 1870.

Spooner. Narrow Gauge Railways. 1870.

Nördling. Stimmen über schmalspurige Bahnen. Wien 1871.

Demarteau. Gedankenlese über die Wichtigkeit des Fairlie'schen Lokomotivsystems. 1871.

Schwabe. Über das englische Eisenbahnwesen. 1871.

Beer v. Syroczynski. Chemins de fer d'interêt local. Lüttich 1871.

Schübler. Eisenbahnen von lokalem Interesse. 1872.

Fairlie. Chemins de fer ou absence de chemins de fer? Paris 1872.

Fairlie. Richtige Praxis der Schmalspurbahnen. Zürich 1873.

Beyer, J. Normal- und Zu Schmalspur und die Fairlie-Lokomotive. Wien 1873.

Weber. Die Praxis des Baues und Betriebes der Sekundärbahnen mit normaler und schmaler Spur. Weimar 1873.

Sartiaux. Chemin de fer d'interêt local de Neuilly à Beaumont. Senlis 1874.

Sorge. Die Sekundärbahnen in ihrer Bedeutung und Anwendung für das Königreich Sachsen. Dresden 1874.

Weber. Neue Pfade der Volkswirtschaft. Die Sekundär-Eisenbahnen mit normaler Spur und langsamer Fahrbewegung. 1874.

Die Schmalspurbahn und ihre Gegner. Eine Beleuchtung des Gutachtens des Herrn Kantonsingenieur Wetli. 1875.

Weber. Normalspur und Schmalspur. Wien 1876.

Bartels. Bericht über einige sogen. Sekundärbahnen, insbesondere Schmalspurbahnen in Amerika. Berlin 1878.

Dreesen, E. Die Sekundärbahnen, mit spezieller Berücksichtigung eines Bahnnetzes für die Provinz Schleswig-Holstein. Meldorf 1878.

Hostmann, W. Vorzüge und Nachteile der Schmalspurbahnen. Berlin 1880.

Exner. Das moderne Transportwesen im Dienste der Land- und Forstwirtschaft. Weimar 1880.

Farwell, G. Die Anlage von schmalspurigen Sekundärbahnen. Würzburg 1880.

Hostmann, W. Bau und Betrieb von Schmalspurbahnen und deren volkswirtschaftliche Bedeutung für das deutsche Reich. Wiesbaden 1881.

Hostmann. Die Lokalbahnen in den Niederlanden. Berlin 1882.

Hostmann und Koch. Mitteilungen über Lokalbahnen, insbesondere Schmalspurbahnen. Wiesbaden 1882.

Kuntze. Die schmalspurige Eisenbahn von der Lahn nach der Grube Friedrichsegen. Leipzig 1883.

Birk, A. Über Schmalspurbahnen. Wien 1886.

Blenck, E. Die sogenannten transportablen, schmalspurigen Industrie- und Feldbahnen in Preußen Berlin 1886.

Die Sekundäreisenbahnen des Königreiches Sachsen. Berlin 1886.

Kuhrt. Bau und Betrieb der schmalspurigen Kreiseisenbahn Flensburg-Kappeln. 1887.

Nördling. Étude sur les chemins de fer Métropolitain de Paris. Paris 1887.

Hertz. Ferrocariles de 75 centimetros. Leipzig 1889.

Bertrand. Projet de construction d'un reseau des chemins de fer de 60 cm. Paris 1889.

---

*) Zahlreiche Abhandlungen über Schmalspurbahnen finden sich in der „Zeitschrift für Lokal- und Straßenbahnwesen“ (Wiesbaden), „Zeitschrift für Kleinbahnen“ (Berlin), „Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau“ (Berlin), „Ill. Zeitschrift f. Klein- u. Straßenbahnen, früher „Die Schmalspurbahn“ (Berlin), „Mitteilungen d. Vereines f. d. Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens“ (Wien).

Dietrich. Oberbau und Betriebsmittel der Schmalspurbahnen im Dienste von Industrie und Bauwesen etc. Berlin 1889.

Le chemin de fer de Decauville pendant l'exposition 1889. Corbeil 1890.

Tartary. Constructions des chemins de fer à voie de 60 cm. Paris 1891.

Martin. Du regime des chemins de fer secondaires en France. Paris 1891.

Martin et Clarard. Monographie d'un chemin de fer Routier à voie de un mètre. Paris 1891.

Kuhrt. Sechs Fragen über Bau und Betrieb der Tertiärbahnen. Flensburg 1892.

Jacquillat. Le chemin de fer à voie de 60 cm à l'exposition 1889. Paris 1892.

Decauville. Réponse à la note de M. Martin. Corbeil 1892.

Meyer. Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues IV. Theil. Berlin 1892.

Zezula. Statistik der schmalspurigen Bahnen. Wiesbaden 1892.

Ziffer, E. A. Über Feldeisenbahnen. Sonderabdruck aus „Stahl und Eisen". 1892.

Zezula. Im Bereiche der Schmalspur. Sarajevo 1893.

Zezula. Statistik der schmalspurigen Bahnen. 1893.

Czartoryski, Sigismond Prince. Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung, verglichen mit Chausseen, und ihre zweckmäßigste Spurweite. Gostin 1893.

Unruh, C. M. von. Die Kleinbahnen, ihre Entwicklung, Aufgabe, Organisation, Tarifbildung. Bromberg 1893.

Zezula. Statistik der schmalspurigen Bahnen. 1894*).

Müller, E. Die Kleinbahnen im Landkreis Erfurt. Erfurt 1894.

Hostmann. Kritische Betrachtungen über Projektierung, Bau u. Betrieb der Kleinbahnen. Wiesbaden 1895.

Ledig u. Ulbricht. Die schmalspurigen Staatseisenbahnen im Königreiche Sachsen. Leipzig 1895.

Müller, Friedrich. Grundzüge des Kleinbahnwesens. Berlin 1895.

Heimburg, J. E. v. Die Kleinbahn, ihre Bedeutung und ihr Platz im heutigen Verkehrsleben. Oldenburg und Leipzig 1895.

Haarmann. Die Kleinbahnen. Berlin 1896.

Schweder, M. Die Kleinbahn im Dienste der Landwirtschaft, ihre Konstruktion und wirtschaftliche Bedeutung. Berlin 1895.

Die Wallückebahn. Eine typische Kleinbahn. Osnabrück. Georgs-Marien-Bergwerks- und Hütten-Verein. 1897.

Bernhard. Der Eisenbahnbau in Deutschostafrika, mit besonderer Berücksichtigung des Baues der Linie Tanga-Muhesa. Berlin 1898.

N.-Ö. Landes-Eisenbahnamt. Mitteilungen über die schmalspurige Lokalbahn St. Pölten-Kirchberg a. d. Pielach-Mank. Wien 1898.

J. W. Posl. Les Chemins de fer aux Colonies et dans les pays neufs. Bruxelles 1900.

Fritz Lohmann. Die Entwicklung der Lokalbahnen in Bayern. Leipzig 1901.

---

*) Die weiteren Zusammenstellungen Zezulas gelangen von 1894 an in der „Zeitschrift für Kleinbahnen" zur Veröffentlichung.

Sachverzeichnis.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Abb. 1. Bahnhoferweiterung Bosn. Brod.

Abb. 1b. Schnitt R-N durch die Gleisanlage des Umladebahnhofes.

M. 1:200.

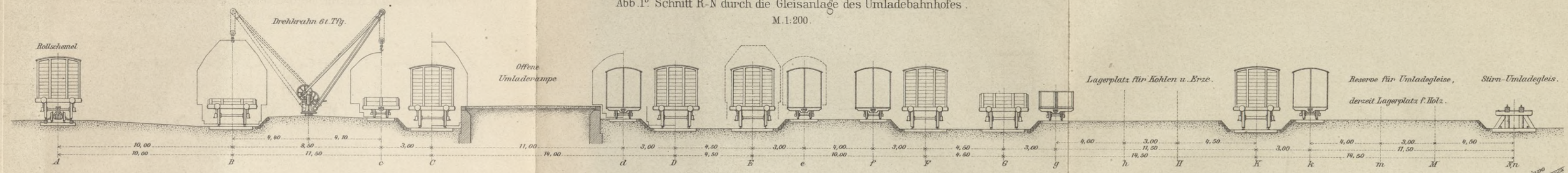


Abb. 1a. Erweiterter Bahnhof.

M. 1:4000.

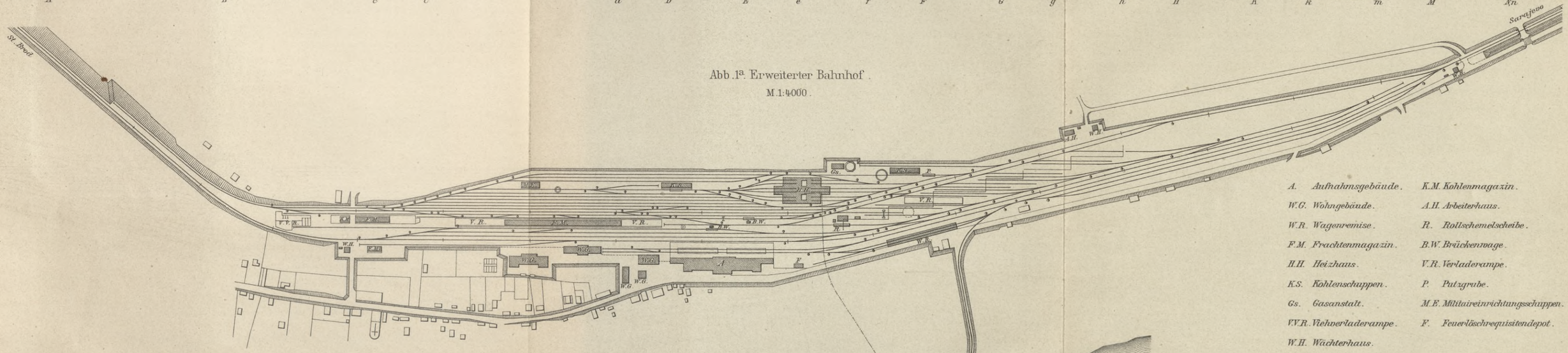


Abb. 2. Kreuzung des vierschienigen Gleises mit dem Schmalspur-Gleise in der Station Kapfenberg Localbahn.

Kreuzungswinkel 8° 0' 0" für das Schienenprofil Syst. VII der k. k. priv. Südbahn.

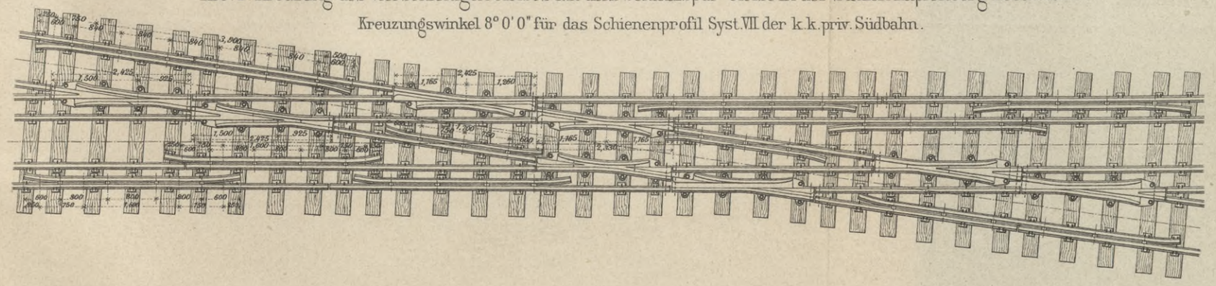
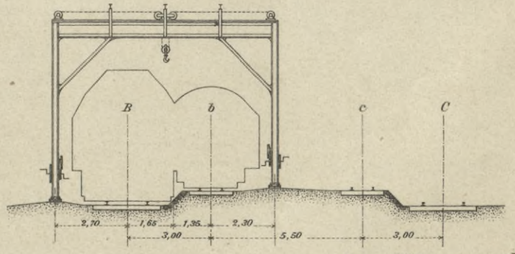


Abb. 1c. Bockkrahn 20t Tfg.

für den Umladebahnhof.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilh. Engelmann, Leipzig.

30