

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



~~15199~~

L. inw.



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298648

15199

W₂/2

HANDBUCH
DER
INGENIEURWISSENSCHAFTEN

in fünf Bänden.

Fünfter Band:
Der Eisenbahnbau.

Ausgenommen Vorarbeiten, Unterbau und Tunnelbau.

Herausgegeben

von

F. Loewe und Dr. H. Zimmermann.

Achte Abteilung.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1901.

DER EISENBAHNBAU.

Ausgenommen Vorarbeiten, Unterbau und Tunnelbau.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften V. Band. *Zwe*

Achte Abteilung: *Kap VIII*

Lokomotiv-Steilbahnen und Seilbahnen.

Bearbeitet von

Roman Abt und Siegfried Abt,

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 206 Abbildungen im Text und vollständigem Sachverzeichnis.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1901.



III - 306592

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, sind vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~III 15199~~



Akc. Nr.

~~111~~ 50

BK-13 381/2017

Vorwort.

Als im Jahre 1898 die dritte Abteilung des V^{ten} Bandes des Handbuches der Ingenieurwissenschaften erschien, glaubten wir nach allen getroffenen Einleitungen bestimmt annehmen zu können, daß dieser die übrigen Abteilungen in nicht zu ferner Zeit folgen würden. Wenn diese Annahme nicht zutreffend war, so liegt der Grund lediglich in einer ganz ungewöhnlich starken Belastung der meisten unserer Herren Mitarbeiter mit Berufsgeschäften. Daraus erklärt sich auch, daß nun zunächst die achte vor den anderen, noch ausständigen Abteilungen zur Veröffentlichung gelangt. Alle noch fehlenden Kapitel befinden sich in Vorbereitung und wir hoffen, das die siebente Abteilung bildende Kapitel »Schmalspurbahnen« noch im laufenden Jahre, die übrigen Kapitel aber im kommenden Jahre liefern zu können.

Berlin und München, im Juli 1901.

Die Herausgeber.

Inhalts-Verzeichnis.

Achte Abteilung.

XIV. Kapitel.

Lokomotiv-Steilbahnen.

Bearbeitet von Roman Abt, Ingenieur in Luzern.

(Hierzu 71 Textfiguren.)

Einleitung.

Seite

| | |
|--------------------------------------|---|
| § 1. Allgemeiner Überblick | 1 |
|--------------------------------------|---|

Erster Abschnitt.

Geschichtliche Entwicklung der Lokomotiv-Steilbahnen.

| | |
|---|----|
| § 2. Bahnen mit gezahnter Hilfsschiene | 3 |
| R. Trevithick, J. Blenkinsop | 3 |
| E. Rimber | 4 |
| A. Cathcart, S. Marsh | 5 |
| N. Riggenbach | 7 |
| R. Wetli | 12 |
| § 3. Bahnen mit gezahnter Hilfsschiene. Fortsetzung | 13 |
| R. Abt | 13 |
| Bissinger-Klose | 18 |
| Locher, Telfener | 19 |
| Strub | 20 |
| Zusammenstellung ausgeführter Zahnradbahnen nach der Reihenfolge ihrer Entstehung | 21 |
| Betriebslänge der Zahnradbahnen zu verschiedenen Zeiten | 23 |
| § 4. Bahnen mit glatter Mittelschiene | 23 |
| G. Scott-Sellers, C. Krauss | 24 |
| J. B. Fell | 24 |

Zweiter Abschnitt.

Theoretische und praktische Untersuchungen.

| | |
|--|----|
| § 5. Berechtigung und Nutzen der Steilbahnen | 30 |
| § 6. Steigungsverhältnisse der Steilbahnen. Vergleich zwischen Reibungs- und Zahnstangenbahnen | 31 |
| Winterbetrieb der Zahnstangenbahnen | 33 |
| § 7. Zugkraft, Zugbelastung, Zugwiderstände der Steilbahnen. | 33 |
| Zugkraft | 33 |
| Zugbelastung | 35 |
| Doppelbespannung | 36 |
| Zugwiderstände | 36 |

Dritter Abschnitt.

Bau und Ausrüstung der Zahnstangenbahnen.

| | |
|---|----|
| § 8. Linienführung und Unterbau der Zahnstangenbahnen | 39 |
| Grundriss und Aufriss | 39 |
| Unterbau | 41 |

| | Seite |
|---|-------|
| § 9. Oberbau der Zahnstangenbahnen | 42 |
| Schienen, Schwellen | 42 |
| Zahnstangen | 43 |
| Zahnstangeneinfahrten | 45 |
| Schiebebühlen, Weichen | 46 |
| Straßenübergänge und Straßenzahnstange | 46 |
| Befestigung der Zahnstangen auf eisernen Brücken | 47 |
| § 10. Lokomotiven und Wagen der Zahnstangenbahnen | 49 |
| Lokomotiven, Kessel | 49 |
| Kraftübertragung | 50 |
| Bremsen | 51 |
| Vorschriften über die Handhabung vereinigter Reibungs- und Zahnradlokomotiven Abt'scher Bauart | 52 |
| Wagen | 54 |
| § 11. Zahnradbahnen mit elektrischem Betrieb | 55 |
| Gornergratbahn | 56 |
| Kraftbedarf | 56 |
| Stromerzeuger (Generatoren), Schalttafel, Umformer (Transformatoren) | 57 |
| Kontaktleitung | 58 |
| Elektrische Lokomotive | 58 |
| Personenwagen | 59 |
| Betrachtungen über elektrische Zahnradbahnen | 59 |
| § 12. Eigenartige Einzelheiten verschiedener Zahnstangenbahnen | 60 |
| Klose's Lokomotive für St. Gallen-Gais | 60 |
| Locher's Oberbau und Lokomotive der Pilatusbahn | 62 |
| Lokomotiven der Zahnradbahn Rorschach-Heiden, Bauart Riggenbach | 64 |
| Lokomotiven der Brünigbahn | 65 |
| Schneebergbahn | 66 |
| Bosnisch-herzegowinische Staatsbahnen | 68 |
| Bahn Beirut—Damaskus | 70 |
| Bahn Tiszolcz-Zólyombrézo | 72 |
| § 13. Anlagen und Betriebskosten der Lokomotiv-Steilbahnen | 74 |
| Allgemeine Bemerkungen | 74 |
| Vergleich der Betriebsergebnisse auf Reibungs- und Zahnstangenbahnen und zwar der Arlberg- und Gotthardbahn einerseits und der Erzberg- und Harzbahn anderseits. | 76 |
| Betriebsergebnisse von fünf Vergnügungsbahnen | 86 |
| Litteratur | 86 |

XV. Kapitel.

Seilbahnen.

Bearbeitet von Siegfried Abt, Konstrukteur der Schweizer Lokomotiv- und
Maschinenfabrik in Winterthur.

(Hierzu 206 Textfiguren.)

Einleitung.

| | |
|---|----|
| § 1. Geschichtlicher Überblick | 88 |
| Seilbahnen für Güterbeförderung, — für Personenbeförderung, Reibungsbahnen mit Seilbetrieb, Kabelbahnen in Städten, schwebende Seilbahnen. | |

Erster Abschnitt.

Seilbahnen älterer Bauart.

| | |
|--|----|
| § 2. Seilbahnen für Güterbeförderung in Bergwerken | 92 |
| I. Förderung mit offenem Seil | 94 |

| | Seite |
|---|-------|
| 1. Förderung mit Seil und Gegenseil | 94 |
| 2. Förderung mit Vorder- und Hinterseil. | 94 |
| 3. Förderung mit Seil und Verbindungsseil. | 95 |
| II. Förderung mit geschlossenem Seil | 97 |
| 1. Förderung mit Oberseil | 97 |
| a) Förderung mit glattem Seil. | 97 |
| § 3. Seilbahnen für Güterbeförderung in Bergwerken. Fortsetzung | 101 |
| b) Förderung mit Knotenseil | 101 |
| 2. Förderung mit Unterseil | 104 |
| § 4. Seilbahnen für Güterbeförderung. Bremsberge (Flache Förderung) | 108 |
| § 5. Seilbahnen für Personenbeförderung | 109 |
| Lyon-Croix-Rousse | 109 |
| Lyon-Fourvière-St. Just | 111 |
| Ofener Seilbahn | 111 |
| Leopoldsberg bei Wien | 112 |
| Galata-Pera (Konstantinopel) | 112 |
| Pittsburg, Pa. (Vereinigte Staaten in Nordamerika) | 113 |
| Mount Auburn, Cincinnati | 113 |
| Jersey-City (New York) | 113 |
| Sophienalp (Bauart Sigl) | 114 |
| § 6. Reibungsbahnen mit Seilbetrieb | 114 |
| Dom Pedro San Paulo in Brasilien | 114 |
| Schiefe Ebene von Lüttich | 115 |
| Schiefe Ebene von Aachen | 116 |
| Schiefe Ebene zwischen Düsseldorf und Elberfeld | 116 |

Zweiter Abschnitt.

Seilbahnen neuerer Bauart.

| | |
|--|-----|
| § 7. Schwebende Seilbahnen. Seilbahnen mit unterbrochenem Betrieb. Draht- und Seilriesen. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb englisch-amerikanischer Bauart | 117 |
| A) Draht- und Seilriesen | 117 |
| a) Eingleisige Riesen | 117 |
| 1. Drahtriesen einfachster Art | 117 |
| 2. Eingleisige Seilriesen | 118 |
| b) Doppelgleisige Riesen | 118 |
| B) Von Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb. Englisch-amerikanische Bauart | 119 |
| 1. Ältere Ausführungen | 119 |
| 2. Neuere Ausführungen | 120 |
| Elektrische Drahtseilbahnen, Telpherlinien | 123 |
| § 8. Schwebende Seilbahnen. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb deutscher Bauart (Otto und Bleichert) | 123 |
| Drahtseile und deren Kuppelung | 124 |
| Weichen. | 126 |
| Zugseil | 127 |
| Unterstützungen | 128 |
| Wagen. | 130 |
| § 9. Schwebende Seilbahnen. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb deutscher Bauart (Fortsetzung). | 132 |
| Kuppelungsvorrichtungen | 132 |
| Bremsen. | 139 |
| Stationen | 139 |
| Schutzvorrichtungen | 140 |
| Wiegevorrichtungen | 141 |
| Hängebahnen | 141 |
| Betrieb und erforderliche Arbeit | 142 |

| | Seite |
|---|-------|
| Leistungsfähigkeit | 144 |
| Anlagekosten | 144 |
| § 10. Schwebende Seilbahnen. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb für Personen- beförderung | 145 |
| § 11. Kabelbahnen in Städten. | 146 |
| Seile | 147 |
| Gleise und Schienen | 148 |
| Seilführung und Oberbau | 148 |
| Seilrollen, Seiltrommeln | 149 |
| Spannvorrichtungen | 150 |
| Krümmungen | 151 |
| Kreuzungen. | 152 |
| Mitnehmer | 153 |
| Seilwechsel | 153 |
| Abzweigungen | 154 |
| Haupt-(Central-)Station | 154 |
| Kraftbedarf, Betriebskosten. | 154 |
| Miller's Zwillingssystem | 155 |
| Rettig's Stufenbahn | 155 |
| Beispiele städtischer Kabelbahnen: | |
| Kabelbahn in Los Angeles (Kalifornien) | 155 |
| Kabelbahn in Philadelphia | 156 |
| § 12. Agudio's Seilebenen | 156 |
| Versuchsstrecke bei Dusino | 157 |
| Seilbahn bei Lang le Bourg | 159 |
| Supergabahn. | 159 |
| § 13. Die Vesuvbahn. | 162 |
| § 14. Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen. | 163 |
| Allgemeines | 163 |
| Längenschnitt | 163 |
| Widerstand auf Seilbahnen | 163 |
| Gefällsbrüche | 165 |
| Unterbau | 166 |
| Hochbau | 167 |
| Oberbau (Ausweichen, Schwellen, Schienen, Zahnstange, Wagenanker). | 167 |
| § 15. Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen. Fortsetzung | 172 |
| Seil | 172 |
| Seilführung | 176 |
| Antrieb | 179 |
| Wagen | 182 |
| Bremsen. | 184 |
| Anlage-, Betriebskosten | 187 |
| Leistungsfähigkeit | 189 |
| § 16. Vergnügungs- Touristen-)Bahnen. Beispiele | 189 |
| Lausanne-Ouchy | 189 |
| Gießbachbahn | 191 |
| Bürgenstockbahn | 194 |
| § 17. Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen. Beispiele. Fortsetzung. | 197 |
| Territet-Glion | 197 |
| Stanserhornbahn | 200 |
| Hauptverhältnisse einiger Vergnügungsbahnen der Schweiz | 206 |
| Litteratur | 207 |
| Sachregister | 208 |

XIV. Kapitel.

Lokomotiv-Steilbahnen.

Bearbeitet von **Roman Abt**, Ingenieur in Luzern.

(Mit 71 Textfiguren.)

Einleitung.

§ 1. Allgemeiner Überblick. — Weit zurück liegt der Ursprung der Bahnen im weiteren Sinne des Wortes. Die alten Kulturvölker, die Ägypter vorab, benutzten zu ihren gewaltigen Bauten künstlich angelegte Bahnen, die Römer insbesondere auch bei Belagerungskriegen. Damals, wie heute, bestand eine solche Bahn aus zwei parallelen Strängen, bald aus mächtigen Steinblöcken mit eingemeißelter Spurrinne, bald aus Steinfließen, ganz ähnlich wie wir sie heute noch in den Straßen italienischer Städte finden. Je nach der Bodenbeschaffenheit und dem Zwecke wurden diese Steingleise bald wagrecht, bald in ganz ansehnlichen Steigungen angelegt, so daß auch schon damals eigentliche Steilbahnen vertreten waren.

Die Engländer schrieben lange Zeit ihrem Landsmanne Beaumont das Verdienst zu, als Erster im Jahre 1649 das Steingleis durch Holzschienen ersetzt zu haben; allein genauere Forschungen ergaben, daß das Holzgleis deutschen Ursprungs ist und von deutschen Grubenarbeitern in England eingeführt wurde.

Die rasche Abnutzung des Holzes, namentlich eine Folge der großen Transportlasten, veranlaßte mit der Zeit die Bekleidung der Tragflächen mit Gußstreifen und Bandeisen. Dieser Belag wurde immer kräftiger, bis endlich gegen Ende des XVIII. Jahrhunderts gegossene Schienen das Gleis bildeten. Ein letzter Schritt, unserem Jahrhundert vorbehalten, war die Verwendung gewalzter Schienen. Demnach gebührt die Ehre der Erfindung des Gleises Völkern, die Jahrtausende vor uns gelebt haben. Anders verhält es sich mit der Lokomotive. Erst Ende des XVII. Jahrhunderts werden zu diesem Werke menschlichen Geistes die ersten bedeutenderen Beiträge von Denis Papin geliefert. Verhältnismäßig wenig gefördert im XVIII., bringt ihm dagegen das XIX. Jahrhundert durch George Stephenson plötzlich praktische Gestaltung, ungeahnte Entwicklung und Blüte.

So lange Menschen und Tiere durch Ziehen oder Schieben die bewegende Kraft der Bahnen lieferten, kam die Reibung zwischen Gleis und Fahrzeug nicht in Betracht; anders aber, als die Zeit gekommen war, wo das Fahrzeug selbst, durch Umdrehung seiner Räder, die Fortbewegung der Last bewirken sollte. Erklärlich war die Befürchtung, daß hierbei die glatten Oberflächen von Rad und Schiene nicht genügen könnten, daß künstliche Stützpunkte geschaffen werden müßten in Form von Nägeln und Spitzen oder eigentlichen Zähnen an den Treibrädern, wovon sich

die ersteren in eine weichere Unterlage, z. B. aus Holz, eindrücken, letztere in eine entsprechende Zahnstange eingreifen sollten.

So kam es, daß die erste brauchbare Lokomotive eine Zahnradmaschine war, die sich mittels Zahnstange vorwärts bewegte. Allein kaum hatte diese ihren Dienst recht angetreten, da überzeugten praktische Versuche die Fachkreise, daß die Reibung zwischen Rad und Schiene genüge, um sehr ansehnliche Lasten vorwärts zu schaffen. Die damaligen Lokomotivbauer gaben daher das Zahnrad ganz auf und es folgte die Zeit des Reibungsbetriebes. Freilich stellte sich allmählich auch die Erkenntnis ein, dass die als praktisch anzuerkennende Grenze der zulässigen Steigung eine recht niedrige, oder daß die Zugbelastung eine beschränkte sei und so kam gegen Mitte des Jahrhunderts die Zahnstange abermals zu Ehren, zur Beförderung größerer Lasten auf Steigungen von dem doppelten Betrage der gewöhnlichen. Dieser Versuch (Madison-Indianapolis) blieb jedoch lange Zeit vereinzelt.

Endlich erfolgte eine neue Anwendung des Zahnrades, diesmal zur Überwindung ungewöhnlich starker Steigungen und nur zur Beförderung von Personen. Damit aber war ein glücklicher Wurf gethan. Dutzende von Bahnen solcher Art folgten und Tausende von Menschen gelangten seitdem mühelos auf die höchsten Berge.

Dieser Erfolg ließ auch einen weiteren erhoffen, nämlich die Anwendung der Zahnstange zur Beförderung großer Lasten auf verhältnismäßig starken Steigungen. Auch die Lösung dieser Aufgabe ist heute auf einer hohen Stufe der Vollkommenheit angelangt. Mit Hilfe des vereinigten Reibungs- und Zahnradsystems werden auf 50 bis 60 v. T. Steigung, d. h. auf der doppelten Größtsteigung der großen Reibungsbahnen ungefähr dieselben Züge befördert, die eine gewöhnliche Lokomotive bisher auf etwa 25 v. T. fortschaffte.

In der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts ist dasselbe Ziel auch auf anderem Wege angestrebt worden, wobei man von der richtigen Ansicht ausging, daß eine entsprechende Erhöhung der Reibung zwischen Rad und Schiene auch eine gesteigerte Leistung ermögliche. Ursprünglich wollten Manche die Reibung dadurch erhöhen, daß von der Lokomotive aus alle Wagenräder angetrieben und somit das ganze Zuggewicht zum Reibungsgewicht gemacht wurde; Andere wollten dasselbe erreichen, indem sie jedem Wagen seinen eigenen Motor zu geben gedachten. Naheliegende Schwierigkeiten widersetzten sich jedoch der Durchführung dieser Ideen. Immerhin ist die Ausführung der künstlichen Vergrößerung der Reibung gelungen und zwar durch Anpressen liegender Räder gegen eine in der Bahnachse gelagerte Doppelkopfschiene. Diese Lösung ist unter der Bezeichnung „System Fell“ bekannt und hat verschiedene Anwendungen gefunden.

Außerdem ist mit den Jahren noch eine ganze Reihe mehr oder weniger glücklicher Entwürfe entstanden. Die meisten derselben sind jedoch Pläne geblieben, oder haben ihre Verwirklichung nur im Modell gefunden. Einer derselben, wissenschaftlich wohl begründet und namentlich von akademischer Seite warm unterstützt, kam zur Ausführung, nämlich das vereinigte Reibungs- und Zahnradsystem Wetli's. Als aber eine der entscheidenden Probefahrten mit einem schweren Unglücksfalle endigte, wurde von seiner praktischen Verwendung abgesehen.

Zu ungeteilter Würdigung haben es die Steilbahnen auch heute noch nicht gebracht. Gleichwohl bestehen zur Zeit über 80 Lokomotivsteilbahnen mit einer Bahnlänge von rund 1200 Kilometer, mit mehr als 300 Lokomotiven.

Erster Abschnitt.

Geschichtliche Entwicklung der Lokomotiv-Steilbahnen¹⁾.

§ 2. **Bahnen mit gezahnter Hilfsschiene.** — Im Jahre 1804 setzte Richard Trevithick seine erste Lokomotive auf der Förderbahn von Merthyr nach Tydville in Gang. Da Steigungen, wenn auch keine bedeutenden, vorkamen, so mußten nach der damaligen Ansicht der Maschinenbauer besondere Vorkehrungen getroffen werden. Zwei Mittel sollten hierzu dienen. Einmal wurden die Räder nicht glatt, sondern gerippt ausgeführt, außerdem aber längs der Gußschienen Holzschwellen gelegt und in die Räder kräftige Eisennägel befestigt, welche bei der Abwicklung sich in das Holz eindrückten und dadurch ein Gleiten (Schleudern) der Räder verhinderten. Beide Mittel erwiesen sich jedoch allzu wirksam. Bedeutende Widerstände und rasche Abnutzung waren die Folge. Bemerkenswert ist übrigens, daß gerippte Räder für Straßenlokomotiven und Fahrräder bis in unsere Zeit immer wieder Verwendung gefunden haben. Auch die Stifte und Nägel des Triebrades samt einer Holzschwelle sind 80 Jahre später vom k. k. Regierungsrat Kamber wieder aufgenommen und bei einer, allerdings nicht zur Ausführung gekommenen Steilbahnanlage vorgesehen worden.

John Blenkinsop, der Besitzer der Middletoner Kohlenwerke bei Leeds, kam zur richtigen Erkenntnis, dass die oben erwähnten Umstände gründlich beseitigt werden könnten, wenn die Maschine seines Nachbars mit einem wirklichen Zahnrade versehen würde, das sich an einer entsprechenden Zahnstange abwickeln könnte.

Am 10. April 1811 suchte er für diese seine Idee das englische Patent nach und beauftragte den Maschineningenieur Mathäus Murray von Leeds mit dem Baue einer derartigen Maschine. Schon im August des folgenden Jahres kam dieselbe auf der entsprechend eingerichteten Bahn in Betrieb. Es war die erste richtige Zahnradlokomotive. Wie damals üblich, bestand das Gleis aus hölzernen Querschwellen und gußeisernen Schienen (Abb. 1). An die äußere Seite der einen Schiene waren warzenförmige Zähne angegossen, in welche das seitlich angebrachte Zahntrieb-

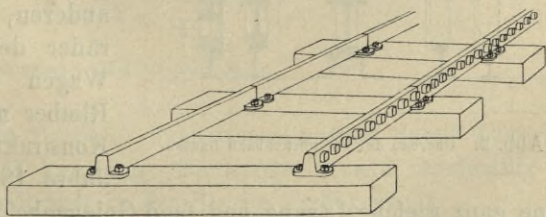


Abb. 1. Zahnstange. Blenkinsop.

¹⁾ Siehe: A. Lindner, Die Geschichte der Zahnschienenbahnen bis zur Eröffnung der ersten Rigibahn, Annalen für Gewerbe und Bauwesen, 1886.

eingriff. Den Antrieb lieferten zwei über dem Dampfkessel stehend angebrachte, doppelt wirkende Cylinder. Von hier erfolgte die Kraftübertragung durch Schubstangen auf zwei unter 90° zueinander gestellte Kurbeln. Auf den Kurbelachsen waren Zahngetriebe aufgekeilt, welche in ein gemeinsames Übertragungsrad eingriffen; auf der Achse des letzteren endlich war das eigentliche Zahnrad gelagert. Die ganze Lokomotive wog nicht über 5 Tonnen, sie zog auf wagrechter Bahn 30 Kohlenwagen von 94 Tonnen Gewicht mit 5 km Geschwindigkeit in der Stunde. Auf der stärksten Steigung von 66 v. T. konnten bei gleicher Fahrgeschwindigkeit noch 15 Tonnen befördert werden. Die Zugkraft betrug also rund 1500 kg.

Daß dieser außerordentliche Fortschritt im Bau und im Betriebe der Eisenbahnen nicht schon damals weitere Anwendung gefunden, hat seinen Grund in der fast gleichzeitigen Entdeckung W. Blackett's bei Versuchen, die auf der Bahn von Wylam angestellt wurden. Dabei zeigte sich nämlich, daß die Reibung zwischen glatten Schienen und glatten Rädern so bedeutend ist, daß sie allein, ohne Zahnstange und andere künstliche Mittel, genügt, eine bedeutende Zugkraft auszuüben, besonders dann, wenn mehrere Räder der Lokomotive zur Bewegung herangezogen, also das Gewicht des Motors möglichst vollständig ausgenutzt wird. Zu dieser Überzeugung war Blackett, oder richtiger dessen Grubenaufseher W. Hendley im Jahre 1814 gekommen.

Damit war die Weiterentwicklung der Zahnradbahnen zunächst abgeschnitten. Die Ausführungen Murray's hielten sich aber so vorzüglich, daß nach zuverlässigen Aufzeichnungen die Middletoner Zahnradbahn noch im Jahre 1838 im Betriebe stand und nach Vervollkommnungen verschiedener Art Züge bis zu 140 Tonnen auf wagrechter Strecke fortgeschafft wurden.

Dem nächsten Fortschritt in der Entwicklung des Zahnradsystems begegnen wir einige Jahre später in Nordamerika. Enner Rimber von Rimberton ließ sich 1831 von den Vereinigten Staaten ein Patent auf eine Vereinigung von Reibungs- und Zahnradvorrichtung erteilen. Sein Gleis sollte dort, wo die Zahnstange zur Anwendung kam, aus drei Strängen bestehen, aus einem mittleren, der die Zahnstange bildete samt einem schmalen Gleis, auf dem die losen Lokomotivräder in solcher

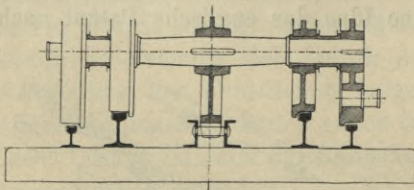


Abb. 2. Oberbau der Steinbruchbahn Laufen.

Höhe über den gewöhnlichen Schienen liefen, daß die Reibungstriebäder sich inzwischen in der Luft leer drehten und zwar über dem anderen, breiteren Gleis, auf dem die Tragräder der Maschine und die Laufräder der Wagen rollten. Eine Ausführung erlebte Rimber nicht. Dagegen kam R. Abt, damals Konstrukteur der Maschinenfabrik Aarau, im Jahre 1877 unabhängig von dieser Idee auf

eine ganz gleiche Lösung und fand Gelegenheit, dieselbe für eine kleine Steinbruchbahn in Laufen (Kanton Bern) auszuführen. Die Anordnung des Oberbaues und der Triebachse ist in beistehender Abb. 2 dargestellt.

Seither sollten amerikanische Ingenieure noch zweimal wegweisend auf dem Gebiete der Zahnradbahnen werden.

Im Jahre 1837 wurde die Bahn von Madison nach Indianapolis (Nordamerika) angelegt. Die Bodenverhältnisse erforderten kurz nach Verlassen des Bahnhofes Madison eine 2 km lange Steilrampe von 59 v. T. Steigung. Die ersten Jahre

erfolgte der Betrieb durch Pferde, allein bald reichten deren Kräfte nicht mehr aus. 1845 lieferte dann W. Baldwin in Philadelphia eine gewöhnliche Dampflokomotive mit 26 Tonnen Dienstgewicht. Allein ihre Leistungsfähigkeit entsprach nur drei Wagen im Gewichte von 33 Tonnen. Nach vielfachen Entwürfen, an denen sich besonders William Hoyt von Dupont bethätigte, wurden im Jahre 1847 nach Plänen von A. Cathcart, ebenfalls von Baldwin, zwei Zahnradlokomotiven gebaut, welche sich durch ihre Anordnung und Leistung auszeichneten. Diese Maschinen wurden, wie Abb. 3 zeigt, von vier Triebachsen getragen, alle gekuppelt und von einem Cylinderpaare angetrieben.

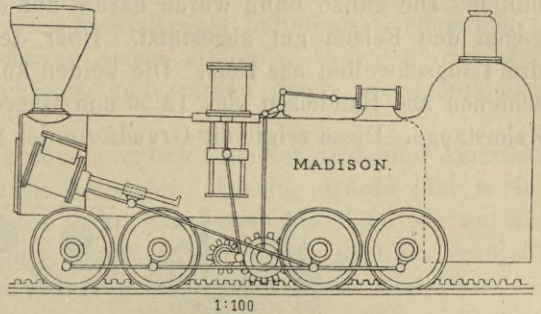


Abb. 3. Lokomotive. Cathcart.

Als gewöhnliche Reibungsmaschinen arbeiteten sie damit auf den wenig geneigten Strecken der Bahn, auf der Zahnstange aber wurde der Dampf zur Erzeugung der Reibung abgestellt. Durch einen über dem Kessel, vor der Feuerbüchse angebrachten Dampfzylinder wurde die Zahntriebachse mit dem Zahnrade gesenkt und durch zwei weitere Dampfzylinder, die stehend über dem Langkessel angebracht waren, wurde ein Zahngetriebe in Bewegung gesetzt, das mit dem Zahnrade in Eingriff stand und damit die Fortbewegung des Zuges auf der Zahnstange bewirkte. Diese bestand aus Gußeisen und war in der Bahnachse auf einer hölzernen Langschwelle angebracht (Abb. 4, 5).

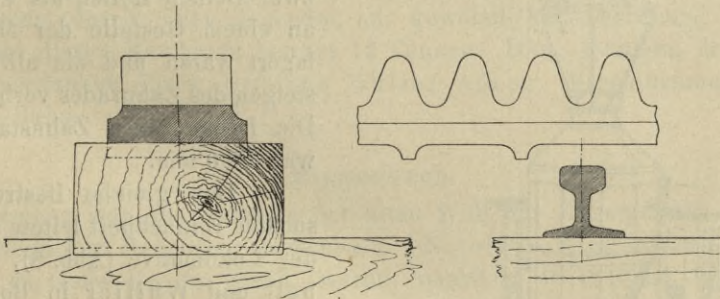


Abb. 4, 5. Zahnstange. Madison-Indianapolis.

Die Lokomotive samt Tender wog 54 Tonnen. Probeweise wurden damit Züge bis zu 170 Tonnen befördert. Die 2,145 km lange Steilrampe wurde regelmäßig in 25 Minuten, also mit 5 km Geschwindigkeit in der Stunde zurückgelegt.

Bis zum Juli 1868 blieben diese Maschinen im Dienste. Dann wurden sie wiederum durch Reibungsmaschinen von 50 Tonnen Reibungsgewicht und fünf gekuppelten Achsen ersetzt. Dieselben beförderten für gewöhnlich außer dem 16 Tonnen schweren Tender einen Zug von 90 Tonnen mit 10 km Geschwindigkeit.

Im Juni des Jahres 1858 endlich legte Silvester Marsh aus Chicago dem gesetzgebenden Körper des Staates New-Hampshire das wohldurchdachte Modell einer Zahnradlokomotive und einer Zahnstange vor, zur Ersteigung des Mount

Washington. Darin war die Zahnstange ebenfalls in der Bahnachse und der Dampfkessel stehend angeordnet. Die verlangte Genehmigung wurde auch erteilt, doch erst im Frühjahr 1866 waren die zum Baue nötigen Mittel beisammen.

Örtliche Verhältnisse, namentlich ganz felsiges Gelände, dann auch die knapp bemessenen Geldmittel drängten darauf, die Baukosten so niedrig wie möglich zu halten. Die ganze Bahn wurde darum auf ein fortlaufendes Holzgerüst verlegt und gegen den Felsen gut abgestützt. Über dem eigentlichen Gerüste befanden sich drei Langschwellen aus Holz. Die beiden äußeren dienten zur Aufnahme der Laufschienen aus Bandeisen von 12/50 mm Querschnitt, die mittlere zur Aufnahme der Zahnstange. Diese zeigte die Grundform der seitherigen Leiterzahnstangen. Abb. 6, 7.

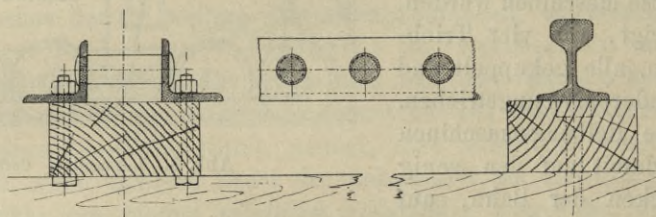


Abb. 6, 7. Zahnstange. Marsh.

Sie bestand aus zwei Winkeleisen von 76/76/10 mm Querschnitt im Abstände von 118 mm. Dazwischen steckten die Zähne aus 38 mm dickem Rundeseisen. Diese letzteren waren beiderseitig an ihren Enden vernietet. Die Teilung betrug 100 mm, die Breite des Zahnstangenfußes 270 mm, die der darunter liegenden Langschwelle 204 mm. Die Winkeleisenschenkel standen somit beiderseits um 33 mm über die Langschwelle vor und dienten zwei kleinen Rollen als Führung, die an einem Gestelle der Maschine gelagert waren und ein allfälliges Aufsteigen des Zahnrades verhüten sollten. Die Länge eines Zahnstangenstückes war 3600 mm.

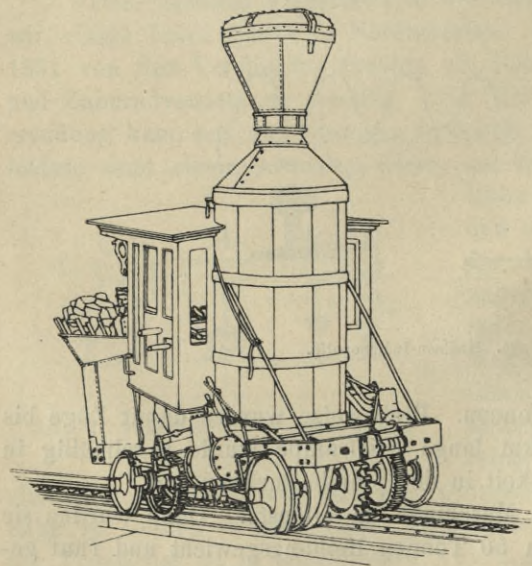


Abb. 8. Lokomotive. Marsh.

Das gleiche Bestreben ausgesuchter Einfachheit leitete den Entwurf der Lokomotive (Abb. 8), von Campbell und Whitier in Boston erbaut, welche noch im gleichen Jahre 1866 ihren Dienst begann. Der lotrechte Kessel war an zwei Drehzapfen aufgehängt. Die Maschine wurde von zwei Achsen getragen, von denen die hintere zugleich Zahntriebachse war. Die Bewegung erfolgte von einem Paar seitlich und außerhalb des Rahmens angebrachter Dampfzylinder aus. Durch zweimalige Übersetzung, also mit Hilfe von drei Vorgelegen, erfolgte der Antrieb der Zahnradachse. Diese Maschine wog bloß 4 Tonnen und beförderte auf dem 1,5 km langen Bahnstück, welches im

ersten Jahre vollendet wurde und eine größte Steigung von 33 v. H. enthielt, eine Last von 5 Tonnen mit 4,5 km Fahrgeschwindigkeit in der Stunde.

Diese erste Maschine erwies sich bei alledem doch als zu einfach gebaut; schon 1867 wurde darum an eine stärkere Bauart gedacht, deren Gewicht dann 6,5 Tonnen erreichte. Die allgemeine Anordnung mit stehendem Kessel aber wurde beibehalten, dagegen geschah die Kraftübertragung durch eine einzige Vorgelegewelle. Für die Thalfahrt wurden die Dampfzylinder als Luftbremsen eingerichtet, wie alle später gebauten Zahnradlokomotiven solche erhielten. Auch die Schienen aus Flacheisen erwiesen sich als zu schwach und wurden durch Breitfußschienen von 15 kg/m ersetzt.

Am 14. August 1868 hatte Marsh 60 der ersten Eisenbahntechniker Amerikas zu sich geladen und sie auf seiner Bahn befördert. Allseitig wurde ihm uneingeschränktes Lob gespendet. Im gleichen Jahre war auch die Bahn bis auf ein kurzes Stück unter dem Gipfel vollendet. Nachdem der kleine Rest im Frühjahr 1869 nachgeholt, wurde die ganze Bahn dem regelmäßigen Betriebe übergeben.

Sie hat eine Länge von 4536 m, eine größte Steigung von 377 v. T., eine Spurweite von 1411 mm ohne jedes seitliche Spiel der Räder im Gleis. Die mittlere Steigung beträgt 241 v. T. Die Kleinstwerte der Bogenhalbmesser betragen 150 m. Die Kosten der ersten Anlage waren Mk. 630 000. Die Züge bestehen aus der Lokomotive und einem Personenwagen mit 50 Sitzplätzen, von 3 Tonnen Eigengewicht, wobei die sämtlichen Bänke so angeordnet sind, daß alle Reisenden nach dem Thale schauen.

Im Jahre 1871 wurde eine dritte Lokomotive in Betrieb gesetzt, die sich, abgesehen von Verbesserungen in den Einzelheiten, von der früheren dadurch unterscheidet, daß jede der beiden Achsen ein Zahntriebrad erhielt und jede von einem eigenen Cylinderpaar angetrieben wurde. Im Jahre 1875 endlich wurde auch der stehende Kessel durch einen liegenden mit gewöhnlicher Anordnung ersetzt. Das Dienstgewicht dieser Maschinen beträgt 12 Tonnen. Diese letzteren drei Maschinengattungen verdanken ihren Ursprung Walter Aiken, Maschinenmeister der Mt. Washington-Bahn.

Riggenbach.

Inzwischen war aber auch in der alten Welt der Zahnradbahn ein Förderer von ungewöhnlicher Bedeutung erwachsen. Nicolaus Riggenbach, geboren im Jahre 1817 zu Gebweiler im Elsaß, wurde, nachdem er 1847 als Werkstättenchef von Emil Kessler in Karlsruhe die erste Lokomotive der schweizerischen Nordbahn nach Zürich gebracht, bald darauf zum Maschinenmeister der schweizerischen Centralbahn und zum Direktor der Hauptwerkstätten in Olten ernannt. Seinem Dienste unterstellt war auch der 2,5 km lange Hauensteintunnel mit 26,23 v. T. Steigung, dessen Reibungsverhältnisse für den Maschinendienst von jeher viel zu wünschen übrig ließen. Riggenbach kam daher auf den Gedanken, daß unter solchen Umständen eine Lokomotive mit Zahnrad und eine Zahnstange, also ein von der gewöhnlichen Reibung ganz unabhängiges Mittel, eine willkommene Lösung sein dürfte.

Pläne und Studien wurden daraufhin in Angriff genommen. Es entstand der Entwurf einer Zahnradlokomotive mit liegendem Kessel, ganz in der Anordnung der damaligen Kessler'schen Maschinen mit einem mittleren Zahnrade und dazu eine Zahnstange mit gewalzten Wangen und dazwischen gesteckten Zähnen mit Trapez-

querschnitt, welche seitlich durch Splinte festgehalten wurden. Auf diese Anordnung erwirkte Riggenbach durch Vermittlung der Firma André Köchlin & Cie. in Mühlhausen ein Patent für Frankreich, welches das Datum vom 12. August 1863 trägt.

Für die Zahnstange waren zwei Lösungen in Aussicht genommen. Die eine (Abb. 9) war aus einem \sqcup Eisen mit seitlich angewalzten Schenkeln gebildet, die andere (Abb. 10 und 11) aus zwei aufrecht stehenden, besonders geformten \sqcup Eisen, ähnlich einer einseitigen Breitfußschiene. Die Verzahnung war in beiden Fällen durch Querstäbe von trapezförmigem Querschnitte erzielt. Festgehalten werden sollten die Zähne durch seitlich durchgesteckte Schließen.

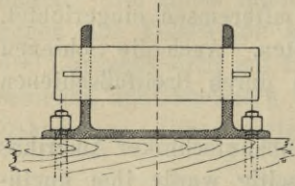


Abb. 9. Zahnstange. Riggenbach.

Ebenso waren auch zwei Arten Lokomotiven vorgesehen, für reinen und für gemischten Betrieb, mit liegenden Kesseln. Bei beiden erfolgte der Antrieb von den in gewöhnlicher Weise außen gelagerten Dampfzylindern aus auf eine vor der Feuerbüchse gelagerte Vorgelegeachse. Diese trug zwei kleine Zahngetriebe, welche in zwei Übersetzungsräder einer weiteren Achse, der eigentlichen Zahntriebachse, eingriffen, auf deren Mitte das Zahntriebrad gekeilt ward. Für gemischten Betrieb war diese letztere Achse durch Stangen mit einer Reibungstriebechse gekuppelt.

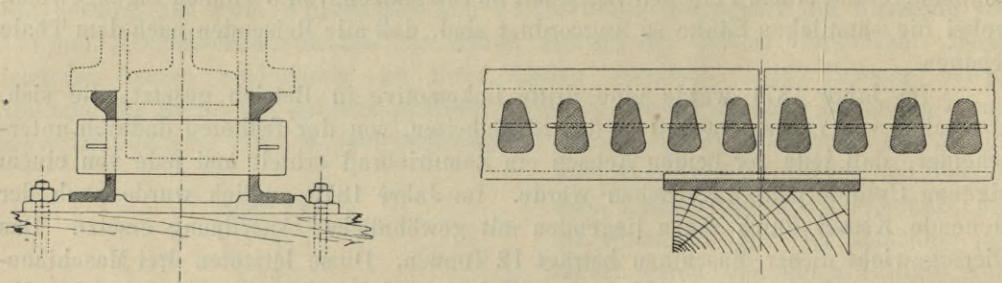


Abb. 10, 11. Zahnstange. Riggenbach.

In der Befürchtung, ein ungleich tiefer Eingriff möchte auf die Bewegung des Zahnrades störend wirken, waren, wie Abb. 10 zeigt, neben dem Zahnrade zwei leerlaufende Tragrollen angeordnet, die sich auf die Wangen von der oben erwähnten Form der Zahnstange stützten. Die ganze Anordnung der Lokomotiven deutete darauf hin, daß sie für Bahnen mit mäßiger Steigung in Aussicht genommen waren. Die Konstruktion der Zahnstange ist nicht zur Ausführung gekommen, wohl aber später jene der Lokomotiven.

Für sehr starke Steigungen schwebte Riggenbach eine andere Lösung vor, nämlich eine gewöhnliche, einfache Zahnstange, ähnlich jener von Cathcart und darin sich abwickelnd ein Schneckenrad, dessen Antrieb entweder durch Dampf, oder unter Umständen auch durch Wasserkraft mittels entsprechender Übertragung durch Seil oder Preßluft erfolgen sollte.

Riggenbach's unermüdliche Bemühungen zur Verwirklichung seiner Ideen sollten endlich eine ebenso unerwartete, wie günstige Unterstützung finden. Im Jahre 1867 war John Hitz, schweizerischer Generalkonsul bei den Vereinigten Staaten Nordamerikas, für einige Zeit in seiner Heimat und richtete an den schweizerischen Bundesrat einen ausführlichen Bericht über die am Mount Washington im Baue

befindliche Zahnradbahn, mit dem allgemeinen Hinweis auf die Nützlichkeit solcher Anlagen in den Schweizerbergen und dem besonderen einer Verbindung zwischen dem Genfersee und der Stadt Lausanne, beziehungsweise Westbahnhof.

Riggenbach, mit Hitz persönlich bekannt geworden, erhielt von diesem den Rat, auf den Rigi eine Bahn zu bauen, wie Silvester Marsh am Mount Washington. Damit war eine glückliche Wendung eingetreten. Ein Bau, der, wie sich bald herausstellte, glücklicher nicht gewählt werden konnte, dazu der in Amerika erbrachte Nachweis, daß eine Zahnradbahn keine solche „Ungeheuerlichkeit“ war, wie sie die Professoren am schweizerischen Polytechnikum in ihrem Gutachten an den schweizerischen Bundesrat dargestellt hatten, mußte neuen Mut verleihen und zum Siege helfen.

Auf der Generalversammlung des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins vom 27. bis 29. September 1868 in Interlaken, auf dem verschiedene Gebirgsbahnarten zur Besprechung kamen, hatte Riggenbach im Vereine mit Olivier Zschokke noch einmal versucht, die Techniker für seinen Plan einzunehmen. Wenngleich unentschieden, zeigte sich doch eine größere Neigung für die neu aufgetauchte Bauart Wetli's. In dieser Stimmung wurde von Riggenbach, Zschokke und Oberst Adolf Naeff, des letzteren Geschäftsgenossen, noch am 29. September der Entschluß gefaßt, auf den Rigi eine Zahnradbahn zu bauen.

Zur Aufklärung, sowie Feststellung der mechanischen Einzelheiten wurde Ingenieur Otto Grüninger nach dem Mount Washington entsendet und im Juni 1869 wurde von demselben ein ausführlicher Bericht erstattet mit zahlreichen Skizzen der dortigen Ausführungen und höchst wertvollen Verbesserungsvorschlägen und Anregungen.

Am 9. Juni 1869 erfolgte die von der Regierung des Kanton Luzern verlangte Genehmigung des Baues einer Bahn Vitznau-Kaltbad-Staffelhöhe. Am 24. Juli gleichen Jahres erhielt sie die bundesrätliche Genehmigung und unmittelbar darauf sagten auch vier Banken ihre Mitwirkung zu. Das Aktienkapital wurde auf 1 250 000 Frs. angesetzt, wovon die Hälfte von den drei Unternehmern übernommen wurde. Im Oktober 1869 begannen die Arbeiten. Die Vollendung der 5 km langen Bahn war für den Hochsommer 1870 in Aussicht genommen, allein die Bauarbeiten verzögerten sich etwas und plötzlich brachte der Ausbruch des deutsch-französischen Krieges im Juli 1870 eine Störung in die Ablieferung der Schienen. Immerhin hatte im Mai 1870 die erste Probefahrt und genau ein Jahr später die Eröffnung des Betriebes stattgefunden.

Was am Rigi zur Ausführung gelangte, waren weder die Zahnstange, noch die Lokomotive nach dem seinerzeit in Frankreich genommenen Patente Riggenbach's, sondern in allen wesentlichen Teilen, selbst bis auf einzelne Abmessungen genau, die Formen vom Mount Washington, jedoch mit so bedeutenden Vervoll-

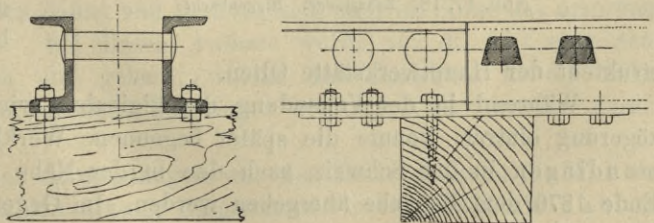


Abb. 12, 13. Zahnstange der Rigiabahn. Erste Anordnung.

kommungen, daß die mechanische Ausrüstung dieser Zahnradbahn gegenüber ihrem Vorbilde einen hochwichtigen Fortschritt bedeutet. Wie die Abb. 12 und 13 zeigen,

bestand die Zahnstange am Rigi aus zwei Γ Eisen als Seiten und dazwischengesteckten Zähnen von trapezförmigem Querschnitte. Diese letzteren waren, soweit sie im Stege der Γ Eisen steckten, angedreht und an den Enden vernietet. Jedes Zahnstangenstück hatte eine Länge von 3 m. Die Teilung betrug 100 mm. Die Stöße befanden sich stets über einer Schwelle. Als Lasche dienten zwei Flacheisen von der Breite der Schenkel der Γ Eisen. Die Befestigung auf den Schwellen erfolgte mittels Holzschrauben.

Die Schienen waren 80 mm hoch und wogen 15 kg/m. Neben denselben führten hölzerne Langschwelle über die ganze Bahn, wie Abb. 14 andeutet. Als die Zeit

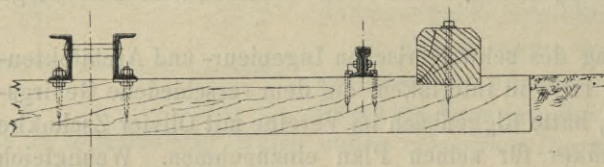


Abb. 14. Alter Oberbau der Rigibahn.

heute das Gleis die durch Abb. 15 und 16 dargestellte Form. Die Lagerung der Zahnstange unmittelbar auf den Querschwellen hat den Vorteil größter Einfachheit für sich. Dagegen greift in-

einer Auswechslung der hölzernen Schwelle rasch heranrückte, entschloß sich die Rigibahn, zum eisernen Oberbau und gleichzeitig zu stärkeren Laufschiene überzugehen. In wenig Jahren war der Umbau durchgeführt und es zeigt

folgedessen das Zahnrad tief herunter und erschwert dadurch auch die Anordnung der Weichen und Kreuzungen. Um diesem Nachteile zu begegnen, zeigen die späteren Riggenbach'schen Bahnen eine Lagerung der Zahnstange auf gußeisernen Stühlen nach Abb. 17 und 18. Diese Anordnung findet sich bei sämtlichen späteren Bahnen gemischten Betriebs.

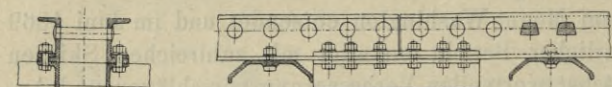


Abb. 15, 16. Zahnstange der Rigibahn. Neue Anordnung.

zeigen die späteren Riggenbach'schen Bahnen eine Lagerung der Zahnstange auf gußeisernen Stühlen nach Abb. 17 und 18. Diese Anordnung findet sich bei sämtlichen späteren Bahnen gemischten Betriebs.

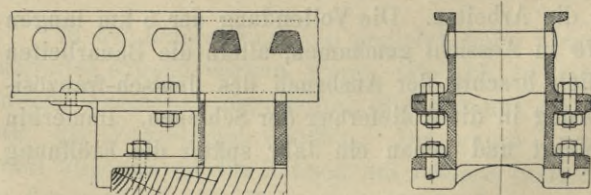


Abb. 17, 18. Zahnstange. Riggenbach.

konstrukteur der Hauptwerkstätte Olten.

Während in der Vollendung der Rigibahn, wie oben angedeutet, eine Verzögerung eintrat, konnte die später begonnene Werkbahn von der Station Ostermündingen in der Schweiz nach den in der Nähe gelegenen Steinbrüchen noch Ende 1870 dem Betriebe übergeben werden. Im Gegensatze zu der vorigen, reinen Zahnradbahn, war diese eine gemischte, ebenfalls von voller Spurweite, mit 100 v. T. größter Steigung. Die ganze Länge beträgt 1,5 km, wovon 1 km in gewöhnlicher Weise mit Reibung und 0,5 km mit Zahnstange betrieben werden. Hier wendete Riggenbach genau die Zahnstange vom Mt. Washington an, bestehend aus

Bei der Bestimmung der Einzelheiten für die Zahnstange wirkten die Professoren Reuleaux und Culmann mit, bei dem sehr gelungenen Entwurf der Lokomotiven vor allem Emil Plattner, ein ehemaliger Schüler Redtenbachers, langjähriger Kon-

zwei Winkeleisen mit dazwischen genieteten Rundeisen im Abstände von 100 mm, das Ganze, wie dort, auf eine kräftige hölzerne Langschwelle gelagert.

Nach einem neuen Gedanken dagegen wurde die Maschine gebaut. Sie ist eine Tenderlokomotive mit einer Lauf- und einer Triebachse (Abb. 19). Von den

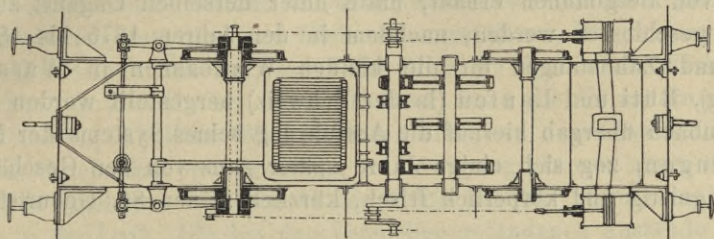


Abb. 19. Lokomotive. Ostermündingen.

Dampfeylindern aus wird die Bewegung auf eine Vorgelegewelle und von dieser mittels Zahngetriebe und Übersetzungsrad auf die Zahnradachse übertragen, außerdem geht vom Kurbelzapfen der Vorgelegewelle auch eine Kuppelstange zur hinteren Achse. Diese ist doppelt, auf dem Kerne sind die beiden Kurbeln befestigt und außerdem eine Klauenkuppelung. Die äußere, hohle Achse trägt die Reibungstriebäder und in deren Nabe die entsprechende Hälfte der Klauenkuppelung. Während der langsamen Fahrt kann diese Kuppelung eingerückt werden. Es arbeitet dann die Maschine mit der Reibung der hinteren Achse, während das Zahntrieb- rad sich ebenfalls mitdreht. Wird die Kuppelung zum Befahren der Zahnstange ausgerückt, so wird das Zahnrad allein angetrieben und die Achse für die Reibungsräder folgt lose mit.

Die Einfahrt in die Zahnstange gestaltete sich unter diesen Umständen ziemlich schwierig. Ein ungefähr 3 m langes, erstes Stück Zahnstange war auf Hebe- daumen gelegt. Die Maschine mußte sich über dieses Stück stellen und nun wurde dasselbe durch Drehen der Daumen gehoben, insofern nämlich die Lage des Zahn- rades gerade den richtigen Eingriff gestattete. War dies nicht der Fall, so mußte die Maschine ein Stück zurück, dann wieder heranzufahren und das so oft wieder- holen, bis der richtige Eingriff sich einstellte. Die Ausfahrt dagegen erfolgte naturgemäß immer anstandslos. Das von Riggenbach 1872 in den Vereinigten Staaten erworbene Patent bezieht sich auf diese Art der Einfahrt und die beschriebene Lokomotive.

Im Jahre 1876 wurde eine zweite Maschine nach Ostermündingen geliefert mit steifer Kuppelung zwischen Zahn- und Reibungsrad, ganz im Sinne des ursprüng- lichen französischen Patentes. Bei diesem Anlasse wurde von R. Abt eine neue Zahnstangeneinfahrt erfunden und gebaut, welche das Einfahren in die Zahn- stange selbstthätig und ohne Anhalten des Zuges erlaubte. Wir werden darauf zurückkommen.

Nach diesen glücklichen Anwendungen war den Zahnradbahnen die Welt erschlossen. Unter persönlicher Mitwirkung Riggenbach's wurden 1874 die Kahlen- bergbahn bei Wien und die Schwabenbergbahn bei Budapest erbaut, beide reine Zahnradbahnen nach dem Vorbilde am Rigi. In der Schweiz folgten 1875 zwei gleiche Ausführungen, die eine von Arth aus auf den Rigi, die andere von Rorschach nach Heiden.

Die letztgenannten vier Bahnen brachten leider kein entsprechendes Erträgnis; der größte Teil des Anlagekapitals blieb zinsenlos. Es mag das auf die weitere Entwicklung der Zahnradbahnen lähmend gewirkt haben. Eine von Riggenbach geleitete Maschinenfabrik in Aarau, insbesondere zum Baue der mechanischen Ausstattung von Bergbahnen erbaut, hatte unter derselben Ungunst zu leiden und mußte 1879 geschlossen werden, nachdem in den Jahren 1875 bis 1878 noch die Maschinen und Zahnstangen für die kleinen Werkbahnen in Wasseralfingen (Württemberg), Rüti und Laufen (in der Schweiz) hergestellt worden waren.

Riggenbach übergab hierauf die Ausführung seines Systems der Maschinenfabrik Eßlingen, zog sich einige Jahre später ganz von den Geschäften zurück, feierte aber, geistig und körperlich frisch, kürzlich seinen 80. Geburtstag.

Wetli.

Noch während Riggenbach, anfänglich mit wenig Erfolg, seine Bemühungen um Anwendung des Zahnstangenbetriebs fortsetzte, war ihm, wie oben angedeutet, in R. Wetli, Kantonsingenieur von Zürich, ein Mitbewerber erstanden. Im Jahre 1868 erfolgte über Wetli's Bauart die erste umfassendere Veröffentlichung. Der theoretisch sehr schönen Idee war die Meinung vieler Techniker nicht ungünstig, das Urteil der Professoren sehr zustimmend. Bald nach Erscheinen einer von Professor Harlacher vom deutschen Polytechnikum in Prag verfaßten Schrift über diese Konstruktion gelang es Wetli, eine Gesellschaft zur Ausführung seiner Entwürfe zu bilden. Das Ziel war der Bau einer Bahn von Wädensweil am Zürichsee nach dem weitbekannten Wallfahrtsorte Einsiedeln in einer Länge von rund 17 km.

Das System Wetli's ist ein gemischtes. Die nämliche Maschine sollte sowohl die Bahnstrecken mit gewöhnlichen Steigungen, also bis zu ungefähr 25 v. T. als gewöhnliche Tendermaschine, wie auch höhere Steigungen, bis 80 v. T., mit vereinten Kräften der Reibungstriebäder und eines walzenförmigen Zahnrades bewältigen, welches letzteres beliebig durch Dampfkraft gehoben und gesenkt werden konnte.

Im Jahre 1874 wurden auf einem etwa 400 m langen Stücke die ersten Probefahrten

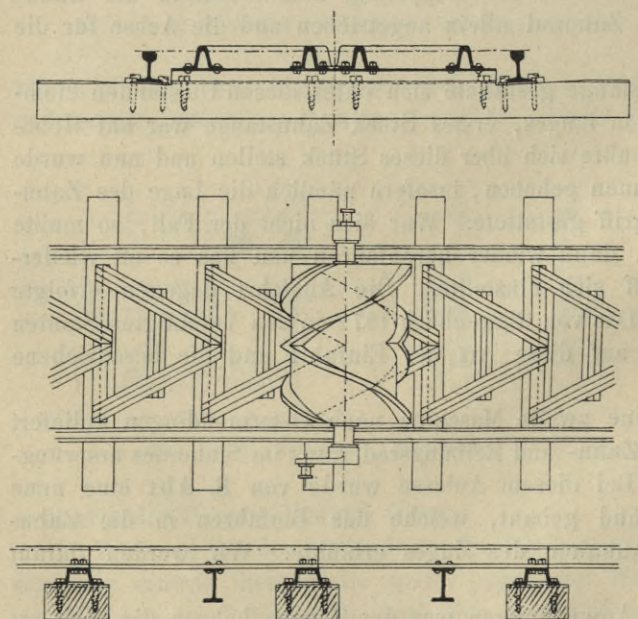


Abb. 20, 21, 22. Oberbau Wetli.

vorgenommen. Wenn auch nicht anstandslos, fielen sie doch so aus, dass der Weiterbau beschlossen und namentlich eine Vervollkommnung der Lokomotive angestrebt wurde. Im Herbst 1876 wurden mit der inzwischen fertig gestellten

neuen Lokomotive weitere Proben ausgeführt, sie endeten aber am 30. November 1876 mit einem schweren Unfälle, den freilich die Bauart unmittelbar nicht verschuldete. Die Folge davon war, daß die ganze Bahn als gewöhnliche Reibungsbahn ausgebaut und seither als solche betrieben wurde.

Der Oberbau Wetli's bestand in Querschwellen von Holz mit kräftigen Breitfußschienen; dazwischen, fast die ganze Gleisweite ausfüllend, Winkel aus Hohlschienen gebildet, im Abstand von 900 mm, sodaß das Gleis die Form einer Winkelzahnstange erhielt. Siehe Abb. 20, 21, 22. Das Triebrad hatte die Form einer Walze, auf die als Verzahnung ähnliche Winkelstücke wie jene des Oberbaues aufgenietet waren. Diese Triebachse war beständig in Bewegung, konnte aber, wie schon erwähnt, auf den flacheren Gefällen in die Höhe gehoben werden und drehte sich alsdann leer in der Luft. Die bei den Versuchen gefundenen Anstände waren hauptsächlich: Unregelmäßiges Anliegen der Verzahnung in den Bögen und bei ungenauer Lage des Oberbaues, infolge dessen starke Reibungswiderstände und Abnutzung. In Schnee und Eis dürfte wohl auch die Schwierigkeit, den Oberbau zu reinigen und damit einen genügend tiefen Eingriff zu sichern, fast unüberwindlich geworden sein. Einen zweiten Versuch hat diese Bauart seither nicht mehr erlebt.

§ 3. Bahnen mit gezahnter Hilfsschiene. Fortsetzung.

R. Abt.

Im Jahre 1882 wurde dem Schüler und langjährigen Mitarbeiter Riggenschüler's, Roman Abt in Luzern, ein Patent auf ein neues Zahnradsystem erteilt. Die unmittelbare Veranlassung zur Durchbildung desselben waren die Bemühungen des Geheimrats Albert Schneider um den Bau einer Bahn in seiner engeren Heimat, im Harz. Seit Jahren dauerten die Anstrengungen, die einst reiche Eisenindustrie jenes Landesteiles wieder fähig zum Wettbewerb zu machen und damit die Bevölkerung vor Verarmung zu schützen. Staat und Private wetteiferten in diesem Bestreben. Leider aber setzte die gebirgige Beschaffenheit der Gegend dem Unternehmen un-absehbare Schwierigkeiten entgegen.

An die Anlage einer Schmalspurbahn war unter den obwaltenden Verhältnissen nicht zu denken; ein wohlüberlegter, auf Grund des gewöhnlichen Reibungsbetriebs ausgearbeiteter Entwurf einer Bahn aber erforderte eine Bausumme von 9 Millionen Mark. Eine solche Summe konnte unmöglich verzinst werden.

In dieser Bedrängnis machte sich die Seele jener Bemühungen, A. Schneider, damals Direktor der Halberstadt-Blankenburger-Eisenbahn, an das eingehende Studium der bereits vorhandenen Zahnradbahnen, in dem berechtigten Gefühle, daß dieser Bauart die Fähigkeit innewohnen mußte, auch für größere Verhältnisse ähnliche Vorteile zu bieten, wie in den bisherigen Ausführungen für Vergnügungs- und kleine Werkbahnen. Bei der Entschiedenheit und Arbeitskraft dieses Mannes konnte der Erfolg nicht ausbleiben. Die grundlegenden Studien schlossen mit der Überzeugung, daß der Zahnradbetrieb auch den Anforderungen einer großen Bahn genügen werde, besonders wenn an den Lokomotiven gewisse Bedingungen hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Teilung der Arbeit erfüllt werden könnten. Der gründlichen Bekanntschaft mit den damals ausgeführten Zahnradbahnen folgte jene mit den Technikern, welche auf dem Sondergebiete thätig waren, und das Endergebnis war das Zahnradsystem von Abt mit seiner ersten Anwendung auf der Harzbahn.

Die bisher bekannten Zahnstangen waren dem Wesen nach als Leitern zu betrachten, auf welche sich der Zug stützte und Sprosse um Sprosse hinauf kletterte. Statt nun den Stützpunkt unten anzunehmen, konnte er auch ebensowohl oben gesucht und dementsprechend die Zahnstange als Seil oder Kette durchgebildet werden, wobei ganz wie bei der Leiter auch eine Verankerung der Zahnstange mit jeder Querschwellen hergestellt werden konnte. Eine weitere Ähnlichkeit mit der Kette ließ sich dadurch erreichen, daß die neue Zahnstange nicht aus stumpf gestoßenen Stücken, sondern aus Gliedern gebildet wurde, die ineinander übergriffen und somit ein zusammenhängendes Ganzes bildeten.

Ein ebensolcher Zusammenhang war aber auch noch in der Verzahnung zu erreichen. Die Mechanik kennt hierfür längst erprobte Lösungen, bekannt unter der Bezeichnung White'sche oder Kegelräder, sodann die Stufenzahnäder. Wo es sich im Maschinenbau um sehr rasch gehende Getriebe handelt, oder um solche, die, wie z. B. bei gewissen Hobelmaschinen, eine ganz sanfte gleichmäßige Arbeit liefern sollen, oder um solche, die sehr großen Druck auszuüben haben, wie bei gewissen Walzwerken und Preßwassermaschinen, werden mit bestem Erfolge derartige Stufenäder angewendet.

Gerade diese drei Anforderungen treten aber vereint beim Zahnradbetrieb auf Eisenbahnen auf. Stufenäder mußten sich daher auch hier bewähren und die zugehörige Zahnstange mußte entsprechend verschränkte Verzahnungen erhalten. Damit ist ihre Arbeitsweise derjenigen der gewöhnlichen Reibungäder um ein Bedeutendes ähnlicher gemacht. Das Fortbewegen einer Last auf den schmalen, glatten Schienen durch Drehen der ebenfalls glatten Triebäder kann bekanntlich damit erklärt werden, daß beim Abrollen deräder die unendlich kleinen Unebenheiten des Radumfanges in diejenigen der Schienenoberfläche eingreifen, sich dagegen stützen und dadurch die Vorwärtsbewegung ermöglichen. Diese Unebenheiten, ins tausendfache übersetzt, bilden eine Zahnstange und zwar eine vielfache mit, wenn auch unregelmäßiger, doch verschränkter Verzahnung.

Die Abt'sche Zahnstange der Harzbahn, Abb. 23 und 24, besteht aus drei in Abständen von 35 mm parallel nebeneinander stehenden Platten. Jede derselben ist

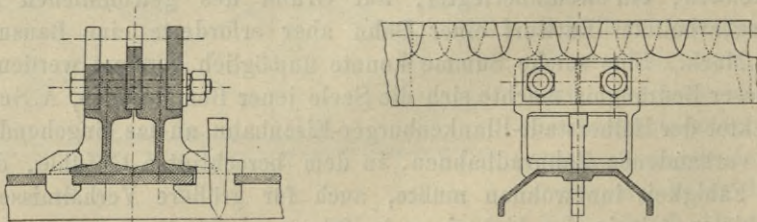


Abb. 23, 24. Zahnstange der Harzbahn.

eine einfache Zahnstange mit Evolventenverzahnung, hergestellt aus einem Stabe von rechteckigem Querschnitt aus weichem, zähem Stahl. Diese Platten sind so nebeneinander angeordnet, daß die Zähne der einen je um $\frac{1}{3}$ der Teilung gegenüber der Nachbarplatte versetzt sind. In ähnlicher Weise sind dann auch die 2640 mm langen Platten selber versetzt, so daß über einem Lagerstuhl nur der eine Strang gestoßen ist, während die beiden anderen mit vollem Stegquerschnitt durch-

laufen. Gehalten werden die Platten über jeder Querschwellen durch einen Lagerstuhl, welcher zwischen die Platten greift und deren richtigen Abstand herstellt. Er besitzt seitliche Schultern, auf welchen die Platten aufgelegt sind und dient mit seinem unteren Teile zur Verbindung zwischen Zahnstange und Querschwellen.

Der Grundsatz der Teilung der Arbeit, wie wir ihn soeben bei der Zahnstange gefunden haben, ist aber auch bei den Abt'schen Lokomotiven folgerichtig durchgeführt. Nicht nur enthält das Zahntriebbrad die der Plattenzahl entsprechende Anzahl Zahnkränze, am Harz also drei, sondern es erhält auch jede Maschine mindestens zwei, bei späteren Ausführungen für sehr hohen Zahndruck, auch drei Zahntriebbräder. Ferner sind diese Zahnräder zwar gekuppelt, aber unter sich wiederum verschränkt, so daß bei jedem Sechstel der Teilung, also alle 20 mm, ein neuer Zahneingriff stattfindet. Dadurch ist ein sehr ruhiger und sanfter Gang der Lokomotive in der Zahnstange erreicht, trotz allfälliger Ungleichheiten in der Teilung. Damit aber die einzelnen Zahnkränze thatsächlich auch zum Anliegen und Arbeiten kommen, sind dieselben nicht etwa auf die Triebachse festgekeilt, sondern durch Federn gehalten (Abb. 25). Letztere sind so bemessen, daß sie sich um ein gewisses Maß zusammendrücken lassen und der ganze Zahnkranz sich also auf der Achse verschiebt, wenn infolge Unregelmäßigkeiten der Zahnstange die Inanspruchnahme des einen Kranzes sein bestimmtes Maß übersteigen wollte.

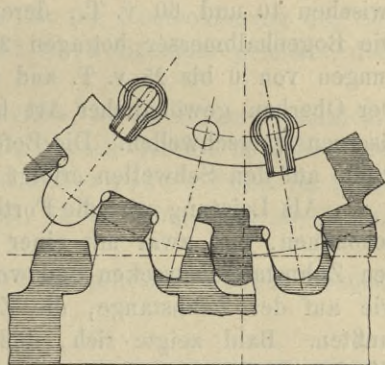


Abb. 25. Verzahnung und Federung der Zahnkränze.

Die Teilung der Arbeit ist übrigens noch weiter getrieben. Lokomotiven für so große Leistungen, wie die ins Auge gefaßten, erhalten unvermeidlich ein bedeutendes Gewicht. Wenn nun auch die Reibung zwischen Schiene und Rad je nach der Witterung sehr wechselnd ist, so wäre es doch ganz unzweckmäßig, auf sie zu verzichten. Bei den Lokomotiven dieses Systems war daher das Bestreben maßgebend, jene Zugkraft, welche die Maschine infolge ihres Gewichtes abzugeben vermag, bis zur äußersten Grenze zur Fortbewegung des Zuges herbeizuziehen und nur den beständig oder zeitweise fehlenden Teil durch das Zahnrad zu ergänzen. Die Abt'schen Lokomotiven sind daher in erster Linie Reibungsmaschinen mit allen Vorzügen und Nachteilen, welche diesen eigen sind. Als solche arbeiten sie längs der ganzen Bahn, während die Zahnradvorrichtung ausschließlich auf den ungewöhnlich steilen, mit Zahnstange ausgerüsteten Strecken zur Thätigkeit kommt. Letztere besteht aus einem besonderen, zwischen oder über den Cylindern der Reibungsmaschine gelagerten Dampfzylinderpaar und der entsprechenden gewöhnlichen Übersetzungsvorrichtung zwischen diesem und den Zahntriebachsen, die ihrerseits in einem besonderen Rahmen gelagert sind. Das Ganze ist unter dem gemeinschaftlichen Dampfkessel, zwischen die Reibungstriebachsen entsprechend verteilt, angeordnet. Durch solche vollständige Trennung von Reibungs- und Zahnradtriebwerk ist neben anderem namentlich auch der große Vorteil erreicht, daß die Lokomotive thatsächlich auf allen Strecken der Bahn, ob mehr oder weniger steil,

mit ihrer vollen, der Verdampfungsfähigkeit des Kessels angemessenen Kraft arbeiten kann, indem auf den starken Steigungen, wo die Zugkraft, der eine Faktor der Arbeit, sehr groß ist, langsam, auf den wagrechten oder wenig geneigten Strecken aber, wo die Zugkraft nur eine geringe zu sein braucht, entsprechend rasch gefahren wird.

Im Mai 1885 kamen die ersten Lokomotiven dieser Bauart auf dem ersten Abschnitt der Harzbahn in Betrieb. Der Erfolg war ein glänzender. Das ganze Werk erregte in der Eisenbahnwelt Aufsehen und erhielt Besuche aus allen Ländern der Welt. 1886 war die ganze Linie vollendet. Sie hat volle Spurweite und bildet ein Glied der deutschen Vereinsbahnen; alle Personen- und Güterwagen, auch Langholzwagen gehen ungehindert auf dieselbe über. Ihre Länge ist 30,5 km. Im ganzen kommen 10 Zahnstangenstrecken vor mit 7,5 km Länge und Steigungen zwischen 40 und 60 v. T., deren längste 1450 m, deren kürzeste 202 m beträgt. Die Bogenhalbmesser betragen 240 bis 300 m. Die Reibungsstrecken haben Steigungen von 0 bis 25 v. T. und Krümmungen bis hinunter auf 180 m Halbmesser. Der Oberbau gewöhnlicher Art besteht aus Stahlschienen von 30 kg Gewicht und eisernen Querschwellen. Die Befestigung der Schienen, wie auch der Zahnstangenhölzer auf den Schwellen erfolgt mittels Haken und Keilverschluß.

Als Leistung war die Fortbewegung eines Zuges von 120 Tonnen in Aussicht genommen, und zwar mit einer Fahrgeschwindigkeit von 9 km in der Stunde auf den Zahnstangenstrecken und von 15 km auf jenen Reibungsstrecken, wo, ebenso wie auf der Zahnstange, die Züge aus Sicherheitsrücksichten geschoben werden mußten. Bald zeigte sich, daß diese Leistung noch gesteigert werden konnte. Mit den 56 Tonnen schweren Lokomotiven werden seit Jahren Züge von 135 Tonnen mit 10 km/St. regelmäßig bergwärts befördert, ausnahmsweise auch solche von 150 Tonnen, die Lokomotive nicht eingerechnet. Die Anlage der ganzen Bahn kostete $4\frac{1}{2}$ Millionen Mark.

Noch im gleichen Jahre erfolgte die Anwendung derselben Bauart auf der vollspurigen Werkbahn des Kommerzienrates Oertel in Oertelsbruch und auf einer Bahn von 69 cm Spurweite in den dortigen Schieferbrüchen. In Anbetracht der weit geringeren Leistung dieser Bahnen wurden die betreffenden Zahnstangen nur zweiseitig ausgeführt.

Im folgenden Jahre wurde ein Teilstück der Puerto-Cabello-Valenzia-Bahn in Venezuela mit dreiteiliger Zahnstange ausgerüstet und im Jahre 1888 der für eine Verbindung von Visp mit Zermatt in Überlegung gezogene Entwurf einer Reibungsbahn mit 45 v. T. größter Steigung aufgegeben und die Bahn nach dem Abt'schen vereinigten Reibungs- und Zahnradsystem ausgeführt.

Von der 35,5 km langen Bahn erhielten sechs Stellen mit zusammen 7,5 km Länge Steigungen bis 125 v. T. und eine zweiseitige Zahnstange, die übrigen Strecken sind reine Reibungsstrecken mit 27 v. T. größter Steigung. Die Spurweite beträgt 1 m. Die Bögen haben Halbmesser von 80 m (im Bahnhofe Visp 50 m) in den Reibungs- und 100 m in den Zahnradstrecken. Das Gewicht der dienstfähig ausgerüsteten Lokomotive ist 29 Tonnen, wovon 21 Tonnen Reibungsgewicht, jenes der Züge 45 Tonnen.

Im Jahre 1889 fand die in Rede stehende Bauart ihre erste Anwendung für eine reine Vergnügungsbahn von Capolago, der Endstation des Luganersees, auf den 1700 m hohen Generoso an der schweizerisch-italienischen Grenze. Nach dem

Vorbilde der Pilatusbahn erhielt diese Bahn 80 cm Spurweite, schärfste Bögen von 80 m Halbmesser und eine größte Steigung von 220 v. T. Gleichzeitig hatte die österreichische Regierung für eine unmittelbare Verbindung über den Erzberg und die gemeinsame k. k. Regierung für die Okkupationsländer in Bosnien und Herzegowina die Anwendung des Abt'schen gemischten Betriebs für bedeutende Bauten beschlossen.

Die Linie Eisenerz-Vordernberg in Steiermark erhielt 20 km Länge und eine größte Steigung von 71 v. T. in der Zahnstangenstrecke, 25 v. T. in den übrigen Strecken. Die Lokomotiven wurden noch kräftiger als jene am Harz hergestellt, sodaß sie bergwärts Züge von 120 Tonnen, thalwärts solche bis 200 Tonnen Gewicht befördern.

Die bosnisch-herzegowinische Linie von Sarajevo bis Konjica, in einer Länge von 56 km, mit der bekannten Spur von 76 cm, erhielt eine größte Steigung von 60 v. T. für die 20 km langen Zahnstangenstrecken, von 15 v. T. für den übrigen Teil.

In großem Maßstabe wurde die Zahnstange für die Überschienung der Cordilleren in Südamerika zwischen Mendoza und St. Rosa dienstbar gemacht, doch ist der Bau bis zur Stunde noch nicht vollendet.

Auch in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo die ersten neuzeitlichen Zahnradbahnen zur Ausführung gekommen, fand die Abt'sche Bauart im Jahre 1890 ihre erste Anwendung zur Ersteigung des 4320 m hohen Pike's Peak im Staate Colorado. Die dortige Bahn hat 250 v. T. Steigung, 15 km Länge und sie beginnt 2200 m über dem Meer.

In rascher Reihenfolge kamen sodann weitere Bahnen in der Schweiz, Deutschland, Frankreich, in Japan, S. Domingo, Spanien, Ungarn, Syrien, Australien, England u. s. w. zur Ausführung, bis 1899 insgesamt 40 Linien mit rund 800 km Länge, davon 290 km mit Zahnstange, auf welchen 170 Maschinen, meistens Dampflokomotiven, aber auch eine größere Anzahl elektrischer Motoren, mit einer Gesamtleistung von rund 40000 Pferdestärken den Dienst versehen.

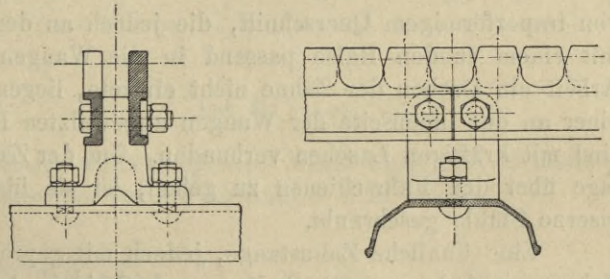


Abb. 26, 27. Zahnstange. Abt.

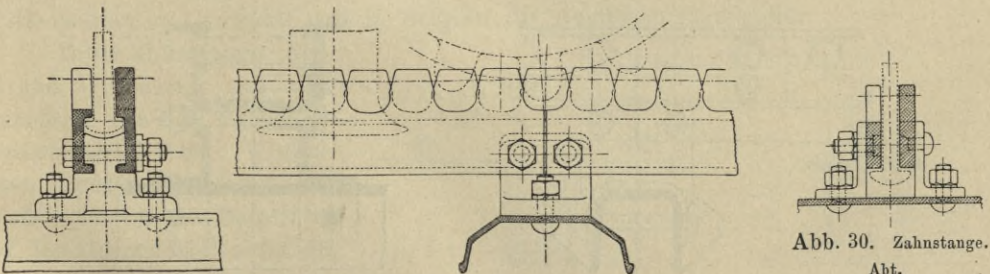


Abb. 28, 29. Zahnstange. Abt.

Abb. 30. Zahnstange. Abt.

Die Abt'sche Zahnstange gestattet hinsichtlich Plattenzahl, Stärke und Einrichtung für besonders starke Gefälle, wie die vorstehenden Abb. 26 bis 30 zeigen, eine bequeme Anpassung an die verschiedensten Verhältnisse.

Bissinger-Klose.

Fast gleichzeitig mit der Harzbahn wurde im Großherzogtum Baden die Linie von Freiburg nach Neustadt in Angriff genommen und bei den zu überwindenden Höhenunterschieden ebenfalls für Zahnradbetrieb eingerichtet.

Den Lokomotiven wurde die Abt'sche Anordnung der Harzmaschinen zu Grunde gelegt mit drei gekuppelten Reibungsachsen, jedoch ohne hintere Laufachse, mit zwei ebenfalls gekuppelten, durch einen zweiarmigen Hebel angetriebenen Zahnradern, mit einem Dienstgewicht von rund 43 Tonnen. Als Zahnstange dagegen wurde eine der Riggenbach'schen verwandte Leiterstange, Abb. 31 und 32, verwendet. Dieselbe besteht aus zwei C-förmigen Wangen mit dazwischen angeordneten Zähnen

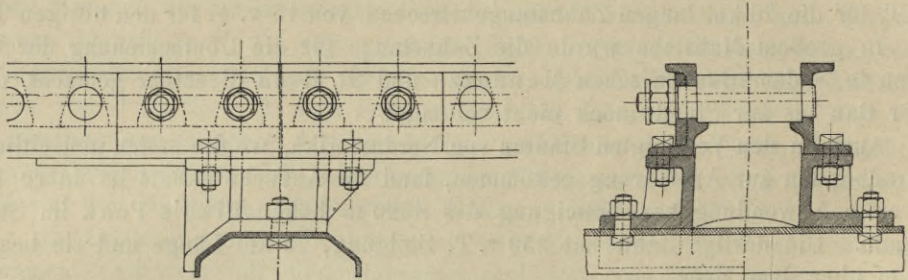


Abb. 31, 32. Zahnstange der Höllenthalbahn. Bissinger und Klose.

von trapezförmigem Querschnitt, die jedoch an den Enden nicht vernietet, sondern mit einem runden Halse passend in die Wangen gesteckt sind. Damit bei der Arbeit ein Drehen der Zähne nicht eintrete, liegen diese mit ihrer Unterfläche auf einer an der Innenseite der Wangen angewalzten Rippe auf. Die einzelnen Stücke sind mit kräftigen Laschen verbunden. Um der Zahnstange die gewünschte Höhenlage über den Fahrschienen zu geben, ist sie über jeder Querschwellen auf gußeiserne Stühle geschraubt.

Eine ähnliche Zahnstange, jedoch mit gepreßten Stühlen, kam 1890 auf der Zahnstangenbahn von St. Gallen nach Gais in der Schweiz, ferner 1892 auf dem 2,2 km langen Teilstück Honau-Lichtenstein der württembergischen Staatsbahnen, beide Male unter der Leitung des Oberbaurates A. Klose, nach Abb. 33 und 34

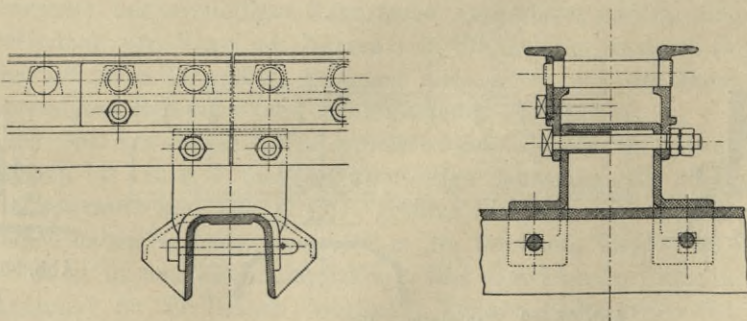


Abb. 33, 34. Zahnstange. Klose.

zur Verwendung. Im ganzen sind nach dieser Bauart bis heute die drei erwähnten Linien mit zusammen 12,7 km Länge gebaut worden.

Locher.

Am vielbesuchten Vierwaldstättersee, dem Rigi gegenüber, liegt der Pilatus, das Urbild eines richtigen Alpenstockes mit ähnlicher Rundschau auf die Niederung wie am Rigi, dazu mit großartigem Überblick über einen der schönsten Hochgebirgsteile der Schweiz. Dagegen ist die Geländebildung hier sehr schwierig, wild und zerklüftet, während die Verhältnisse am Rigi für die Bahnanlage günstige waren. Auch dieser Berg sollte seine Bahn erhalten. Eduard Locher im Verein mit seinem Schwager Guyer-Freuler stellte sich diese ebenso anregende wie schwierige Aufgabe und führte sie in den Jahren 1886 bis 1888 glänzend durch. Am Pilatus war ohne ganz außergewöhnliche Kosten an die Anwendung der bisher üblichen Steigungen nicht mehr zu denken. Die Erbauer entschlossen sich daher zur Anwendung einer neuen Zahnstange, einer solchen mit liegenden Zähnen, wobei die Steigung der Bahn für den sicheren Eingriff der Zahnräder ganz außer Betracht fiel.

Diese Zahnstange (Abb. 35) besteht dem Wesen nach aus einer beiderseitig gezahnten Platte, derart gelagert, daß gleichzeitig zwei einander gegenüberliegende Zahnräder in dieselbe eingreifen. Sie ist ihrer Länge nach auf eine trapezförmige Langschwelle genietet und diese endlich mit Winkelstücken auf die Querschwellen befestigt. Die Bahn hat eine Länge von 4,6 km mit Steigungen bis zu 480 v. T.

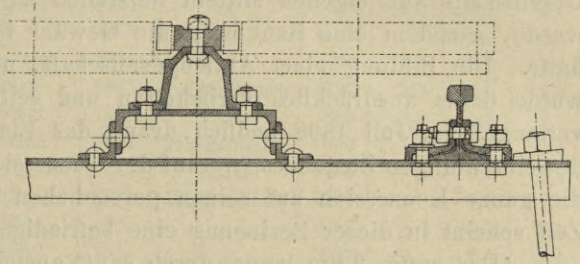


Abb. 35. Oberbau. Locher.

Eine weitere Anwendung dieser wohlerrwogenen, vollste Sicherheit bietenden und in ihrer Ausführung sehr gelungenen Bauart ist seither nicht erfolgt.

Telfener.

Im Jahre 1891 bemühte sich Graf Telfener um den Bau einer Zahnradbahn nach dem romantisch gelegenen, von herrlichen Tannenwäldungen umgebenen Vallombrosa. Angeblich aus Billigkeitsrücksichten wurde eine neue Form von Plattenzahnstange gewählt und in Belgien zur Ausführung gebracht.

Diese Zahnstange (Abb. 36 und 37) besteht aus zwei einfachen, mit den Schenkeln zusammengenieteten Winkel-eisen, deren wagrecht liegende Schenkel zum Befestigen auf den Querschwellen dienen, während die aufrecht stehenden die Zahnung tragen. Für größere Inanspruchnahme werden zwischen die beiden Winkeleisen noch ein bis zwei Zahnplatten eingelegt.

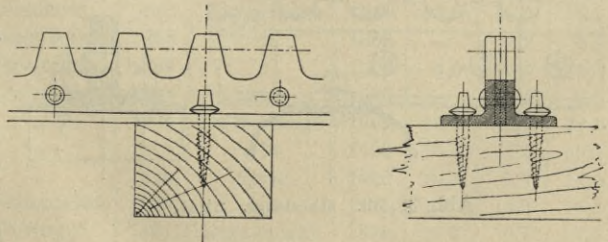


Abb. 36, 37. Zahnstange. Telfener.

Strub.

Nachdem sich seit Jahren eine Reihe von Technikern mit der Anlage einer Bahn auf die Jungfrau, einer der bekanntesten Gipfel der Berner Alpen, beschäftigt und einige zum Teil hochinteressante Entwürfe zu Tage gefördert hatten, ohne eine Verwirklichung ihrer Pläne zu erreichen, war es dem ebenso thatkräftigen, wie vermögenden Industriellen und Präsidenten des Verwaltungsrates der Nordostbahn, Guyer-Zeller, vorbehalten, dieses kühne Unternehmen wenigstens in seinem Anfange aus eigenen Mitteln sicher zu stellen, sodaß bereits im Sommer 1896 die Arbeiten begonnen werden konnten.

Der 2068 m über Meer gelegene Gipfelpunkt Scheidegg der Wengernalpbahn wurde als sehr günstiger Ausgangspunkt für die künftige Jungfrauabahn gewählt. Trotz ungewöhnlicher Anstrengungen wollte die Geldbeschaffung für das ganze Unternehmen während der ersten drei Jahre noch nicht gelingen. Der schweizerische Bundesrat bemerkte Ende 1898 hierüber in seiner Botschaft an die Bundesversammlung, daß der Konzessionär schon bei Einreichung des allgemeinen Bauentwurfes für den ersten Bahnabschnitt das Gesuch stellte, diesen Teil bis zur Gründung der Gesellschaft aus eigenen Mitteln herstellen zu dürfen, und daß solches gestattet wurde, nachdem eine Bankfirma die Gewähr für die Geldbeschaffung übernommen hatte. Die Bildung einer Aktiengesellschaft, nötigenfalls die Konzessionsänderung wurde dabei ausdrücklich vorbehalten und seither wiederholt, jedoch ohne Erfolg verlangt. Im Juli 1898 endlich drang das Eisenbahndepartement auf Beseitigung des einstweiligen Zustandes, worauf der Konzessionär das förmliche Gesuch einreichte, die ganze Konzession auf seinen persönlichen Namen zu übertragen. In neuester Zeit scheint in dieser Beziehung eine befriedigende Lösung erzielt worden zu sein.

Das erste, 2 km lange, durch sanft ansteigende Gelände führende Stück, mit 124 v. T. größter Steigung, das baulich geringe Schwierigkeiten bot, wurde Ende September 1898 dem Betriebe übergeben. An der Fortsetzung wird seither eifrig gearbeitet und Hr. Guyer-Zeller hoffte 1904 den Gipfel des Berges zu erreichen, starb aber schon 1899.

Es wurde erwartet, daß die eigentliche Jungfrauabahn, trotz einer Größtsteigung von nur 250 v. T. in ihren höheren Abschnitten mit allerlei, durch Vereisung oder dergleichen hervorgerufenen Schwierigkeiten zu kämpfen haben dürfte. Der damalige technische Direktor der Bahn, E. Strub, brachte daher eine neue

Zahnstange (Abb. 38 und 39) in Anwendung.

Diese Zahnstange besteht aus einer kräftigen, hohen Breitfußschiene, in deren Kopf die gewöhnliche Evolventenverzahnung eingeschnitten ist. Der Übergang des Schienensteges in den Kopf wird durch zwei schiefe Flächen gebildet. Dieselben sollten einer

Zangenbremse als Angriffsfläche, gleichzeitig aber auch als Führung gegen allfälliges Aufsteigen der Zahnräder dienen. Dem letzteren Zwecke können sie dienstbar gemacht, von der Verwendung zum Bremsen aber mußte der gezahnten Flächen wegen abgesehen und die betreffende Einrichtung auf einen zangenförmigen Anker beschränkt werden.

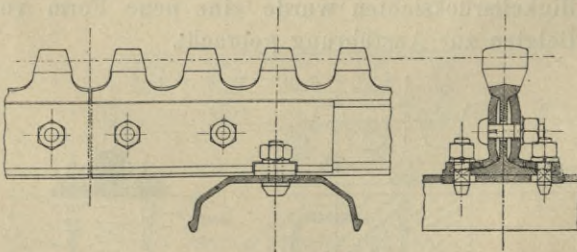


Abb. 38, 39. Zahnstange. Strub.

Ausgeführte Zahnradbahnen.

| Laufende Nummer | Name der Bahn | Land | Erbaut seit | Bauart | Spurweite mm | Länge km | | |
|-----------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|----------------|------------|----------|
| | | | | | | Reibung allein | Zahnstange | Zusammen |
| 1 | Middleton, Kohlenwerk . . . | England | 1812 | Blenkinsop | 1435 | — | 5,6 | 5,6 |
| 2 | Madison-Indianapolis | Nordamerika | 1847 | Cathcart | 1435 | 1,1 | 2,1 | 3,2 |
| 3 | Mount Washington | „ | 1868 | Marsh | 1435 | — | 4,5 | 4,5 |
| 4 | Rigi-Vitznau | Schweiz | 1871 | Riggenbach | 1435 | — | 7,0 | 7,0 |
| 5 | Ostermundigen | „ | 1871 | „ | 1435 | 0,9 | 0,6 | 1,5 |
| 6 | Kahlenberg | Österreich | 1874 | „ | 1435 | — | 5,4 | 5,4 |
| 7 | Schwabenberg | Ungarn | 1874 | „ | 1435 | — | 3,0 | 3,0 |
| 8 | Arth-Rigi | Schweiz | 1875 | „ | 1435 | — | 9,8 | 9,8 |
| 9 | Rorschach-Heiden | „ | 1875 | „ | 1435 | 1,5 | 5,5 | 7,0 |
| 10 | Wasseralfingen | Württemberg | 1876 | „ | 1000 | 1,2 | 0,8 | 3,0 |
| 11 | Rüti | Schweiz | 1877 | „ | 1435 | 0,5 | 0,1 | 0,6 |
| 12 | Laufen | „ | 1878 | „ | 1435 | 0,2 | 0,1 | 0,3 |
| 13 | Friedrichsagen | Preußen | 1880 | „ | 1000 | 1,8 | 0,6 | 2,4 |
| 14 | Ságo-Tarján | Ungarn | 1881 | Leiterstange | 790 | 5,0 | 4,0 | 9,0 |
| 15 | Herdorf, Kupferwerk | Preußen | 1882 | „ | 850 | 2,2 | 0,2 | 2,4 |
| 16 | Petropolis | Brasilien | 1882 | Riggenbach | 1000 | — | 5,9 | 5,9 |
| 17 | Green Mountains | Nordamerika | 1883 | Marsh | 1435 | — | 3,7 | 3,7 |
| 18 | Drachenfels | Preußen | 1883 | Riggenbach | 1000 | — | 1,5 | 1,5 |
| 19 | Corcovado | Brasilien | 1883 | „ | 1000 | — | 3,7 | 3,7 |
| 20 | Rüdesheim | Preußen | 1884 | „ | 1000 | — | 2,4 | 2,4 |
| 21 | Degerloch | Württemberg | 1885 | „ | 1000 | — | 2,0 | 2,0 |
| 22 | Zakarotz | Ungarn | 1885 | „ | 1000 | 1,3 | 4,2 | 5,5 |
| 23 | Aßmannshausen | Preußen | 1885 | „ | 1000 | — | 1,4 | 1,4 |
| 24 | Harzbahn | Braunschweig | 1885 | Abt | 1435 | 23,5 | 7,0 | 30,5 |
| 25 | Lehesten | Thüringen | 1885 | „ | 1435 | 1,4 | 1,3 | 2,7 |
| 26 | Örtelsbruch | „ | 1886 | „ | 690 | 4,3 | 0,7 | 5,0 |
| 27 | Puerto Plato | Venezuela | 1886 | „ | 1067 | — | 3,8 | 3,8 |
| 28 | Neapel | Italien | 1886 | Riggenbach | 1435 | 0,7 | 0,8 | 1,5 |
| 29 | Langres | Frankreich | 1887 | „ | 1000 | 0,5 | 1,0 | 1,5 |
| 30 | Gaisberg | Österreich | 1887 | „ | 1000 | — | 5,3 | 5,3 |
| 31 | Pilatus | Schweiz | 1888 | Locher | 800 | — | 4,6 | 4,6 |
| 32 | Brünig | „ | 1888 | Leiterstange | 1000 | 7,2 | 9,0 | 16,2 |
| 33 | Höllenthal | Baden | 1888 | Bissinger | 1435 | 27,8 | 7,2 | 35,0 |
| 34 | Padang | Sumatra | 1889 | Riggenbach | 1067 | 24,0 | 29,0 | 53,0 |
| 35 | Petersberg | Preußen | 1889 | „ | 1000 | — | 1,2 | 1,2 |
| 36 | Achensee | Österreich | 1889 | „ | 1000 | 3,0 | 3,3 | 6,3 |
| 37 | Generoso | Schweiz | 1890 | Abt | 800 | — | 9,0 | 9,0 |
| 38 | Berner Oberland | „ | 1890 | Leiterstange | 1000 | 19,0 | 4,4 | 23,4 |
| 39 | Visp-Zermatt | „ | 1890 | Abt | 1000 | 27,5 | 7,5 | 35,0 |
| 40 | St. Gallen-Gais | „ | 1890 | Klose | 1000 | 10,7 | 3,3 | 14,0 |
| 41 | Pike's Peak | Nordamerika | 1890 | Abt | 1435 | — | 15,0 | 15,0 |
| 42 | Oporto | Portugal | 1891 | Riggenbach | 1670 | 0,3 | 0,7 | 1,0 |
| 43 | Eisenerz-Vordernberg | Österreich | 1891 | Abt | 1435 | 5,5 | 14,5 | 20,0 |
| 44 | Transandino | Südamerika | 1891 | „ | 1000 | 47,0 | 28,0 | 75,0 |
| 45 | Sarajevo-Konjica | Bosnien | 1891 | „ | 760 | 36,0 | 20,0 | 56,0 |
| 46 | Diakophto | Griechenland | 1891 | „ | 750 | 19,4 | 3,6 | 23,0 |
| 47 | Rothorn | Schweiz | 1891 | „ | 800 | — | 7,6 | 7,6 |

| Laufende Nummer | Name der Bahn | Land | Er- baut seit | Bauart | Spur- weite | Länge km | | |
|--------------------|------------------------------------|-------------|---------------------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|---------------|
| | | | | | | Reibung allein | Zahn- stange | Zu- sammen |
| | | | | | mm | | | |
| 48 | Glion-Naye | Schweiz | 1891 | Abt | 800 | — | 7,8 | 7,8 |
| 49 | San Domingo | Westindien | 1891 | „ | 765 | 29,6 | 6,4 | 36,0 |
| 50 | Salève | Frankreich | 1892 | „ | 1000 | — | 9,0 | 9,0 |
| 51 | Usui Toge | Japan | 1892 | „ | 1067 | 2,5 | 8,5 | 11,0 |
| 52 | Revard | Frankreich | 1892 | „ | 1000 | — | 9,2 | 9,2 |
| 53 | Montserrat | Spanien | 1892 | „ | 1000 | — | 8,0 | 8,0 |
| 54 | Honau-Lichtenstein | Württemberg | 1892 | Klose | 1435 | 32,8 | 2,2 | 35,0 |
| 55 | Madeira | Madeira | 1892 | Riggenbach | 1000 | — | 3,2 | 3,2 |
| 56 | Valombrosa | Italien | 1892 | Telfener | 800 | — | 4,5 | 4,5 |
| 57 | Schafberg | Österreich | 1893 | Abt | 1000 | — | 6,0 | 6,0 |
| 58 | Barmen | Preußen | 1893 | Riggenbach | 1000 | — | 1,6 | 1,6 |
| 59 | Sulmona | Italien | 1893 | Leiterstange | 1435 | 7,5 | 4,5 | 12,0 |
| 60 | Wengernalp | Schweiz | 1893 | „ | 800 | — | 18,0 | 18,0 |
| 61 | Schynige Platte | „ | 1893 | „ | 800 | — | 7,3 | 7,3 |
| 62 | Monte Carlo | Monaco | 1893 | Riggenbach | 1000 | — | 2,5 | 2,5 |
| 63 | Beirut-Damaskus | Syrien | 1894 | Abt | 1050 | 114,0 | 32,0 | 146,0 |
| 64 | Travnik-Bugojno | Bosnien | 1894 | „ | 760 | 4,2 | 6,8 | 11,0 |
| 65 | Rima-Murany | Ungarn | 1895 | „ | 635 | 3,0 | 0,2 | 3,2 |
| 66 | Snowdon | England | 1895 | „ | 800 | — | 7,3 | 7,3 |
| 67 | Tiszolcz-Zolyombrezo | Ungarn | 1895 | „ | 1435 | 36,0 | 6,0 | 42,0 |
| 68 | Mount Lyell | Australien | 1896 | „ | 1067 | 15,7 | 7,6 | 23,3 |
| 69 | Hernádthal | Ungarn | 1896 | „ | 1435 | 1,0 | 0,3 | 1,3 |
| 70 | Csorba-Csorbasee | „ | 1896 | Leiterstange | 1000 | — | 5,0 | 5,0 |
| 71 | Transvaal | Afrika | 1896 | Riggenbach | 1067 | 8,0 | 5,0 | 13,0 |
| 72 | Silberminen Peñoles | Mexiko | 1897 | Abt | 760 | 7,0 | 3,0 | 10,0 |
| 73 | Schneeberg | Österreich | 1897 | „ | 1000 | — | 10,0 | 10,0 |
| 74 | Moonmera-Mt. Morgan | Australien | 1897 | „ | 1067 | 6,7 | 2,3 | 9,0 |
| 75 | Nilgiri | Indien | 1898 | „ | 1000 | 26,2 | 19,3 | 45,5 |
| 76 | Gornergrat | Schweiz | 1898 | „ | 1000 | — | 10,0 | 10,0 |
| 77 | Stanstad-Engelberg | „ | 1898 | Riggenbach | 1000 | 21,3 | 1,2 | 22,5 |
| 78 | Jungfraubahn, I. Sektion | „ | 1898 | Strub | 1000 | — | 3,0 | 3,0 |
| 79 | Trait-Planches | „ | 1898 | Leiterstange | 1000 | 2,5 | 0,5 | 3,0 |
| 80 | Laon-Ville | Frankreich | 1898 | Abt | 1000 | 0,5 | 1,0 | 1,5 |
| 81 | Brohlthal | Deutschland | 1899 | „ | 1000 | 20,0 | 4,0 | 24,0 |
| 82 | Lyon-Saint Just | Frankreich | 1899 | „ | 1000 | 2,5 | 1,0 | 3,5 |
| 83 | Bex-Gryon-Villars | Schweiz | 1899 | „ | 1000 | 18,0 | 5,0 | 23,0 |
| 84 | Aigle-Leysin | „ | 1899 | „ | 1000 | — | 5,5 | 5,5 |
| 85 | Santiago | Chili | 1899 | „ | 1000 | — | 0,5 | 0,5 |
| 86 | Warschau | Rußland | 1899 | „ | 800 | 2,0 | 0,7 | 2,7 |
| 87 | Eulengebirgsbahn | Preußen | 1899 | „ | 1435 | 15,0 | 3,8 | 18,8 |
| 88 | Schleusingen-Ilmenau | „ | 1900 | „ | 1435 | 27,0 | 4,5 | 31,5 |

Betriebslänge der Zahnradbahnen zu verschiedenen Zeiten.

| Land | 1811 | 1847 | 1870 | 1880 | 1890 | 1899 |
|-----------------------------|------|------|------|------|-------|--------|
| | km | km | km | km | km | km |
| England | 5,6 | — | — | — | — | 12,9 |
| Nordamerika | — | 3,2 | 4,5 | 4,5 | 23,2 | 69,2 |
| Schweiz | — | — | 1,5 | 26,2 | 128,4 | 233,6 |
| Österreich-Ungarn | — | — | — | 8,4 | 34,5 | 189,0 |
| Deutschland | — | — | — | 5,4 | 89,7 | 200,3 |
| Südamerika | — | — | — | — | 13,4 | 88,9 |
| Italien | — | — | — | — | 1,5 | 18,0 |
| Frankreich | — | — | — | — | 1,5 | 27,2 |
| Asien | — | — | — | — | 5,3 | 255,5 |
| Portugal | — | — | — | — | — | 1,0 |
| Griechenland | — | — | — | — | — | 23,0 |
| Spanien | — | — | — | — | — | 11,2 |
| Australien | — | — | — | — | — | 32,3 |
| Afrika | — | — | — | — | — | 15,0 |
| Rußland | — | — | — | — | — | 2,7 |
| Im Betriebe | 5,6 | 3,2 | 6,0 | 44,5 | 297,5 | 1179,8 |

Auf die verschiedenen Bauarten verteilt:

| | |
|------------------------------------|---------------------|
| 40 Bahnen nach Abt | von 798,2 km Länge, |
| 43 „ „ Riggerbach mit Leiterstange | „ 360,8 „ „ |
| 1 Bahn „ Blenkinsop | „ 5,6 „ „ |
| 1 „ „ Locher | „ 4,5 „ „ |
| 1 „ „ Telfener | „ 4,5 „ „ |
| 1 „ „ Cathcart | „ 3,2 „ „ |
| 1 „ „ Strub | „ 3,0 „ „ |

§ 4. **Bahnen mit glatter Mittelschiene.** — Die Entdeckung, daß schon die natürliche Reibung zwischen Rad und Laufschiene die Fortbewegung großer Lasten auf wenig geneigten Bahnen gestatte, wurde durch den Betrieb voll bestätigt. Allein rasch stellte sich das Bedürfnis ein, Bahnen nicht nur in der Ebene, sondern auch über Höhenzüge und Berge anzulegen. Dabei aber zeigte sich, daß sehr bald jene Steigungsgrenze erreicht wird, über die hinaus die Beförderung ansehnlicher Lasten nicht mehr mit der erwünschten Sicherheit erfolgen kann. Wohl blieb das Mittel der Vermehrung des Reibungsgewichtes der Lokomotive, aber dabei nahm der Motor zur eigenen Bewegung einen immer größeren Teil in Anspruch, sodaß zur Fortschaffung der nützlichen Last verhältnismäßig wenig verblieb. Während sich unter solchen Verhältnissen die überwiegende Mehrzahl der Eisenbahnbauer dazu bequemte, auch im gebirgigen Gelände die bewährte geringe Steigung von ungefähr 25 v. T. beizubehalten und durch Anlage von Tunneln und Kunstbauten aller Art die Berge ganz zu umgehen, oder sie durch künstliche Entwicklung der Bahnlinie allmählich zu überschreiten, kamen andere naturgemäß auf den Gedanken, die Zugkraft der Maschinen künstlich zu erhöhen, um ohne Beeinträchtigung der Leistungs-

fähigkeit auch stärkere als die üblichen Steigungen anwenden und damit die Kosten der Bahnanlage ermäßigen zu können. Man sagte sich, daß derselbe Erfolg, welcher sich durch gewöhnliche Belastung der Räder ergab, auch durch künstliches Anpressen erreicht werden mußte. Die Gruppe der mit der Ausführung dieses Gedankens beschäftigten Techniker suchte die Lösung mit Hilfe einer dritten, in der Bahnachse gelagerten Schiene und mit liegenden Rädern zu erreichen.

Die ersten dahin zielenden Patente wurden schon 1830 an Vignoles und Ericson erteilt, dann 1840 dem Ingenieur Pinkus in England, 1843 dem Franzosen Séguier, um die gleiche Zeit auch einem Österreicher mit Namen Leiterberger. Im Jahre 1847 veröffentlichte George Scott-Sellers in Cincinnati die Beschreibung einer Einrichtung für den Betrieb steiler Bahnen. Nach derselben sollte seine Lokomotive mit den Triebrädern der gewöhnlichen Maschinen und dem zu deren Bewegung dienenden Dampfzylinderpaar ausgerüstet werden, außerdem aber mit einem anderen Cylinderpaare zum Antriebe liegender Räder, die künstlich an eine in der Bahnachse verlegte Mittelschiene angepreßt werden sollten. Der nachmalige Direktor der Egestorff'schen Maschinenfabrik in Linden, C. Krauß, beschrieb 1851 eine Lokomotive mit wagrechten Triebrädern, deren seitliche Pressung durch den Zugwiderstand selbst geregelt werden sollte. Hierzu fertigte einige Jahre später Miani, Werkführer der Maschinenfabrik der damaligen k. k. Staats-eisenbahnen in Mailand, ein Modell an, eine wirkliche Ausführung aber brachte erst das Jahr 1863.

Frankreich und Italien hatten sich zum Bau einer Verbindungsbahn durch den Mont Cenis entschlossen. Für den Bau des 9 km langen Tunnels war eine Bauzeit von acht Jahren in Aussicht genommen. Schon seit der Regierungszeit Napoleon I. führte über den Berg vom französischen Ort St. Michel bis zum italienischen Susa eine 9 m breite, vorzüglich angelegte Fahrstraße. Um schon während des Baues eine Bahnverbindung zwischen beiden Endpunkten herzustellen, bildete sich in England eine Gesellschaft. Auf der 77 km langen Straße mit Größtsteigungen von 88 v. T. sollte die Bahn angelegt und unter Verwendung der neuerdings von John Barraclough Fell in Vorschlag gebrachten Einrichtung mit Mittelschiene betrieben werden. Unter Mitwirkung der London and North-Western-Eisenbahngesellschaft wurde in England, in Derbyshire, auf der Cromford-High-Peak-Eisenbahn ein Probestück von 730 m Länge ausgeführt unter ganz ähnlichen Verhältnissen, wie sie die Mont Cenis-Straße darbot. Die Spurweite war 110 cm, die stärkste Steigung 83 v. T. Obgleich die Proben ganz befriedigend ausfielen, verlangten die Regierungen dennoch vor Erteilung der endgültigen Genehmigung, daß auch an Ort und Stelle auf einem längeren Versuchsstücke Proben angestellt würden.

So wurde denn im Jahre 1865 auf einer der schwierigsten Stellen bei Lansborough ein 2 km langes Stück Bahn angelegt. Von der 9 m breiten Straße wurden 3,5 m für den Bahnkörper in Anspruch genommen und zwar jeweils der auf der Abhangseite gelegene Streifen. Damit war zwar erreicht, daß die Bahn vom Schnee weniger zu leiden hatte, aber auch, daß an jeder Biegung der im Zickzack ausgeführten Straße zahlreiche kostspielige Übergänge geschaffen werden mußten, die wegen der überhöhten Mittelschiene (siehe Abb. 40 und 41) ziemlich umständliche Maßnahmen nötig machten. Die Spurweite war, wie auf der englischen Probebahn, 110 cm. Die Schwellen waren aus Holz, die Laufschiene wie die doppelköpfige Mittelschiene aus Stahl hergestellt, im Gewicht von 37,2 kg/m. Über den

Querschwellen lag eine hölzerne Langschwelle; eiserne Stühle, in Abständen von etwa 1 m in den Geraden, von etwa 60 cm in den Bögen trugen die Mittelschiene. Die Stöße der letztern wie der Laufschiene waren durch Laschen aus Flacheisen überdeckt.

Die erste Lokomotive war eine Tendermaschine mit zwei gekuppelten Achsen mit einem Dienstgewicht von 15 Tonnen. Ein gewöhnlicher Röhrenkessel von 39 qm Heizfläche mit acht Atmosphären Druck lieferte den Dampf zu zwei äußeren Cylindern, welche die gewöhnlichen Achsen in Bewegung setzten und zu zwei innern, welche die vier paarweise gekuppelten, wagrecht gelagerten Triebräder drehten. Diese letzteren wurden durch Spiralfedern für die Dauer der Fahrt an die Mittelschiene angepreßt. Die erste Betriebszeit gab zu einer

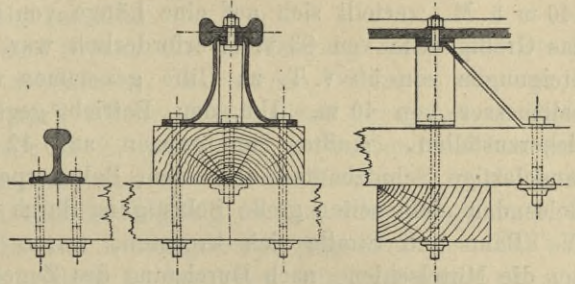


Abb. 40, 41. Oberbau. Fell.

Reihe von Aussetzungen Anlaß. Der Kessel lieferte zu wenig Dampf, die verschiedenen geschmierten Flächen des Triebwerkes ließen Öl auf die Mittelschiene fallen, wodurch die Reibung bedeutend herabgedrückt wurde. Zudem fand man die Lokomotive zu wenig einfach und die bewegten Teile schwer zugänglich.

Bald wurde an den Bau einer zweiten Maschine gegangen. Diese erhielt ein Dienstgewicht von 17 Tonnen, eine Heizfläche von 56 qm bei acht Atmosphären Dampfspannung. Ein einziges Cylinderpaar bewegte die gewöhnlichen, wie die liegenden Räder, und zwar erfolgte der Antrieb der letzteren unmittelbar mittels Schubstange vom Kreuzkopf aus. Zur Bewegung der gewöhnlichen Triebräder war dagegen die Kolbenstange rückwärts verlängert und ebenfalls mit einem Kreuzkopf versehen, von welchem eine zweite Schubstange zu einer Zwischenachse führte. Von dieser aus erfolgte endlich mittels einarmigen Hebels und Schubstange die Drehung der Räder. Nachdem einige Teile gleich anfangs verstärkt wurden, schien die Maschine ordentlich zu arbeiten. Sie leistete mehr wie ihre Vorgängerin. Immerhin machte sich die durch die ungleiche Arbeit bedingte verschiedenartige Abnutzung der Radumfänge bald ernstlich fühlbar. Durch die immer größer werdenden Unterschiede der Radumfänge entstand ein Schleifen der Triebräder, ungleiches Arbeiten und dadurch Zerren und Stoßen im Triebwerk, was nachteilig auf alle Teile wirkte.

Im allgemeinen wurden die vier liegenden Räder mit einem Drucke, ungefähr gleich dem Maschinengewichte, an die Mittelschiene gepreßt, sodaß die Lokomotive mit einer Reibungsbelastung gleich ihrem zweifachen Dienstgewicht arbeitete. Unter diesen Verhältnissen wurde es möglich, auf der 83 v. T. betragenden Steigung einen Wagenzug, ebenso schwer wie die Lokomotive, mit einer Geschwindigkeit von 3,5 bis 4,5 m in der Sekunde, oder also von 12 bis 16 km in der Stunde fortzuschaffen; bei geringerer Geschwindigkeit auch Lasten bis 25 Tonnen. Diese Ergebnisse genügten endlich, um die beteiligten Regierungen über die Ausführbarkeit und Sicherheit der neuen Betriebsweise zu beruhigen. Die Genehmigung erfolgte und am 15. Juni 1868 konnte die ganze 77 km lange Mont Ceniz-Bergbahn dem Betriebe übergeben werden.

Die Probefahrten hatten in der ganzen technischen Welt berechtigtes Aufsehen gemacht, französische, italienische und englische Abgesandte wohnten denselben bei und erstatteten an ihre Regierungen ausführliche Berichte.

Der höchste Punkt der Bahn, St. Michel, war 2126 m ü. M. nahe der Grenze. Er wurde vom westlichen, 735 m ü. M. gelegenen Ausgangspunkte in 5 Stunden erreicht, bei einer Entfernung von 50 km. Viel schroffer dagegen ist der Südabhang des Berges. Der ganze Höhenunterschied 1586 m von der Wasserscheide bis Susa, 540 m ü. M., verteilt sich auf eine Länge von nur 27 km, sodaß fast durchgehend das Größtgefälle von 83 v. T. erforderlich war. Die Mittelschiene wurde erst in Steigungen von 50 v. T. zu Hilfe genommen unter Anwendung kleinster Bogenhalbmesser von 40 m. Um den Betrieb gegen Schneefall und Lawinengefahr sicherzustellen, mußten im ganzen auf 12 km Länge mehr oder weniger tunnelartige Schutzbauten über dem Bahnkörper ausgeführt werden, was für die Reisenden nicht selten große Belästigung durch Rauch und Wärme zur Folge hatte. Wo Bahn und Straße sich kreuzten, waren besondere Einrichtungen getroffen, um die Mittelschiene nach Durchgang des Zuges durch Hebelbewegung umklappen und in eine kanalartige Vertiefung versenken zu können. Durch Anwendung von Gegengewichten war diese Verstellung ziemlich leicht durchführbar und ergab in der Handhabung keine Schwierigkeiten.

Personenwagen wie auch Güterwagen waren zweiachsig, besaßen aber noch je ein Paar Leiträder für die Mittelschiene. Je nach der Wagenklasse enthielten die Wagen 12 bis 16 Sitzplätze, sie hatten ein Eigengewicht von 3,4 Tonnen, die Güterwagen ein solches von 2,7 Tonnen bei einer Tragfähigkeit von 5 Tonnen. Später wurden auch dreiachsige Personenwagen verwendet, die 5,5 Tonnen wogen und 24 Personen fassen konnten.

Bei der Thalfahrt kam an der Lokomotive sowohl, wie an den Wagen außer der gewöhnlichen Bremse noch eine besondere Backenbremse zur Anwendung, welche an die Mittelschiene gepreßt werden konnte.

Im Laufe des Betriebes wurden von Gouin & Cie. in Paris 12 weitere, ebenfalls zweicylindrige Maschinen angeschafft. Sie wogen leer 18,8, im Dienste 22 Tonnen und hatte 62 qm Heizfläche. Die acht Triebräder hatten 711 mm Durchmesser im neuen Zustande, der Radstand war 2280 mm, der Abstand der liegenden Räder 730 mm.

Das Anlagekapital war für die 77 km lange Bahn auf 8000000 frs., also für 1 km auf 104000 frs. veranschlagt.

Die Reisenden zahlten in

| | |
|----------------|------------------------------------|
| I. Wagenklasse | 27 frs. d. h. frs. 0,356 für 1 km. |
| II. „ | 18 „ d. h. „ 0,175 „ 1 km. |

Die Tonne Eilgut kostete 77 frs., also 1 fr. für 1 km, gewöhnliche Fracht 20—40 frs.

Im Jahre 1869 betragen die Betriebskosten

| | |
|-----------------------------|-----------|
| für Bahnerhaltung | frs. 1,00 |
| „ Zugförderung | „ 3,40 |
| „ Übriges | „ 0,75 |

Zusammen frs. 5,15 für 1 Zugkilometer.

Da die Betriebseröffnung erst im Juni 1868 stattfand, der Mont Cenis-Tunnel aber schon im September 1871 dem Betriebe übergeben wurde, mit welchem Zeitpunkte die Genehmigung für die Aushilfsbahn erlosch, konnte von glänzenden Geschäften nicht die Rede sein, um so weniger, als von den zur Beförderung über den Berg vorhandenen Gütern ein Teil durch gewöhnliche Fuhrwerke fortgeschafft wurde. Immerhin war der Betrieb ein regelmäßiger, von ungewöhnlichen Ereignissen verschonter. Durchschnittlich wurden täglich drei Züge nach jeder Richtung abgelassen und die Post regelmäßig befördert.

Trotzalledem wollte man dem System die Berechtigung eines Beförderungsmittels für größere Bahnen nicht zuerkennen. Es wurden Bedenken erhoben, die gewöhnlichen Fahrzeuge auf die stark erhöhte Mittelschiene übergehen zu lassen; ein zweimaliges Umladen aber wurde als zu umständlich, zeitraubend und kostspielig und nicht zulässig erklärt, sodaß man bei vielen schwebenden Entwürfen, welche bereits diese Bauart in Aussicht genommen hatten, endgültig zu dem Schlusse gelangte, daß eine Steigung von 25 v. T. und der alte Reibungsbetrieb gegenüber dem Fell'schen immer noch den Vorzug verdiene. Nicht zu bestreiten war, daß durch die große seitliche Pressung der liegenden Räder schädliche Einflüsse auf die Reibungsverhältnisse der gewöhnlichen Triebräder ausgeübt wurden. Dazu gesellte sich die dem Reibungsbetriebe überhaupt eigene Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen, während anderseits die Bauart die denkbar größte Sicherheit gegen Entgleisung bot und auch in ihrer Anlage die Kosten der Zahnstangenbahn nicht erreichte. Wenn, wie gesagt, von den anfänglich mit aller Lebhaftigkeit betriebenen Entwürfen in Europa schließlich doch keiner zur Ausführung gelangte, so hatte Fell wenigstens die Befriedigung, schon 1870 eine zweite Anwendung seiner Bauart für eine Bahn in Brasilien zu finden. Dieselbe beginnt in Canta Gallo, dem Bahnhofe der Eisenbahn gleichen Namens. Sie hat eine Länge von 32 km, eine Spurweite von 110 cm, schärfste Bögen von 40 m Halbmesser und größte Steigungen von 83 v. T. Die Bahn ist namentlich bestimmt, die Ausbeute großer Kaffeepflanzungen über das dazwischen liegende Gebirge dem bestehenden Eisenbahnnetz und damit Rio Janeiro zuzuführen. Der Oberbau war grundsätzlich derselbe wie am Mont Cenis, die Lokomotiven dagegen wieder viercylindrig mit einem Dienstgewicht von 30 Tonnen. Die beiden wagrechten Räderpaare konnten mit einem Drucke bis 40 Tonnen an die Mittelschiene angepreßt werden. Angetrieben wurden sie von zwei lotrecht übereinander, unter der Rauchkammer angebrachten Dampfeylindern. Ein gewöhnlicher Röhrenkessel von 72 qm Heizfläche lieferte für alle vier Cylinder den nötigen Dampf. Die erste dieser Lokomotiven wurde 1872 vollendet. Bei den Probefahrten ergab sie eine Zugkraft von rund 7 Tonnen.

Einer dritten Anwendung der Bauart Fell's begegnen wir im Jahre 1880 in Neu-Seeland, Australien, zur Überschreitung des Rimutaka, auf der Verbindung von Wellington mit Featherston. Durch Zuhilfenahme eines Gefälles von 67 v. T. und der Mittelschiene gelang es Obergeringieur John Carruthers eine Linie zu finden, welche den besonders schwierigen Abstieg mit einer Länge von nur 4 km ermöglichte und im Vergleich mit einer gewöhnlichen Reibungsbahn eine Ersparnis von rund 2 Millionen Mark erlaubte.

Die Spurweite beträgt 1067 mm. Die engsten Bögen haben 65 m Halbmesser. Der Betrieb wird mit vier Fell'schen Lokomotiven besorgt (Abb. 42 und 43, S. 28). Dieselben besitzen vier Dampfeylinder, 72 qm Heizfläche und ein Dienstgewicht von

36 Tonnen. Jede Maschine ist imstande, außer ihrem eigenen Gewicht noch einen Zug von durchschnittlich 60 Tonnen über die Rampe zu befördern, damit auf den

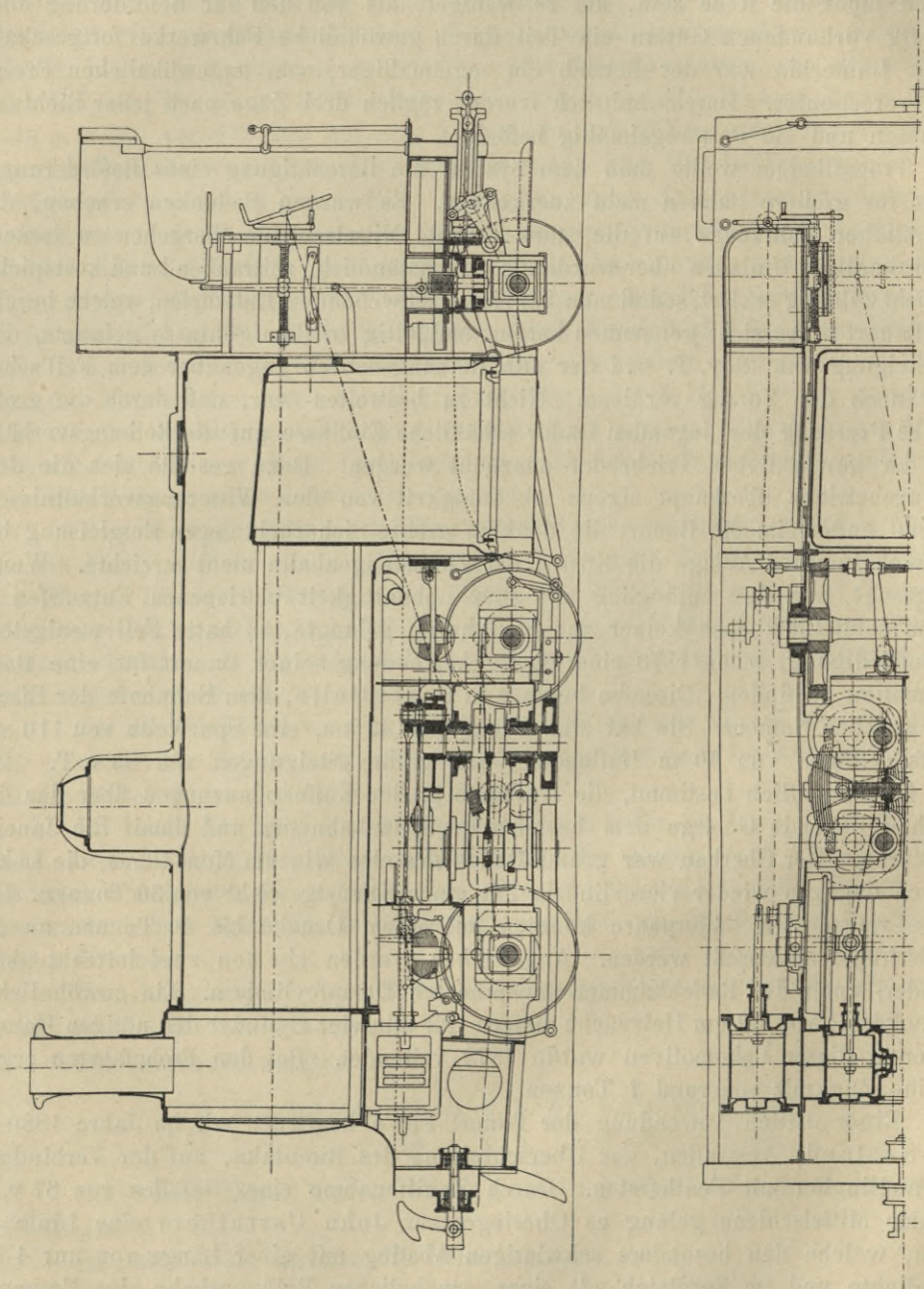


Abb. 42, 43. Lokomotive. Fell.

stärksten Steigungen anzuhalten und wieder anzufahren. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 10 km in der Stunde. Es werden aber auch Züge mit zwei und drei Lokomotiven befördert. In diesen Fällen werden die Maschinen derart im Zuge verteilt,

daß der Lokomotive an der Spitze des Zuges ungefähr 30, der mittleren 40, der hintersten wiederum ungefähr 30 Tonnen Wagengewicht zum Ziehen zufallen. Nach beiden Richtungen zusammen müssen im Jahre rund 45000 Tonnen Güter über diese Steilrampe befördert werden.

Hauptverhältnisse der Lokomotiven der Bahn von Wellington nach Featherston.

| | |
|--|----------|
| Dampfdruck | 11 atm. |
| Heizfläche der Feuerbüchse | 6,7 qm |
| " " Siederohre | 70,3 " |
| " im ganzen | 77,0 " |
| Länge der Siederohre | 3000 mm |
| Durchmesser der äußeren Cylinder | 350 " |
| Kolbenhub | 400 " |
| Triebraddurchmesser | 800 " |
| Laufraddurchmesser | 750 " |
| Fester Radstand | 2055 " |
| Gesamter Radstand | 4330 " |
| Durchmesser der inneren Cylinder | 300 " |
| Kolbenhub | 350 " |
| Triebraddurchmesser | 550 " |
| Radstand | 690 " |
| Maschinengewicht, leer | 27200 kg |
| Speisewasser | 2800 " |
| Kohlen | 1300 " |
| Dienstgewicht | 36000 " |
| Reibungsgewicht | 26250 " |
| Größte Zugkraft | 8500 " |

Im Jahre 1895 endlich wurde in Nordengland, von Laxey auf den Sneafell eine neueste Bahn nach Fell's Bauart begonnen und im folgenden Jahre vollendet. Auch sie hat eine Spurweite von 1067 mm, ihre größte Steigung beträgt 83 v. T. und ihre Länge 7,7 km. Der Betrieb der dem Personenverkehr dienenden Bahn erfolgt mittels Elektrizität.

Zweiter Abschnitt.

Theoretische und praktische Untersuchungen.

§ 5. **Berechtigung und Nutzen der Steilbahnen.** — Die Anlage von Steilbahnen wird nur in Betracht kommen, wo es sich um Überwindung von bedeutenden Höhenunterschieden handelt. Wird in einem solchen Falle an Stelle der üblichen Steigung eine sehr starke gewählt, so ist damit eine Abkürzung des Weges erreicht; das bedarf keines Beweises. Die kürzeste Verbindung wäre die Gerade zwischen den beiden Endpunkten. Diese ergibt jedoch in den meisten Fällen eine zu hohe Steigung; sie kann aber immerhin für besondere Zwecke, z. B. für Seilbahnen, Anwendung finden. Je mehr in diesem Falle die Steigung vermindert wird, desto größer wird die Länge der Bahn. Jede Übertreibung der Bahnlänge verursacht drei Verluste, nämlich durch die

1. Zinsen des Baukapitals für die Mehrlänge,
2. Unterhaltungskosten für diese,
3. Kosten für Zeit und Kraft zur Befahrung der Mehrlänge.

Für eine gegebene Gegend wird die Anlage einer Bahn, auf die Längeneinheit bezogen, ungefähr dasselbe kosten, mag die Steigung etwas kleiner oder größer sein. Doch darf immerhin betont werden, daß im allgemeinen die größere Steigung die kleineren Anlagekosten zur Folge hat, weil sie ein weitgehendes Anpassen der Bahnlinie an den natürlichen Boden, damit also das teilweise oder gänzliche Umgehen besonders kostspieliger Baustellen ermöglicht.

Die Behauptung ist also durchaus zulässig, daß bei Überwindung bedeutender Höhenunterschiede die Längeneinheit einer Bahn, soweit es den gewöhnlichen Bau betrifft, durch die Wahl einer stärkeren Steigung eher billiger denn teurer wird. Da aber durch stärkere Steigungen unmittelbar eine kürzere Linie sich ergibt, so steht fest, daß die Steilbahn die geringsten Baukosten erfordert. Wo aber das Kapital nicht ausgegeben wurde, da sind auch die Zinsen dafür schon bezahlt.

Ganz ähnlich wie mit dem Baue verhält es sich in dieser Hinsicht mit der Unterhaltung der Bahn. Warum sollten die Unterhaltungskosten der steileren Bahn größer sein, als jene einer weniger steilen? Wenn aber die erstere nur ein Drittel oder die Hälfte der letzteren mißt, so stehen auch die Unterhaltungskosten im gleichen Verhältnisse.

Aber auch die zum Durchfahren einer Bahnstrecke benötigte Kraft und Zeit stellen sich für die kürzere Linie günstiger als für die längere. Auf den ersten Blick mögen sich dagegen Bedenken erheben, bei näherer Erwägung aber müssen dieselben verschwinden. Die Bewegung einer Last begegnet nämlich zweierlei

Widerständen, solchen, die unabhängig von der Steigung der Bahn und mechanischer Natur sind, herrührend von den reibenden Teilen der Lokomotive und Wagen in Krümmungen, vom Winde u. s. w., außerdem solchen, die von der Schwere abhängig sind. Die letzteren müssen überwunden werden, um die Last, d. h. den Zug, von einer Stelle auf eine höher gelegene zu heben. Daran ändert der kürzere oder längere Weg in keiner Weise etwas, weder zu Gunsten noch zu Ungunsten. Ganz anders verhält es sich mit den ersteren, den gewöhnlichen Reibungswiderständen, welche proportional der Länge sind. Auf einer Bahn von 10 km Länge mit 25 v. T. Steigung z. B. stellen sich die auf 1 km treffenden Widerstände zehnmal ein, auf einer anderen Linie zwischen denselben Endpunkten mit 100 v. T. Steigung dagegen nur 2,5 mal bei Überwindung des gleichen Höhenunterschiedes von 250 m. Daraus folgt, daß zur Überwindung einer bestimmten Höhe die gleiche Last auf der wenig geneigten, aber längeren Bahn einen größeren Arbeitsaufwand erfordert, als auf der steileren, jedoch kürzeren.

Soweit die allgemeinen Betrachtungen. Hier aber ist der Platz, einer Reihe von besonderen Eigenschaften Erwähnung zu thun.

§ 6. Steigungsverhältnisse der Steilbahnen. Vergleich zwischen Reibungs- und Zahnstangenbahnen. — In Eisenbahnkreisen gilt 25 bis 30 v. T. als jene Steigungsgrenze, bis zu welcher ein sehr starker Verkehr noch bewältigt werden kann. Wenn wir also von stärkeren Steigungen sprechen, so müssen diese jenseits der genannten Grenze liegen. Nun hört aber mit 25 v. T. die Nutzleistung der gewöhnlichen Reibungslokomotive keineswegs auf. Im Kleinverkehr, so insbesondere auf den elektrischen Straßenbahnen, wo das ganze Zuggewicht zur Reibungswirkung herbeigezogen werden kann, kommen Steigungen von 80 bis 90 v. T. sogar häufig vor, und auch solche von 100 und 110 v. T. sind schon angewendet worden. Klima, Länge der Steilrampe, besondere Umstände haben hier ihren Einfluß mehr oder weniger geltend gemacht. Immerhin zeigt die Erfahrung, daß auch für diesen besonderen Betrieb und trotz der Anwendung außergewöhnlicher Bremsmittel die erwähnten Steigungen eine nicht mehr zulässige Grenze nahezu streifen. Aber wir besitzen auch eine Reihe gewöhnlicher Lokomotiveisenbahnen mit ungewöhnlichen Steigungen, welche seit Jahren betrieben werden. Zu den hierher gehörigen bekannteren und oft zum Vergleiche herbeigezogenen gehören unter anderen die vollspurige Vergnügungsbahn von Zürich auf den Ütliberg mit 70 v. T. größter Steigung, ferner die schweizerische Südostbahn, ebenfalls mit voller Spur und 50 v. T. Steigung, sodann die bündtnerische Bahn von Landquart nach Davos, mit 1 m Spurweite und 45 v. T. größter Steigung. Es wäre ungerecht, behaupten zu wollen, daß diese Linien nicht ebenfalls die drei erwähnten Verluste: Zinsen des Kapitals für Mehrlänge, Kosten für die Unterhaltung dieser und Kraft und Zeit um diese zu befahren, vermieden hätten.

Unstreitig gebührt auch ihnen diese Anerkennung, ja noch mehr: sie haben jene Vorteile mit den einfachsten Mitteln erreicht, ohne Mittelschiene, ohne Zahnstange, ohne Lokomotiven besonderer Art. Gleichwohl bleiben diese Bauten Ausnahmen und nur für bestimmte Verhältnisse wirklich empfehlenswert. So beschloß z. B. dieselbe Gesellschaft, welche Landquart-Davos mit 45 v. T. anlegte, für den weiteren Ausbau des bündtnerischen Bahnnetzes einen Größtwert der Steigung von 25 und mit Rücksicht auf einige Gegenden ausnahmsweise einen solchen von 35 v. T. Die Reibung zwischen Schiene und Rad ist eben zu wenig zuverlässig.

Gewiß giebt es Reibungsbahnen mit 40 und 50 v. T. Steigung und ganz befriedigenden Betriebsergebnissen. In den meisten Fällen dieser Art aber handelt es sich um die Beförderung leichter Züge, verbunden mit der Möglichkeit, bei ungünstiger Witterung die Zugbelastung stark zu vermindern, oder den Verkehr zeitweilig auch ganz zu unterbrechen. Immer aber bleiben solche Bahnen eine Halbheit; sie leiden an zu großer Abhängigkeit von den Witterungseinflüssen, ebenso an hohen Betriebskosten, weil trotz der schweren Lokomotiven doch nur leichte Züge befördert werden können, während anderseits die Bahnen mit Zahnstange für die gleiche Leistung bedeutend größere Steigungen, also die erreichbaren Ersparnisse in noch höherem Maße gestatten, ohne gegen Schnee und Unbilden des Wetters empfindlich zu sein.

Für die Bahn mit Zahnstange kommt nun freilich eine Ausgabe hinzu, welche die gewöhnliche Reibungsbahn nicht kennt, nämlich jene für die Zahnstange und die Zahnradlokomotive.

Je nach der Bauart und der Leistungsfähigkeit ist hierfür eine besondere Ausgabe von rund 20000 bis 30000 Mark für das Kilometer Zahnstange und ungefähr halb soviel für Mehrkosten der Lokomotiven vorzusehen, im ganzen also 30000 bis 40000 Mark. Dieser Summe steht die Ersparnis von ein, zwei bis drei Kilometer Bahnlänge gegenüber, deren Herstellung für die entsprechenden Verhältnisse auf 200000 bis 500000 Mark zu bewerten sein dürfte.

Auch die Ersparnisse an den Unterhaltungskosten einer Steilbahn mit Zahnstange stellen sich anders wie bei einer gewöhnlichen Lokomotivbahn. Durch das Vorhandensein der Zahnstange wird freilich der ganze Oberbau standfester und widerstandsfähiger und dessen Unterhaltung infolgedessen billiger. Immerhin aber erfordert die Wartung der Zahnstange gewisse Ausgaben. Sehr gering sind diese für Nachziehen und Unterhalt der Befestigungsteile; geradezu verschwindend für Unterhaltung und Erneuerung der Zahnstange, indem die Abnutzung der eigentlichen Verzahnung eine so geringe ist, daß erst nach Verfluß von Jahrhunderten eine Auswechslung nötig würde. Dagegen erfordert die Schmierung der Zahnstange einige Auslagen an Zeit und Material, während auf einzelnen Zahnradbahnen, so auf jenen der Staatsbahnen in Bosnien-Herzegowina gar nicht geschmiert wird. Im allgemeinen dürfte eine Ausgabe von jährlich etwa 100 Mark für das Kilometer in Anschlag zu bringen sein. Dieser Ausgabe steht nun aber wiederum die Ersparnis der sämtlichen gewöhnlichen Unterhaltungskosten für die Länge von 1 bis 3 km gegenüber, also mehr wie die zehnfache Summe.

Mehr ins Gewicht fällt die Unterhaltung der Lokomotiven. Ganz allgemein dürften hier für die Maschine 2000 bis 3000 Mark in einem Jahre mehr ausgegeben werden, als für eine gewöhnliche Reibungsmaschine. Die Anzahl der Lokomotiven wird trotz der kürzeren Zahnradbahn ebenso groß sein, wie für die längere Reibungsbahn, man wird also auch hier für 2 bis 5 km Bahn eine Maschine rechnen dürfen. Die Mehrausgabe an Unterhaltungskosten für die Lokomotiven beträgt demnach für das km Bahn 700 bis 900 Mark; im ganzen also mit Einschluß derjenigen für Wartung der Zahnstange rund 1000 Mark für das km.

Endlich erleidet auch die Ersparnis an Kraft und Zeit eine gewisse Einschränkung. Eine Lokomotive wird bei gleichem Kessel und gleicher Blasrohrwirkung dieselbe Arbeit entwickeln, mag sie Reibungs- oder Zahnradmaschine sein. Der Zahnradbetrieb wird infolge der Zahnreibung etwas hinter dem mit reinen Reibungsmaschinen zurückstehen, sich aber anderseits wieder günstiger stellen, weil

alle gewöhnlichen, nicht unbedeutenden Widerstände, wie ausgeführt worden, auf eine viel kürzere Dauer zu überwinden sind.

Eine 72 Tonnen schwere Lokomotive zieht auf einer Steigung von 25 v. T. außer ihrem eigenen Gewicht noch einen Zug von 175 Tonnen mit 18 km Geschwindigkeit, sie überwindet dabei einen Widerstand von rund

7900 kg

und verrichtet eine Arbeit von 527 P. S.

Als vereinigte Reibungs- und Zahnradlokomotive zieht sie mit Hilfe des Zahnrades denselben Zug über die Steigung von 50 v. T. mit 10 km Geschwindigkeit, überwindet also einen Widerstand von

14000 kg

und leistet eine Arbeit von 520 P. S. und dazu eine verlorene Arbeit von ungefähr 2 v. H., welche auf Zahnreibung verwendet wird.

Handelt es sich also um die Überwindung eines Höhenunterschiedes von 450 m, dann beansprucht die Reibungsmaschine hierzu genau eine Stunde Zeit, die vereinigte Reibungs- und Zahnradmaschine 54 Minuten, während die beförderte Last in beiden Fällen dieselbe ist.

Winterbetrieb.

Der Einfluß von Eis und Schnee auf den Zahnstangenbetrieb hat während langer Zeit zu vielen Bedenken Anlaß gegeben. Schon die ersten Betriebsjahre aber haben dargethan, daß ein Anlaß zu Befürchtungen nicht vorhanden ist. Die Gründe dafür liegen nahe. Soweit es sich um vereinigten Reibungs- und Zahnradbetrieb handelt, kommt wenigstens bei getrennten Triebwerken für Zahnrad und Reibungstrieb in Betracht, daß diese Lokomotiven in erster Linie gewöhnliche und zwar sehr kräftige Reibungsmaschinen sind, daher mindestens ebenso gute Ergebnisse liefern müssen, wie die reinen, immer leichteren Reibungsmaschinen an gleicher Stelle. Wenn aber letztere infolge großer Schneewiderstände, oder Vereisung der Schienen an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt, nicht mehr weiter, ja in solchen Verhältnissen häufig auch nicht mehr rückwärts fahren können, kommt bei den Zahnradlokomotiven die Wirkung des Zahnrades gerade zur vollen Geltung. Zahn um Zahn gräbt sich das Rad in die entsprechenden Lücken der Zahnstange ein und drängt dadurch den ganzen Zug vorwärts.

Von den im Betriebe stehenden Zahnstangenformen möchte die Leiterstange zuerst sich mit Schnee und Eis derart verstopfen, daß auch für sie eine Betriebsstörung denkbar wäre. Sind aber die Witterungsverhältnisse einmal so außerordentlich ungünstige, dann ist das gewöhnliche Gleis längst unfahrbar geworden. Thatsächlich wird denn auch bei allen außergewöhnlichen Schneefällen festgestellt, daß die Zahnradbahnen im Gebirge den Betrieb aufrecht erhalten konnten, während die Reibungsbahnen im Thale ihn einstellen mußten. Daß aber auch die Zahnstange nicht durch tief zugewehrte Einschnitte, durch haushohe, Stämme und Steinblöcke führende Lawinen durchhelfen kann, ist klar.

§ 7. Zugkraft, Zugbelastung, Zugwiderstände der Steilbahnen. — Die Vorschriften über die zulässige Größe der nützlichen Zugkraft für gewöhnliche Bahnen waren noch vor wenigen Jahren ziemlich eng begrenzt. Häufige Brüche der Kuppelungsteile einerseits und das Bedürfnis nach schwereren Zügen andererseits haben wesentliche Änderungen herbeigeführt. Die Untergestelle als solche wurden für

neue Wagen fast ausnahmslos aus Eisen und sehr kräftig hergestellt, namentlich aber wurden die Abmessungen der Puffer und Zughaken erhöht und außerdem eine Notkuppelung beigegeben. Auf diese Weise wurde erreicht, daß heute die Zugbelastungen, entsprechend einer Inanspruchnahme der Zughaken von 7500 kg, für einzelne Gebirgsbahnen bei neuen Wagen bis 9000 kg bemessen werden dürfen.

Für Bahnen mit Zahnradbetrieb können diese Bestimmungen in einem Sinne nicht voll ausgenützt, in anderem Sinne aber sogar überschritten werden. Nicht voll ausgenützt wird die zulässige Inanspruchnahme der Zughaken aus Gründen der Sicherheit. Bricht die Kuppelung zwischen zwei Fahrzeugen, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß auch die vorhandene Notkuppelung nicht Stand hält. Eine Zugtrennung ist dann unvermeidlich. Tritt diese in Bahnhöfen und an wenig geneigten Stellen ein, so ist gewöhnlich gar keine Gefahr vorhanden; erfolgt sie aber auf der üblichen Größtsteigung von 25 v. T. der Reibungsbahnen, so ist die Sache schon bedenklicher, doch wird durch die im abgetrennten Zugteile vorhandenen Bremsen ein ernster Unfall gewöhnlich vermieden. Anders verhält es sich auf den weit steileren Zahnstrecken. Um hier die Gefahr der Zugtrennung überhaupt zu vermeiden, werden die Züge überall da, wo es sich um normale Wagen und Kuppelungen handelt, gar nicht gezogen, sondern geschoben. Das unterste Fahrzeug eines jeden Zuges ist also stets die Lokomotive, bei der Thalfahrt wie bei der Bergfahrt. An Stelle der Zughaken übertragen die Puffer die Schubkraft der Maschine auf den Zug. Nicht nur ist es leichter, sehr kräftige Puffer statt Haken herzustellen, sondern es kommt dieser Betriebsweise auch der günstige Umstand zu gut, daß selbst der Bruch einer Pufferfeder, ja selbst einer Pufferstange oder Hülse keine unmittelbare Gefahr für den Zug bedeutet. Unbegrenzt ist die zulässige Zugkraft gleichwohl nicht. Um einer Anstrengung widerstehen zu können, wie sie dem der Lokomotive zunächst befindlichen Wagen auf solchen Strecken zufällt, bedarf es schon eines recht kräftigen Untergestelles und auch einer gewissen Belastung der Achsen. Läßt das erstere zu wünschen übrig, könnten Formänderungen und bedenkliche Beschädigungen eintreten, oder sind die Achsen nur sehr wenig belastet, so ist bei allfälligen Geschwindigkeitsänderungen ein Heben des betreffenden Wagens und damit sein Entgleisen nahegerückt, eine Erscheinung, die nicht selten selbst auf wagrechter Bahn beim Verschieben oder bei zu raschem Anhalten in den Bahnhöfen beobachtet werden kann. Es wurden daher bei den bisher ausgeführten Zahnradbahnen, über welche die Wagen der großen Bahnen gewöhnlicher Art verkehren, 10000 kg als zulässige Inanspruchnahme betrachtet. Auf der Linie Tiszolcz-Zolyombrezo beträgt beispielsweise die gewöhnliche Zugbelastung 175 Tonnen, die auf der Steigung von 50 v. T. einen Widerstand von ungefähr 10000 kg verursacht, während probeweise freilich schon Züge von 192 Tonnen befördert wurden, welche eine Schubkraft von etwa 11 Tonnen erforderten.

Anders gestalten sich die Verhältnisse für Bahnen, welche keine Rücksicht auf schon bestehende Fahrzeuge und deren Bauart zu nehmen haben, welche Spur immer diese auch aufweisen mögen. Da augenscheinlich die Widerstände beim geschobenen Wagenzuge größer ausfallen als für den gezogenen, wird es immer vorteilhafter sein, längere Züge zu ziehen. Dies darf auch geschehen, wenn die Zugvorrichtungen von vornherein genügend stark hergestellt werden können, sodaß nach menschlicher Voraussicht eine Zugtrennung nicht zu befürchten steht und wenn außerdem Bremsen vorhanden sind, die im Falle einer Zugtrennung selbstthätig

sicher in Wirksamkeit treten und einen Unfall verhüten. Unter Wahrung dieser Grundsätze werden auf einer Reihe von außergewöhnlichen Bahnen die Züge gezogen, so auf Visp-Zermatt mit 125 v. T., Brünigbahn mit 120 v. T., Beirut-Damaskus mit 70 v. T. Steigung u. a. m. Das Ziehen der Züge hat aber auch den großen Vorteil, daß auf den vorkommenden reinen Reibungsstrecken rasch gefahren werden kann.

Die Vergnügungsbahnen, meistens reine Zahnradbahnen, weisen durchweg sehr starke Steigungen, 150 bis 480 v. T., auf. Unter diesen Verhältnissen wird als nützliche Zugkraft nur wenig verbleiben, gerade ausreichend zur Beförderung von einem, höchstens zwei Wagen, deren Widerstände für Schieben oder Ziehen nahezu gleich ausfallen, zudem ist die Geschwindigkeit auf diesen Bahnen eine ganz geringe, nämlich 5 bis 8 km. Es findet daher hier ausnahmslos Schieben statt. Nicht selten bilden Maschine und Wagen ohnehin ein Ganzes, wie auf der Pilatusbahn und der Gornergratbahn, wobei der Motor sich ebenfalls thalwärts befindet.

Wird ein Zug geschoben, dann fällt dem auf der obersten Plattform stehenden Schaffner die besondere Aufgabe zu, die Bahn zu überwachen und dem am unteren Ende des Zuges befindlichen Lokomotivführer rechtzeitig anzuzeigen, wenn aus irgend einem Grunde ein langsames Fahren oder gänzlichliches Anhalten des Zuges angezeigt ist. Zu diesem Behufe wird auf den meisten Bahnen dieser Art zum alten Hilfsmittel, der Zugleine, gegriffen. Diese wird über das Dach der Wagen bis zum Führerstande gespannt und dort mit der Dampfpeife verbunden, sodaß der Schaffner gradese wie der Lokomotivführer imstande ist, alle ihm nötig scheinenden Signale zu geben.

Zugbelastung.

Die gewöhnlichen Vergnügungsbahnen zeigen ziemliche Übereinstimmung sowohl im Gewicht der Lokomotiven, wie des gesamten Zuges und damit im Zahn- drucke. Es beträgt der letztere rund 6000 kg, das Maschinengewicht 16 000 kg mit Abweichungen von rund 10 v. H. nach oben und unten. Dementsprechend bestehen die Züge für gewöhnlich aus:

| | |
|---|---|
| 1 | Wagen mit höchstens 60 Personen auf 250 v. T. |
| 2 | „ „ „ 100 „ „ 200 „ |
| 3 | „ „ „ 150 „ „ 150 „ |

Auf Steigungen von weniger als 150 v. T. wird meistens der vereinigte Reibungs- und Zahnradbetrieb angewendet und zwar auch bei schmalen Spur für Züge, deren Beförderung samt Lokomotive bis 10 000 kg Zugkraft erfordert. Im allgemeinen ist dabei der Grundsatz beobachtet, daß die größte Steigung auf der Reibungsstrecke etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der größten Zahnstangensteigung beträgt. Weit auseinander gehen hier die Zuggewichte, die selbstverständlich von der Steigung abhängig sind.

Auf gewöhnlichen Bahnen endlich begegnen wir Gesamtzugkräften bis zu 15 000 kg, wovon, wie schon oben angedeutet, 10 000, selbst 11 000 kg auf Fortbewegung des eigentlichen Wagenzuges entfallen. Es entspricht das einem größten zulässigen Zuggewicht, ohne Maschine, von rund:

| | |
|-----|------------------------------|
| 230 | Tonnen auf 40 v. T. Steigung |
| 190 | „ „ 50 „ „ |
| 160 | „ „ 60 „ „ |
| 140 | „ „ 70 „ „ |

Bei dieser Bestimmung ist stets die Zugbeförderung durch eine Lokomotive vorausgesetzt.

Doppelbespannung.

Nun ist aber die einst gefürchtete, heute aber überall eingeführte Doppelbespannung der Züge auch für den Zahnradbetrieb durchaus zulässig und auf den bosnisch-herzegowinischen Staatsbahnen seit Jahren in regelmäßigem Gebrauch. Dadurch kann selbstverständlich die Zugbelastung noch wesentlich gesteigert werden.

Ebenso zulässig und zweckentsprechend, bis zur Stunde aber wenig benutzt, ist die gleichzeitige Verwendung einer reinen Reibungslokomotive mit einer vereinigten Reibungs- und Zahnradmaschine zur Beförderung sehr schwerer Züge. Diese Betriebsweise wird sich namentlich dort empfehlen, wo Züge auf weiteren Strecken von der gewöhnlichen Maschine hergeschafft und von einer ebensolchen, nach Überwindung der Zahnstangenstrecke, wieder weiter geschafft werden müssen. In allen solchen Fällen empfiehlt es sich, die Reibungsmaschine auf der Zahnstangenstrecke an der Spitze des Zuges zu belassen, zur Nachhilfe aber auf der Zahnstange an das Zugende eine Zahnradmaschine beizugeben. Für die Thalfahrt kann dann die letztere zwischen Reibungsmaschine und Wagenzug eingestellt werden.

Allein auch ohne Doppelbespannung wird es möglich, außergewöhnlich schwere Züge zu Thal zu befördern, sobald die Wagen mit zuverlässigen und durchgehenden Bremsen ausgeführt sind. Diese Möglichkeit kann namentlich dort sehr willkommen sein, wo der thalwärts gerichtete Verkehr bedeutend stärker ist, als der bergwärts gehende, wie solches auf der Linie Eisenerz-Vordernberg, von Erzberg nach Vordernberg hinunter, thatsächlich eintritt. Seitdem die dortigen Erzwagen mit Bremsen entsprechend ausgerüstet sind, werden auch auf dem 70 v. T. betragenden Gefälle Züge von 200 Tonnen heruntergelassen. Der Schub dieser 200 Tonnen wird in der Geraden auch bei gleichmäßiger Fahrt bis zu 13600 kg betragen, also erheblich mehr als oben für zulässig erklärt worden ist. Allein wenn durch die Bremsen auch nur $\frac{1}{20}$ des Gewichtes gebremst wird, so bleibt als eigentliche Schubkraft des untersten Wagens auf die Maschine nur mehr ein Betrag von 3600 kg, also eine sehr bescheidene Inanspruchnahme. Gute Bremsvorrichtungen aber gestatten ohne Anstand, auch mehr als $\frac{1}{20}$ des Wagengewichtes zuverlässig abzubremesen.

Zugwiderstände.

Über die Berechnung der Zugwiderstände besteht eine reiche Litteratur. Insbesondere über die Zahnradlokomotiven der Harzbahn hat Professor Frank lehrreiche Versuche angestellt und in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure vom Jahre 1887 veröffentlicht.

Im allgemeinen und für die praktischen Verhältnisse des Betriebes genügen die einfachsten Formeln, welche Mittelwerte geben. Denn wenn es schon schwer hält, für ein bestimmtes Fahrzeug eine richtige Formel aufzustellen, so wird die Aufgabe noch viel schwieriger, wenn es sich um Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Umstände handelt. Selbst auf gerader, wagrechter Bahn sind die Widerstände ein und desselben Wagens im neuen und ausgelaufenen Zustande, bei guter und ungenügender Schmierung ganz verschieden. In den Krümmungen aber werden sich vier-, drei- und zweiachsige Wagen, schon wegen ihrer Anordnung allein, ganz verschiedenartig einstellen. Ebenso übt der jeweilige Zustand der Wagen, der Grad

der Abnutzung der Radreifen und der Lagerschalen, die Achsführung, der Achsstand, nicht zum mindesten die Spurerweiterung, Schienenüberhöhung, auch der Zustand der Schienen selber, wesentlichen Einfluß auf die Größe des Widerstandes aus. Im allgemeinen wird man sich für praktische Zwecke der Wirklichkeit genügend nähern durch Annahme der Widerstände für die Wagen auf gerader Bahn:

bei 2 und 3 Achsen zu 4 kg für 1 Tonne Gewicht,
 „ 4 „ „ 3 „ „ 1 „ „ ;

in Bögen von nicht ungewöhnlich kleinen Halbmessern:

für die ersteren zu 6 kg,
 „ „ letzteren „ 4 „ .

Für die Lokomotiven, vom Zahngetriebe abgesehen, empfiehlt es sich, folgende Widerstände in Rechnung zu ziehen:

Für zweiachsige Maschinen oder solche mit zwei festen Achsen und einer beweglichen Achse in der Geraden:

6 kg für 1 Tonne Gewicht,

in nicht zu engen Bögen:

10 kg für 1 Tonne Gewicht,

für Maschinen mit drei und vier gekuppelten Achsen in der Geraden:

10 bis 12 kg für 1 Tonne Gewicht,

in nicht ungewöhnlich engen Bögen dagegen

12 bis 16 kg für 1 Tonne Gewicht.

Hierzu kommen alsdann die Reibungswiderstände des Zahngetriebes.

Dabei haben wir zu unterscheiden zwischen Lokomotiven mit unabhängiger Bewegung der Zahntriebräder, wie die Maschinen nach Bauart Abt, und solchen mit fester Kuppelung zwischen Trieb- und Zahnradvorrichtung. Nach bekannten Regeln der Mechanik muß für Kraftübertragung durch Zahnräder ein Arbeitsverlust durch Reibung von rund 4 v. H. gerechnet werden.

Handelt es sich um vereinigte Reibungs- und Zahnradmaschinen der ersten Art ohne Vorgelege, so ist zu berücksichtigen, daß bloß die Hälfte der gesamten Kraft durch die Zahnräder, die andere Hälfte auf gewöhnliche Art übertragen wird. Somit ist zu dem der Lokomotive als solcher eigenen Widerstand noch ein solcher von 2 v. H. der Gesamtzugkraft zu rechnen. Für Lokomotiven mit Vorgelege dagegen ist auch noch mit Rücksicht hierauf ein Arbeitsverlust anzunehmen, z. B. bei einem Zwischenrade ungefähr 8 v. H. für Zahnreibung.

Für Zahnradmaschinen gemischter Bauart mit fester Kuppelung zwischen Trieb- und Zahnradvorrichtung, wie solche namentlich früher mit Vorliebe ausgeführt wurde, kommen aber noch weitere Erscheinungen hinzu, die allerdings für leichtere Maschinen weniger ins Gewicht fallen als für schwere und namentlich solche, welche mit einer ansehnlichen Geschwindigkeit verkehren, sowie große Wege zurücklegen müssen. Der Grund zu diesen ungünstigen Erscheinungen liegt in der festen Kuppelung zwischen den Reibungs- und den Zahnrädern. Alle müssen infolgedessen die gleiche Anzahl Umdrehungen machen. Wäre es möglich, den Umfang der Reibungsräder vor Abnutzung zu bewahren, so wäre alles gut. Radreifen von solcher Eigenschaft besitzen wir nun leider nicht. Sobald wir aber mit der Abnutzung rechnen

müssen, ergibt sich das Mißliche, daß der Durchmesser und damit der Abwicklungsweg dieser Räder sich stetig vermindert, während jener des Zahntriebrades unverändert bleibt. Die unvermeidliche Folge wird also ein Schleifen der Reibungsräder auf den Laufschiene, ein größerer Widerstand und eine vermehrte Abnutzung sein, auch wird ein Pressen und Drängen der Zahnräder in der Zahnstange auftreten. Diese Erscheinungen verursachen bei fortgeschrittener Abnutzung der Räder einen stoßenden, unruhigen Gang der Maschine, der sich leicht auch auf die Wagen überträgt.

Um dem Übel zu steuern, wird anfänglich der Durchmesser der Reibungsräder um einige Millimeter zu groß gewählt, also mit einem Fehler begonnen. Derselbe vermindert sich dann mit der Abnutzung der Radreifen bis zu dem Augenblick, da ihr Durchmesser gleich demjenigen der Zahnräder geworden ist; von da an aber nimmt er wiederum zu, bis endlich die Radreifen durch neue ersetzt werden. Daß unter solchen Verhältnissen eine vorteilhafte Ausnutzung der Radreifen ausgeschlossen ist, liegt nahe. Andererseits darf nicht unerwähnt bleiben, daß durch die besprochene Anordnung der gemischten Zahnradlokomotiven nur ein Cylinderpaar bedingt wird. Lokomotiven dieser Bauart sind infolgedessen einfacher, billiger in der Anschaffung sowohl, wie in der Unterhaltung und darum für leichtere Arbeit, für den Betrieb von Güter- und Werkbahnen, namentlich wenn die Zahnstrecke kurz ist, nicht ohne Vorteile.

Endlich kommt zu allen diesen Reibungsverlusten noch der Widerstand der Schwere hinzu, der bis zu Steigungen von 100 v. T. für je 1 v. T. mit 1 kg für eine Tonne Gewicht genügend genau berücksichtigt ist. Für höhere Steigungen dagegen empfiehlt sich die genauere Formel mit dem Sinus des Steigungswinkels, die für

| | | | | | |
|-----------|--------|-------------|---------|---|---|
| 150 v. T. | 148 kg | für 1 Tonne | Gewicht | | |
| 200 | „ | 196 | „ | 1 | „ |
| 250 | „ | 242 | „ | 1 | „ |

ergiebt.

Dritter Abschnitt.

Bau und Ausrüstung der Zahnstangenbahnen.

§ 8. Linienführung und Unterbau der Zahnstangenbahnen.

Grundriß und Aufriß.

Die Möglichkeit, die Steigungen in sehr weiten Grenzen zu ändern, verleiht den Steilbahnen die Befähigung und zugleich den Hauptvorteil, sich den Bodenformen in sehr weitgehendem Maße anzuschmiegen. Dadurch wird es möglich, den größten Teil der Bahn auf gewachsenen Boden zu legen und die Kunstbauten sowohl, wie auch die Erdarbeiten und Tunnel weitgehend zu beschränken. Was hinsichtlich scharfer Bögen geleistet werden kann, zeigt die nach Abt'schem System gebaute Bahn der Rima Murany-Werke in Salgo Tarjan, deren kleinste Krümmungshalbmesser 8 m betragen; die elektrische Bahn gleicher Bauart auf den Mont Salève weist solche von 35 m auf und die nach Klose erbaute Bahn von St. Gallen nach Gais von 30 m. Für gewöhnliche Bahnen ist die Verwendung ganz enger Bögen, wie sie die Zahnstange für sich allein gestatten würde, ausgeschlossen, weil hier auf die durchgehenden Wagen Rücksicht genommen werden muß. Wo es sich um die Beförderung vollspuriger Wagen handelt, bildet ein Bogenhalbmesser von 200 bis 180 m die untere, noch zulässige Grenze für die Zahnstangenstrecke, wie für die gewöhnliche Bahn. Für schmale Spur dagegen und überall dort, wo es dem Konstrukteur anheimgegeben ist, nicht nur den Motor, sondern auch die Wagen für den leichten Durchgang durch enge Bögen entsprechend herzustellen, bildet, wie oben bemerkt, die Zahnstange kein Hindernis, auch sehr scharfe Bögen anzuwenden.

Für den Übergang von dem gebogenen in das gerade Gleis und umgekehrt haben sich besondere Übergangsbögen entbehrlich erwiesen, dagegen empfiehlt es sich, zwischen Krümmungen von entgegengesetztem Sinne jeweils eine Gerade von mindestens einer Schienenlänge einzuschalten.

Die reinen Zahnradbahnen besitzen meistens keine Spurerweiterungen. Sylvester Marsh hat am Mount Washington sogar auf das übliche Seitenspiel der Spurkränze zwischen den Schienen ganz verzichtet. Die Gründe hierfür sind naheliegend. Wenn das Fahrzeug im Gleis von Haus aus schon ein Spiel von 10 oder 12 mm erhält, wenn dazu das Gleis, namentlich bei den früher üblichen Holzschwellen, schon anfänglich statt der genauen Spur Erweiterungen von einigen Millimetern aufweist, die mit der Zeit unvermeidlich noch erhöht werden, wenn ferner eine Vermehrung des Seitenspiels durch Abnutzung der Lagerschalen und namentlich der Spurkränze hinzukommt, so muß sich mit der Zeit insgesamt ein Spielraum von etwa 20 bis 30 mm einstellen. Eine Beschränkung der Seitenbewegung ist daher wohl geboten. Aus diesem

Grunde zeigen die Riggenbach'schen Bahnen im Mittel eine Zahnbreite des Rades von 100 mm bei einer freien Weite zwischen den Wangen der Zahnstange von 126 mm. Das unschädliche Seitenspiel des Zahnrades kann also hier ± 13 mm betragen. Handelt es sich aber um gewöhnliche Bahnen, so sind Spurerweiterungen unentbehrlich. Abt hat seinen neueren Bahnen bis 21 mm Erweiterung gegeben, wie die Erfahrung zeigt mit vorzüglichem Erfolge. Die Verteilung geschieht in nachfolgender Weise:

| | | | |
|--------------------|---------------|------------|--------|
| für Bögen von über | 500 m | Halbmesser | 0 mm |
| „ „ zwischen | 500 und 350 m | „ | 7 „ |
| „ „ „ | 349 „ | 250 m | „ 14 „ |
| „ „ unter | 250 m | „ | 21 „ |

und zwar erfolgt die erste Erweiterung nur für den inneren Schienenstrang, die zweite für beide mit je 7 mm; die höchste Erweiterung zu $\frac{2}{3}$ (14 mm) für den inneren, zu $\frac{1}{3}$ (7 mm) für den äußeren Strang, wobei die Zahnstange stets in der Bahnachse verbleibt. Dabei besitzen die Zahnräder ein Seitenspiel von ± 28 mm.

Auch die Schienenüberhöhung wurde bei den ersten Zahnradbahnen für entbehrlich gehalten, fand aber nach und nach, wenn auch in beschränktem Maße bei reinen, dagegen im vollen Umfange bei den vereinigten Reibungs- und Zahnradbahnen Einführung.

Gewöhnlich wird die Formel

$$h = \frac{sv^2}{gr}$$

zu Grunde gelegt, worin

- h die Überhöhung,
- s die Entfernung der Schienen (Spurweite),
- v die Fahrgeschwindigkeit in der Sekunde,
- r den Krümmungshalbmesser in der Gleismitte,
- $g = 9,81$ die Beschleunigung der Schwere,

alle Größen in Meter ausgedrückt, bedeutet¹⁾.

Für Vollspur ist somit

$$h = 0,153 \frac{v^2}{r};$$

für die bei Zahnradstrecken in Betracht kommende Geschwindigkeit von rund 3 m in der Sekunde

$$h = \frac{1,5}{r}.$$

Es ergibt sich hiernach eine Überhöhung von

| | | |
|--------|-----------------------------|-------------|
| 100 mm | für den Krümmungshalbmesser | $r = 150$ m |
| 75 | „ „ „ | 200 „ |
| 50 | „ „ „ | 300 „ |
| 38 | „ „ „ | 400 „ |
| 30 | „ „ „ | 500 „ |
| 20 | „ „ „ | 750 „ |

¹⁾ Vergl. II. Kap., § 19 (S. 149 der ersten Abteilung).

Diese Maße sind bei den Abt'schen Bahnen denn auch thatsächlich durchgeführt und haben sich vollkommen bewährt.

Für die schmale Spur ergiebt diese Formel zu starke Überhöhungen. Bei ausgeführten Bahnen begegnen wir für mittlere Steigungen von 100 v. T. in Bögen von 100 m Halbmesser einer Überhöhung von 50 mm mit entsprechender Abminderung für flachere Bögen.

Auf reinen Zahnradbahnen werden in den Krümmungen von größerem wie kleinerem Halbmesser Überhöhungen von 30 bis 40 mm angewendet.

Für die lotrechte Ausrundung in Gefällsbrüchen wurde bei älteren, wie auch einzelnen neueren Zahnradbahnen zum großen Nachtheile des Betriebes nicht immer das Richtige getroffen. Zu schroffe Neigungswechsel machen es auch dem aufmerksamen Führer zur Unmöglichkeit, eine gleichmäßige Fahrgeschwindigkeit einzuhalten. Das für sich allein wäre Grund genug, diese Übergänge möglichst sanft zu wählen. Es kommen aber noch andere Erscheinungen hinzu. Bei zu knapp bemessenen Ausrundungen dieser Art machen die Zug- und Stoßvorrichtungen sehr große Ausschläge, steigen bisweilen sogar auf einander auf. Bei dreiachsigen Fahrzeugen liegt die Gefahr nahe, daß bei der Ausrundung einspringender Ecken die mittlere Achse ganz entlastet wird und dabei die Führung in den Schienen verlieren kann, umgekehrt aber in der Ausrundung erhabener Ecken den ganzen Wagen zu tragen bekommt, wobei dann die Endachsen entlastet werden und die Puffer sich leicht übereinander schieben.

Auch für Bahnen, deren Züge bloß aus der Maschine und einem Wagen bestehen, empfiehlt es sich, den Halbmesser der erhabenen Ausrundungen nicht unter 300 m zu nehmen; noch besser wären 500 m, während für die hohlen Ausrundungen 300 m zulässig sind. Bei Bahnen, für den gewöhnlichen Verkehr bestimmt, sollte die Ausrundung nicht weniger als 2000 m Halbmesser erhalten, in keinem Falle weniger als 1600 m; dann kann auch auf den Zahnstangenstrecken, wie solches die Bahnen am Harz und nach Tiszolez lehren, mit aller Sicherheit Langholz von 20 m Länge auf gewöhnlichen Langholzwagen befördert werden. Ebenso wird nötig, die Zahnstange nicht ausschließlich auf die steile Rampe zu beschränken, sondern reichlich in die angrenzende Reibungsstrecke hinein zu verlängern, damit die Lokomotive, befinde sie sich am Ende oder an der Spitze des Zuges, über die Zahnstangeneinfahrt weggegangen ist und sich über der Zahnstange selbst befindet, bevor der Zugwiderstand infolge Gefällsänderung größer geworden ist, als für die Reibung allein vorgesehen wurde.

Aus ähnlichen Gründen empfiehlt es sich ebenso sehr, den wagrechten Strecken der Bahnhöfe genügende Länge zu geben, so daß nicht bei jedem Verschieben oder Überleiten des Zuges von einem Gleis auf ein anderes die Maschine bereits über die Zahnstangeneinfahrt weg und in einen Teil der Steilrampe fahren muß.

Unterbau.

Die eigentlichen Unterbauarbeiten unterscheiden sich für Zahnradbahnen nicht von jenen gut angelegter, gewöhnlicher Bahnen; höchstens darf gesagt werden, daß der beste, widerstandsfähigste Unterbau sich hier noch mehr wie dort empfiehlt. So hat sich insbesondere die Herstellung eines reichlich breiten, auf Steinbett gelagerten und mit Steinbaubett beiderseits eingefassten Bahnkörpers ganz vorzüglich bewährt, sich sogar als wirksames Mittel gegen das Wandern des Oberbaues heraus-

gestellt, namentlich bei sehr bogenreichen Bahnen. Die Rothornbahn in der Schweiz, mit fast durchweg 250 v. T. Steigung und 60 m Krümmungshalbmesser, hat bei dieser, freilich mit großer Sorgfalt und bestem Steinmaterial durchgeführten Bauart auf die sonst üblichen und nicht zu unterschätzenden künstlichen Stützpunkte ganz verzichtet und nach siebenjährigem Betriebe noch keine Wanderungserscheinungen aufzuweisen.

Diese Stützpunkte des Oberbaues waren am Mount Washington durch die Natur des Unterbaues (Holzgerüste) gegeben. Auf den späteren Bahnen hat man sie durch Blöcke aus Mauerwerk hergestellt, damit aber wenig befriedigende Erfahrungen gemacht. Bei der Generosobahn wendete Abt die durch beistehende Abb. 44, 45, 46 und 47 dargestellte Bauart an, welche nun allgemeine Einführung

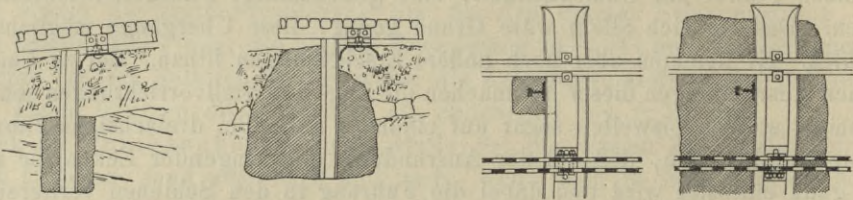


Abb. 44, 45.

Abb. 46, 47.

Stützpunkte des Oberbaues gegen Wandern.

gefunden hat und in jeder Hinsicht befriedigt. Je nach der Bodenbeschaffenheit und der Steigung werden in Abständen von 50 bis 200 m in den felsigen Untergrund Löcher gehauen oder bei gewöhnlichen Bodenverhältnissen größere Betonblöcke hergestellt, in die ungefähr meterlange Schienenabschnitte eingegossen werden und zwar derart, daß ihr Fuß an die untere Seite einer Schwelle anzuliegen kommt. Nötigenfalls kann durch Flacheisen oder Blechstreifen der Raum zwischen Stützpunkt und Schwelle ausgekeilt werden. Diese Anordnung hat den besonderen Vorzug, daß ein Heben oder Senken des Gleises, wie solches sich durch Ausrichten und Unterstopfen ergeben kann, möglich wird, ohne daß dadurch der Stützpunkt verloren würde. Ein Oberbau mit eisernen Schwellen ist dem Wandern weniger ausgesetzt, als ein solcher mit Holzschwellen. Auf Bahnen von unter 70 v. T. Steigung werden gewöhnlich keine Stützpunkte hergestellt.

§ 9. Oberbau der Zahnstangenbahnen.

Schienen.

Die ersten Zahnradbahnen hatten ganz schwache Schienenquerschnitte gewählt. Allein schon die Rücksichtnahme auf das soeben erwähnte Wandern des Oberbaues auf steilen Strecken empfiehlt die Anwendung kräftiger Schienen und Winkel-laschen zu einer festen Verbindung mit den Schwellen.

Schwellen.

Die Notwendigkeit einer genauen Lage des ganzen Oberbaues und der Einhaltung der Spurweite, sodann die sehr hohe Inanspruchnahme des ganzen Gestänges hat die Anwendung eiserner Schwellen als höchst empfehlenswert herausgestellt. Die Verbindung zwischen Schwellen und Schienen ist in verschiedener Weise gelöst, auf der Harzbahn z. B. mittels Haken und Keil, während eine sehr große Zahl von

Bahnen die sogenannte rheinische Befestigungsweise mit Klemmplättchen und Hakenschrauben verwendete.

Die Bahn am Mount Washington liegt, wie erwähnt, zum größten Teile auf Holzgerüsten. Daß dabei die Querhölzer durch Langschwellen gedeckt und verbunden wurden, war nur natürlich. Bei der Ausführung der ersten Zahnradbahnen in Europa hat man geglaubt, auch diese Anordnung beibehalten zu müssen. Dabei wurden diese Balken bald außerhalb der Laufschiene, wie am Rigi, bald zwischen denselben zur Lagerung und Überhöhung der Zahnstange angebracht. Schon die ersten Jahre des Betriebes aber haben gezeigt, daß damit an Festigkeit wenig gewonnen war, während die genaue Lage der Zahnstange infolge des Verhaltens des Holzes unter dem Einflusse der Witterung entschieden zu leiden hatte; zudem drang die Feuchtigkeit in alle Verbindungsstellen ein und führte eine rasche Veränderung des ursprünglichen tragfähigen Zustandes herbei. Später wurden am Rigi die hölzernen Langschwellen durch solche aus \square Eisen ersetzt. Bald aber machte sich die Überzeugung geltend, daß die beste und genügende Sicherheit in einer starken Laufschiene und der kräftigen Stoßverbindung der Zahnstangenstücke zu suchen sei.

Zahnstangen.

Schon Cathcart hatte in richtiger Erkenntnis des Verhaltens des Zahnrades seiner Zahnstange Evolventenverzahnung gegeben. S. Marsh hat dann zur Punktverzahnung gegriffen, die ihm erlaubte, die Zähne seiner Stange aus Rundeisen herzustellen. So zweckentsprechend diese Lösung auch war, so verdient doch die Evolventenverzahnung, die Riggenbach gleich anfangs wählte und die seither alle Zahnstangen ohne Ausnahme zeigen, entschieden den Vorzug, denn sie gestattet unbeschadet einer richtigen Abwicklung den verschieden tiefen Eingriff des Rades, mit dem im Betriebe gerechnet werden muß.

Bei der Leiterform (Abb. 12—16, Seite 9 u. 10) ist die Zahnstange aus 3 m langen Stücken zusammengesetzt. Jedes einzelne besteht aus zwei Winkeln oder zwei \square Eisen und dazwischen gesteckten Zähnen, die, wie soeben gesagt, ursprünglich aus Rundeisen, bei den späteren Bahnen aber durchweg aus Trapezeisen bestehen. Hierzu aber mußten die Löcher in den Seitenteilen durch Lochen hergestellt werden, weil die Enden dieser Zähne nur soweit angedreht wurden, daß oben und unten noch gerade Flächen verblieben, die ein Drehen des Zahnes verhinderten. Allein diese Bearbeitungsweise zeigte in der Werkstätte und vereinzelt auch im Betriebe Erscheinungen, die auch im Brückenbau und in verwandten Zweigen dazu führten, vom Lochen und Stanzen ganz abzusehen und alle Löcher nur mit der Bohrmaschine herzustellen. Jene an und für sich zwar nicht gerade bedenklichen Erscheinungen wurden noch befördert durch das Vernieten der Zahnenden, welches anderseits der ganzen Zahnstange eine große Steifigkeit verlieh.

Diese Unvollkommenheiten führten zur Konstruktion der Leiterzahnstangen von Bissinger und Klose (Abb. 31—34, Seite 18). Um die Löcher in den Seitenwangen auf einfache Weise bohren zu können, mußten sie, und dementsprechend auch die Enden der trapezförmigen Zähne, rund sein. Damit nun aber ein Drehen der Zähne um ihre Längsachse ausgeschlossen blieb, wurde an jeder Seitenwand eine Rippe angebracht, auf welcher die Zähne mit ihrer Grundfläche ruhten. Um endlich auch das Vernieten der Zahnenden zu vermeiden, wurden am Ende der Stangenstücke einzelne Zähne vorstehen gelassen, darüber eine Lasche aus Flach-

eisen gesteckt und das Ganze durch Muttern zusammengehalten, wodurch eine gute Längsverbindung erreicht war. Die so hergestellten Stücke werden entweder auf die Querswellen gelegt und mit denselben verschraubt, oder, sofern eine höhere Lage notwendig wird, auf gußeisernen oder aus Blech hergestellten Stühlen befestigt, die mit den Querswellen verbunden sind. Sämtliche Zahnstangenstücke werden, soweit es sich nicht um sehr enge Bögen handelt, als Gerade hergestellt und nachträglich für die Bogenstrecken je nach dem Krümmungshalbmesser in der Werkstätte gebogen. Für ganz enge Bögen aber werden die innere und äußere Seitenwand entsprechend gebohrt, sodaß die Zähne die richtige Stellung gegen den Mittelpunkt des Kreises hin erhalten.

Auf anderen Grundsätzen baut sich die Plattenzahnstange auf (Abb. 23—29). Diese kommt nicht als fertiges Ganzes, sondern in ihren einzelnen Teilen auf die Baustelle und muß dort, wie das übrige Gestänge, erst zusammengestellt werden. Sie besteht aus zwei oder drei gleichlaufenden Stäben, deren oberer Teil die Verzahnung trägt, deren unterer zur Befestigung auf den Stühlen dient. Letztere bilden die Verbindung der eigentlichen Zahnstange mit den Querswellen. Sie sind entweder aus Flußeisen gewalzt, oder aus einem besonders hierfür gewählten stahlartigen Eisen gegossen. Durch die der Bauart eigentümliche Verschränkung der Zähne, wie der Platten wird die Stoßverbindung auf natürliche Weise eine ungewöhnlich kräftige. Es befinden sich neben der Stoßfuge der zweiteiligen Zahnstange je eine, der dreiteiligen sogar zwei Platten mit vollem Querschnitt, außerdem aber bildet der Stuhl, der sich mit seinem Kamm zwischen die Platten stellt, eine weitere sehr kräftige Lasche. Schließlich werden aber auch die beiden Plattenenden durch eine wirkliche Lasche aus Flacheisen überdeckt.

Die Schienenzahnstange für die Jungfraubahn (Abb. 39 u. 40, S. 20 u. 25) wird in 3,5 m langen Stücken hergestellt. Der sehr kräftig gehaltene Kopf einer Breitfußschiene erhält durch Bohren und Sägen die entsprechende Verzahnung. Da der Grund der Zahnücke eine gewisse Breite aufweist, so wird er, um einer Verstopfung durch Eis vorzubeugen, seitlich abfallend hergestellt. Die Verbindung mit den Querswellen erfolgt durch ebendieselben Befestigungsteile, Klemmplättchen und Hakenschrauben, welche auch für die Laufschiene Verwendung finden, in den Stößen aber durch besondere, kräftige Winkellaschen.

Längenausdehnung und Zahnteilung bei Wärmeänderungen.

Die Zahnstangen mit einfacher Zahnung werden an ihrem unteren Ende festgehalten. Bei der üblichen Länge der Teile, von 3 bis 3,5 m, und den vorkommenden Wärmeänderungen verschiebt sich somit das obere Ende um rund 3 mm. Fehler von dieser Größe sind daher in der Zahnteilung einer jeden Stoßfuge zu gewärtigen. Kommen jedoch keine anderen Ungleichheiten hinzu, so sind, wie die Erfahrung lehrt, Störungen im Zahneingriff nicht zu befürchten.

Günstiger gestaltet sich der Einfluß der Wärme bei der Plattenstange mit verschränkter Zahnung. Wie früher gezeigt wurde, werden dabei die einzelnen Platten in der Mitte festgehalten; sie verschieben sich also an jedem Ende, und zwar bei 90 cm Länge um $\pm 0,25$ mm von der Mittellage aus. Die dadurch bedingene Abweichung in der Zahnteilung der Stoßfugen ist somit verschwindend klein, wird aber ganz unschädlich gemacht durch den Umstand, daß neben zwei Enden immer eine volle Platte mit genauer Teilung liegt. Wir werden später sehen,

wie diese günstigen Umstände zu einer einfachen Befestigung der Zahnstange auf langen, eisernen Brücken vorteilhaft ausgenützt werden können.

Material der Zahnstangen.

Die älteren Leiterzahnstangen sind gänzlich aus gewalztem Schweißeisen, die späteren aus Flußeisen, die Stühle aus gewöhnlichem Gußeisen hergestellt.

Die Platten der Abt'schen Zahnstangen werden aus zähem Flußstahl nach dem Thomasverfahren hergestellt und zwar mit einer Zugfestigkeit von mindestens 48 kg für das qmm, einer Dehnung von wenigstens 20 v. H. und einer Einschnürung der Bruchstelle von nicht unter 38 v. H. Aus etwas weicherem Stahl mit 45 kg Festigkeit besteht die Schienenzahnstange.

Die Klemmstücke aller Bauarten bestehen aus Schweißeisen.

Die Abnutzung der Zahnstangen jeder Art ist eine verschwindend kleine, selbst da wo Schmierung unterlassen wird. Es ist aber nicht zu verkennen, daß ein richtiges Schmieren nicht nur die Zähne des Zahnrades und der Zahnstange länger erhält, sondern auch die Reibungswiderstände vermindert.

Zahnstangeneinfahrten.

Solange es sich nur um reine Zahnradbahnen handelt, bleiben die Zahnräder beständig im Eingriff mit der Zahnstange, anders für Bahnen, bei welchen Reibungs- und Zahnstangenstrecken abwechseln.

Die erste gemischte Zahnradlokomotive, jene von Madison-Indianapolis, hatte eine lotrecht verstellbare Zahnradachse. Mit Hilfe der im Zuge angesammelten lebendigen Kraft wurde auf die Strecke mit Zahnstange eingefahren, dann das Zahnrad langsam gesenkt, wodurch sich der Eingriff ohne Anstände herstellen ließ. Wie schon früher angedeutet, mußte für die erste nach Ostermündigen gelieferte Maschine gemischter Bauart in umgekehrter Weise das Anfangsstück der Zahnstange bewegt werden, um den Eingriff des Zahnrades herbeizuführen. Die damit verbundenen Umstände und Schwierigkeiten wurden von der 1876 von Abt erfundenen und ausgeführten Einfahrt in vollkommener Weise beseitigt. Dieselbe besteht, wie Abb. 48 zeigt, aus einem ungefähr 3 m langen Zahnstangenstück, das in der Längsrichtung drehbar mit der festliegenden Zahnstange verbunden ist und dabei auf

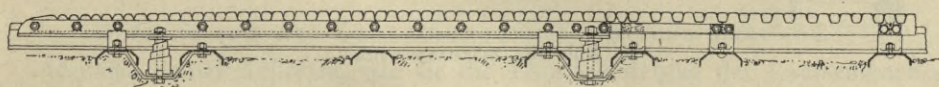


Abb. 48. Zahnstangeneinfahrt.

Federn ruht. Wenn das Zahnrad der sich nähernden Lokomotive auf diese Einfahrt gelangt und dabei die Zähne von Rad und Stange sich aufeinander stellen, so ist keine Beschädigung, sondern bloß ein Niederdrücken des ganzen Stückes zu gewärtigen. Für Maschinen mit steifer Kuppelung zwischen Trieb- und Zahnrad ist jedoch in diesem Falle nicht zu erwarten, daß ein richtiger Eingriff ohne weiteres erfolge. Besitzt aber das Einfahrtstück eine andere, größere oder kleinere Teilung als das Rad, so stellt sich bei der Abwicklung des Rades mit jeder Teilung eine Abweichung von der anfänglichen Stellung zwischen den Zähnen der Stange und des Rades ein; bald ist dieselbe so groß, daß der Zahn sich über einer Lücke befindet.

In diesem Augenblicke kommt die Wirkung der unterdessen zusammengedrückt gewesenen Federn zur Geltung. Das bewegliche Einfahrtstück wird in die Höhe geschoben und damit der Eingriff hergestellt.

Für Lokomotiven mit getrennten Triebwerken ist auch dieser Wechsel in der Teilung des Einfahrtstückes entbehrlich. Dadurch, daß hier Reibungsrad und Zahnrad ganz verschiedene Umdrehungszahlen besitzen können, wird im Falle des Auflaufens des Zahnrades sich dieses entsprechend dem Umfange seines Kopfkreises abzuwickeln suchen, also einen größeren Weg zurücklegen als der Teilkreis. Schon nach wenigen Teilungen stellt sich eine genügende Abweichung in der Zahnstellung ein und der Eingriff erfolgt.

Schiebebühnen und Weichen.

Bei gemischten Zahnradbahnen lassen sich wohl immer Abzweigungen und Kreuzungen in die Reibungsstrecken verlegen, so daß besondere Vorrichtungen für die Zahnstange entfallen. Anders bei reinen Zahnradbahnen.

Die älteren Ausführungen und auch die Pilatusbahn bedienen sich hierzu großer Schiebebühnen, auf welche sich der ganze Zug samt Maschine stellt und mittels entsprechender Vorrichtungen verschoben wird. Unstreitig ist damit die Verschiebung auf dem denkbar kleinsten Raume ermöglicht, allein die Anlage dieser Bühnen ist recht kostspielig, die Handhabung langsam und bei aller Vorsicht nicht durchaus zuverlässig. Schon frühzeitig wurde daher versucht, auch für den Zahnstangenoberbau, ähnlich dem gewöhnlichen, eigentliche Weichen herzustellen. Dieselben wurden mit der Zeit vervollkommnet und sie zeigen heute die in Abb. 49

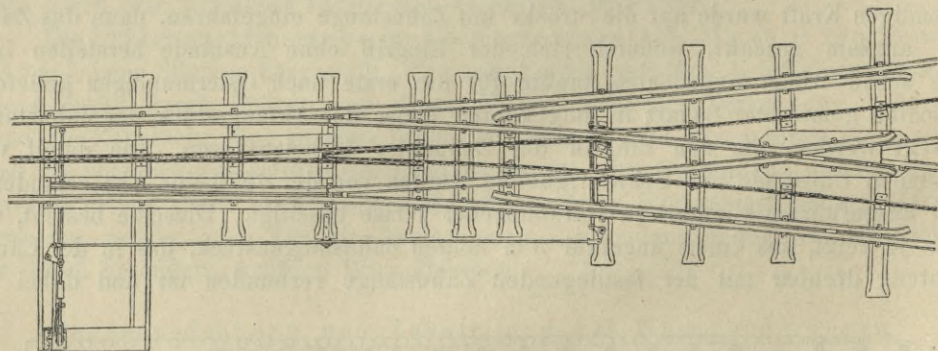


Abb. 49. Zahnstangenweiche.

dargestellte Anordnung, welche zuerst für die Abt'schen Linien eingeführt, dann auch den übrigen Bahnen angepaßt wurde und nach und nach eine Reihe von Schiebebühnen der Leiterzahnstange ersetzte.

Straßenübergänge und Straßenzahnstange.

Schon bei den Vergnügungsbahnen, dann noch mehr bei den Bahnen für den allgemeinen Verkehr konnte die Kreuzung von Bahn und Straße nicht überall umgangen werden. Die Lösung hat sich je nach der Bedeutung der Straße auf verschiedene Weise gemacht. Für wenig besuchte Übergänge wurde der Raum zwischen Laufschiene und Zahnstange durch starke Dielen nach Art der Abb. 50 ausgefüllt, eine Anordnung, welche überall vollständig befriedigte. Wo es sich

dagegen um Hauptstraßen handelte, oder um die Unterbringung der Zahnstange in der Straße selber, mußten vollkommeneren Einrichtungen zu Hilfe genommen werden. Die Leiterzahnstange eignet sich gerade für diesen Zweck vorzüglich,

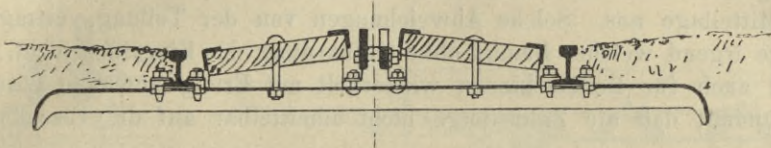


Abb. 50. Wegübergang.

indem es leicht wird, die obere Fläche der Zähne in gleiche Höhe mit den oberen Flügeln der seitlichen Eisen zu bringen (Abb. 51). Dadurch verbleiben die Zahn-
lücken als einzige Vertiefung von ungefähr 130 mm Länge und 70 mm Breite. So gut sich die Lösung in dieser Hinsicht macht, so große Schwierigkeiten ergeben sich für den Unterbau. Wird, wie auf der Bahn in Neapel, unter der Stange nicht ein

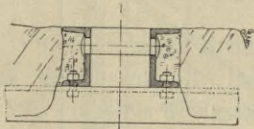


Abb. 51. Wegübergang
nach Riggenbach.

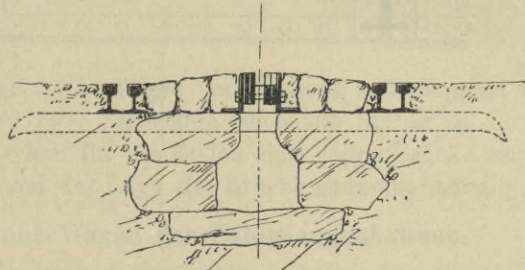


Abb. 52. Wegübergang der Generosobahn.

richtiger, umfangreicher Abzugskanal hergestellt, dann füllt sich der kleine Raum zwischen den Wangen rasch mit allerlei Geschiebe, Schlamm und Unrat und bietet dadurch große Unannehmlichkeiten, im Winter bei Eis und Schnee ernstliche Betriebsschwierigkeiten. Die Herstellung eines richtigen Kanales aber samt den entsprechenden Sammelgruben erfordert ganz erhebliche Anlagekosten. Bei der Generosobahn finden wir die durch Abb. 52 angedeutete Lösung.

Befestigung der Zahnstangen auf eisernen Brücken.

Ähnliche Schwierigkeiten, wie sie die Längenänderung der Laufschienen auf größeren Brücken verursacht, sind je nach der Bauart auch für die Zahnstange zu überwinden. Die hierfür nötigen Vorrichtungen müssen noch vollkommener sein, als für das gewöhnliche Gleis, weil die für die Zahnteilung zulässigen Abweichungen sich in sehr engen Grenzen bewegen. Angenehmlich waren viele Bahnen bestrebt, längere Brücken ganz zu vermeiden, oder sie in Stein und Mauerwerk auszuführen. Wo aber eiserne Brücken gewählt werden, sind die Öffnungen meistens kurz, sodaß die Längenänderung unbedeutend bleibt. Bis zur Brücke behält die Zahnstange ihre feste, unveränderliche Lage. Auch das untere Ende der Zahnstange auf der Brücke kann als fest betrachtet werden. Am oberen Ende der Öffnungen aber wird sich die ganze Ausdehnung entsprechend der Länge und dem Wärmegrad einstellen, also mit rund $\frac{1}{850}$ für 100° Celsius Wärmeunterschied. Für unser Klima muß

der zu erwartende Unterschied zwischen niedrigster und höchster Temperatur zu $65-70^{\circ}\text{C}$. vorgesehen werden, die Ausdehnung dementsprechend zu 0,8 v. T. der Länge. Für eine lichte Weite der Brücke von z. B. 30 m macht das bereits einen Gesamtweg des oberen Endes von 24 mm, somit von 12 mm nach jeder Richtung von der Mittellage aus. Solche Abweichungen von der Teilung verträgt aber die Zahnstange irgend welcher Bauart ohne Gefährdung des Eingriffes nicht. Eine einfache und auch für Leiterschienen wiederholt mit Erfolg gewählte Lösung wurde darin gefunden, daß die Zahnstange nicht unmittelbar auf die Eisenkonstruktion,

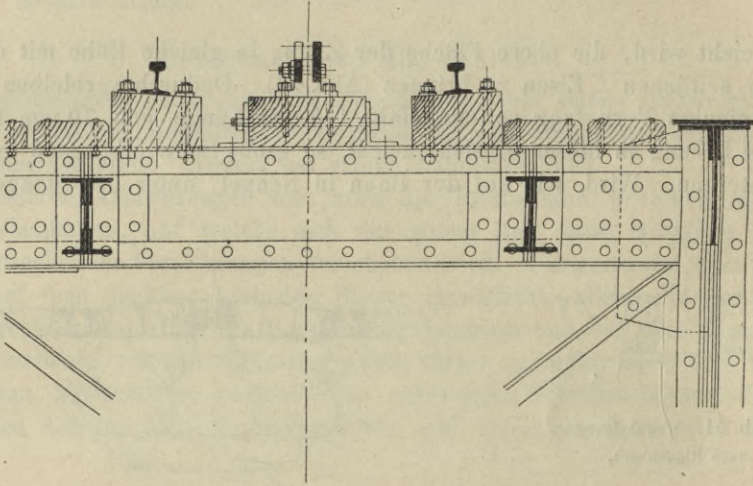


Abb. 53. Lagerung der Zahnstange auf eisernen Brücken.

sondern auf einem oder zwei nebeneinander angeordneten Langhölzern gelagert wurde (Abb. 53). Die Befestigung der Zahnstange auf diesen Hölzern erfolgt in gewöhnlicher Weise, diejenige der letzteren auf dem Eisenwerk aber durch seitliche Führungen, welche in der Längsrichtung freies Spiel gewähren.

Für einige andere Bahnen hinwiederum wurde der Grundsatz, auf dem sich die Abt'sche Zahnstange aufbaut, auch bei der Befestigung derselben auf den eisernen Brückenüberbauten festgehalten. Schon anfangs wurde auf die Ähnlichkeit dieser Zahnstange mit einer Gall'schen Kette hingewiesen. Dieser Umstand, wie auch der weitere, daß Ungleichheiten bis zu 2 mm in der Teilung ohne alle Betriebsgefahr zulässig sind, erlauben auch die unmittelbare Lagerung dieser Zahnstange auf lange Eisenkonstruktionen. Erhalten nämlich die für die Befestigungsschrauben bestimmten Endlöcher der Platten ein Längsspiel von 2 mm und werden die Muttern nicht zu fest angezogen, so haben die Platten die Möglichkeit, sich um eben dieses Maß in der Längsrichtung zusammen zu schieben, oder auseinander zu ziehen. Diese 2 mm sind aber gleichzeitig das Höchstmaß der Wärmeausdehnung der entsprechenden Länge der Platte. Die Längenänderung einer Brücke, auch wenn sie viele Centimeter beträgt, verteilt sich somit bei richtiger Einrichtung der Abt'schen Zahnstange gleichmäßig auf ihre einzelnen Plattenstöße, wobei Abweichungen von der richtigen Teilung von höchstens $\pm 1\text{ mm}$ vorkommen können. Die einzelnen Zahnstangenstühle dagegen werden nach dem oberen Brückenende hin die Anhäufung dieser

Längenänderungen aufweisen; sie müssen darum für ein Vielfaches jener Längenänderungen eingerichtet sein, d. h. in ihren Fußlappen längliche Löcher besitzen, wie die Abb. 54 und 55 zeigen.

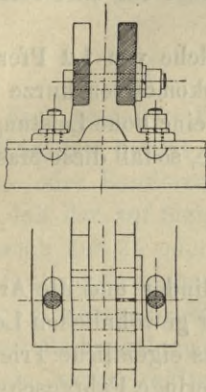


Abb. 54, 55. Zahnstangenstuhl auf eisernen Brücken.

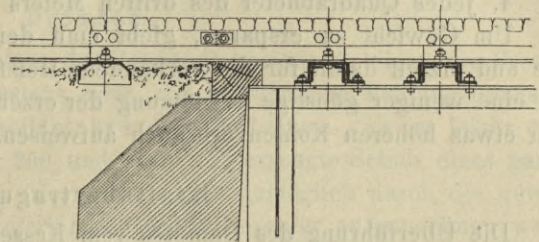


Abb. 56. Doppelstühle für die Zahnstange auf eisernen Brücken.

Für sehr lange Brücken kann die benötigte Verschiebung so bedeutend werden, daß es sich empfiehlt, lange, über zwei Schwellen reichende Stühle zu verwenden (Abb. 56), die sich übrigens auch schon für die Enden einer jeden Brücke empfehlen, um beim Verlegen des Oberbaues von der Lage der Brücke ganz unabhängig zu sein.

§ 10. Lokomotiven und Wagen der Zahnstangenbahnen.

Lokomotiven.

In Anbetracht des starken Einflusses, den das Eigengewicht des Motors auf sehr starken Steigungen besitzt, sind die ersten Zahnradlokomotiven außergewöhnlich leicht hergestellt worden. Dieses Bestreben wird selbstverständlich nie aufgegeben werden dürfen; man wird immer danach trachten müssen, durch die Wahl geeigneter Anordnungen und bester Materialien, wie auch vorzüglicher Arbeit mit möglichst wenig Gewicht die höchsten Leistungen zu erzielen. Immerhin wird damit gegenüber gewöhnlichen, gut gebauten Lokomotiven nur wenig erreicht werden können. Günstig wirken einige Nebenumstände, wie z. B. die geringen Vorräte an Wasser und Kohlen, welche diese Maschinen mitführen, weil die Fassungsstellen nahe zusammengedrückt werden. Wenn Zahnradlokomotiven eine hohe Zugkraft aufweisen, so äußern sie diese auf Rechnung der Geschwindigkeit, ohne daß dadurch die Berechtigung und die Vorteile des Zahnradbetriebes am richtigen Ort geändert oder herabgemindert würden.

Kessel.

Die Dampferzeugung geschieht in gleicher Weise wie bei gewöhnlichen Maschinen. Immerhin muß betont werden, daß für Zahnradlokomotivenkessel, mehr als für gewöhnliche, der Umstand ausgenützt wird, daß der Feuerbüchse und dem derselben zunächst liegenden Teile der Siederohre eine viel höhere Verdampfungsfähigkeit innewohnt als den übrigen Teilen. Die seinerzeit von der französischen Orleansbahn angestellten Versuche ergaben, daß die verschiedenen Stellen für mittlere Verhältnisse in nachfolgender Weise zur Gesamtdampferzeugung beitragen:

1. Jedes Quadratmeter der Feuerbüchse für eine Leistung von 13 Pferden;
2. jedes Quadratmeter des ersten Meters der Siederohre für eine solche von 4,5 Pferden;
3. jedes Quadratmeter des zweiten Meters der Siederohre für eine solche von 2,3 Pferden;
4. jedes Quadratmeter des dritten Meters für eine solche von 1,2 Pferden.

Um Gewicht zu ersparen, giebt man den Zahnradlokomotiven kurze Siederohre und erzielt damit für die vorhandene Heizfläche zwar eine hohe Leistung, aber auch eine weniger günstige Ausnützung der erzeugten Wärme, sodaß diese Maschinen einen etwas höheren Kohlenverbrauch aufweisen.

Kraftübertragung.

Die Überführung des Dampfes vom Kessel in die Cylinder und die Arbeit in denselben bietet keine wesentlichen Abweichungen gegenüber gewöhnlichen Lokomotiven, wohl aber die Übertragung der erzielten Arbeit auf das eigentliche Triebwerk.

Alle älteren Zahnradlokomotiven waren für eine sehr geringe Fahrgeschwindigkeit bestimmt. Die Zuhilfenahme von Vorgelegewellen und Übersetzungsrädern war daher die nächstliegende Lösung. Konnten doch dabei die Dampfzylinder verhältnismäßig rasch arbeiten, also kleiner und leichter werden. Nach diesem Grundsatz sind denn auch fast alle reinen Zahnradlokomotiven Riggenbach's gebaut worden. Vom Kreuzkopfe ab führen bei diesen Maschinen die Schubstangen zu den Kurbeln einer Vorgelegewelle. Auf ihr sitzen zwei Zahngetriebe und diese greifen in zwei größere Zahnräder ein, welche entweder unmittelbar auf einer weiteren Achse neben dem Zahntrieb-rad sitzen, oder mit diesem in geeigneter Weise verschraubt sind. Getragen werden solche Maschinen durch zwei gewöhnliche Laufachsen. Für die gemischten Maschinen dieser Bauart sitzen auf der Zahntrieb-achse abermals zwei Kurbeln, welche mittels Kuppelstangen mit den Trieb-achsen in Verbindung stehen.

Grundsätzlich verschieden hiervon sind die Abt'schen Zahnradlokomotiven. Diese entbehren des Vorgeleges. Wie bei gewöhnlichen Lokomotiven erfolgt die Kraftübertragung von den Kreuzköpfen weg entweder mittels zweiar-migen Hebels und Schubstangen, oder bei der Mehrzahl unmittelbar auf die Zahntrieb-achse.

Für den Betrieb reiner Zahnradbahnen besitzen die Maschinen ebenfalls nur zwei Dampfzylinder, ausgenommen die Bahnen von Pike's Peak, San Domingo und Mexiko, wo vier Cylinder mit Verbundanordnung Verwendung gefunden haben. Für Bahnen mit Reibung und Zahnstange erhalten die Lokomotiven von Abt vier Dampfzylinder, wobei das äußere Cylinderpaar, ganz gleich wie bei den gewöhnlichen Maschinen, die Trieb-achsen, das andere, zwischen den Rahmen gelagerte und von ersteren vollständig unabhängige Paar die Zahnräder bewegt. Die letzteren arbeiten aber nur soweit sich die Zahnstange erstreckt und stehen auf den übrigen Strecken still, während die Reibungszylinder auf der ganzen Fahrt in Thätigkeit sind, also auch auf den Steilrampen soviel zur Fortbewegung des Zuges beitragen, als die natürliche Reibung zwischen Rad und Schiene gestattet.

Jede Maschine besitzt zwei, mittels Stangen gekuppelte Zahnradachsen, die in einem besonderen Rahmen gelagert sind. Der letztere ist an die beiden nächstgelegenen Trieb-achsen gehängt und kann über jeder Putzgrube in kürzester Zeit in diese herunter gelassen werden. Eine Besichtigung oder Ausbesserung des Zahn-

triebwerkes macht sich somit sehr einfach und bequem, ohne daß das Auseinandernehmen von Maschinenteilen notwendig ist. Außerdem aber bietet diese Anordnung den wesentlichen Vorteil, daß die Zahnräder ganz unabhängig vom Federspiel der Maschine sind, also unveränderliche Eingriffstiefe besitzen.

Bremsen.

Eine besondere Eigentümlichkeit der Zahnradlokomotiven bilden die Bremsen. Jede Maschine besitzt deren mindestens zwei, die gewöhnliche Reibungsbremse als Backen- oder Bandbremse durchgebildet und die Luftbremse. Es ist leicht einzusehen, daß der auf Steigungen von 200 und 300 v. T. erzeugte Schub eines ganzen, wenn auch nur 25 oder 30 Tonnen wiegenden Zuges unmöglich durch die gewöhnlichen Reibungsbremsen über kilometerlange Gefälle herunter aufgenommen werden könnte; die erzeugte Wärme würde zu groß und hätte schwere Übelstände zur Folge, während Reibungsbremsen für kürzere Bremswege und für sicheres Anhalten der Züge ein unübertreffliches Mittel bleiben. Zur Aufnahme eines länger dauernden Schubes und damit zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit auf der Thalfahrt haben uns die Amerikaner Marsh und Aiken am Mount Washington die erste brauchbare Ausführung geliefert. Durch Otto Grüninger in seinem schon erwähnten Bericht wurde diese alsdann mit wesentlichen Vervollkommnungen auf die Rigibahn übertragen und seither im wesentlichen nicht nur von allen Zahnradbahnen, sondern auch von einer großen Zahl gewöhnlicher Reibungsbahnen benützt.

Einrichtung und Wirkung der Luftbremse sind kurz folgende. Durch die natürliche Bewegung der Räder während der Thalfahrt werden die Kolben in den Dampfzylindern hin und her bewegt. Kann dieser Bewegung ein genügend starker Widerstand entgegengesetzt werden, so ist die Bremse fertig. Das Mittel hierzu bildet die atmosphärische Luft. Wird diese von außen durch den zurücktretenden Kolben in den Cylinder gesaugt, dann in dem Augenblicke, da der Kolben wieder seinen Rückweg antritt, durch Abschließen der Eintrittsöffnung am Entweichen verhindert, so bildet sich bei ihrer Verdichtung ein immer größer werdender Widerstand aus, der, falls ein Entweichen nicht möglich, bald den Kolben und damit den Zug in seinem Laufe aufhalten würde. Da solches nicht beabsichtigt ist, wird zwischen dem Schieberkasten und den Einströmungsrohren, in welchen Räumen die Luft mit jedem Kolbenhube eingepreßt wird, eine Rohrverbindung mit Hahn bis zum Führerstande erstellt. Dieser Hahn wird vom Führer bei der Thalfahrt ganz gleich gehandhabt, wie der Dampfregler für die Bergfahrt. Ein Öffnen des Hahns gestattet der gepreßten Luft rascheres Entweichen und damit raschere Fahrt, weniger Öffnen langsamere Fahrt. Das richtige Einlassen der Luft wird von der Steuerung ebenso besorgt, wie die Dampfverteilung. Es ist zu diesem Zwecke nur nötig, daß die Steuerung in die der Fahrt entgegengesetzte Richtung gestellt und vollständig ausgelegt werde.

Um die durch die Bremsarbeit naturgemäß erzeugte Wärme unschädlich zu machen und die Erhitzung der Cylinder nicht zu groß werden zu lassen, wird eine bestimmte Wassermenge in diese Räume eingeführt. In Form von Dampf kommt diese am Ende der Luftleitung wieder zum Vorschein und bietet dem Führer dadurch ein sicheres Mittel zu erkennen, ob die zugeführte Menge richtig war. Ganz trockener Dampf deutet an, daß die Zufuhr zu gering war und die reibenden Teile

sich zu sehr erhitzen; zu nasser Dampf läßt umgekehrt auf zu reichliche Abkühlung schließen, wodurch die Bremswirkung beeinträchtigt würde.

Vorschriften über die Handhabung vereinigter Reibungs- und Zahnradlokomotiven Abt'scher Bauart.

Bergfahrt. Sobald sich die Lokomotive einer Zahnstangeneinfahrt nähert, wird die Fahrgeschwindigkeit auf ungefähr 10 km ermäßigt. Durch schwaches Öffnen des Reglers zum Zahnradtriebwerk werden die Zahnräder in Umdrehung versetzt, sodaß deren Umfangsgeschwindigkeit ebenfalls etwa 10 km beträgt. Der Eingriff in die Zahnstange erfolgt zwar auch ohne diese Vorkehrungen sicher und ohne Nachteil für das Getriebe, durch die vorgeschriebene Bewegung aber in sanfter und geräuschloser Weise, auch bei gesteigerter Fahrgeschwindigkeit. Sobald die Maschine sich im Eingriff mit der Zahnstange befindet, also an dem zur Seite jeder Einfahrt befindlichen Signal vorübergefahren ist, werden die Steuerschraube und die beiden Dampfregler so gestellt, daß die Lokomotive mit ihrer vollen Reibung arbeitet, ohne daß jedoch die Räder zum Schleudern kommen, die Zahnräder also nur den nötigen Zuschuß an Zugkraft zu liefern haben. Je nach dem Schienenzustande und besonders je nach der Zugbelastung wird demnach der Beitrag an Zugkraft der Zahnräder ein ganz verschiedener sein.

Das Öffnen der Schlammhähne, sobald die Dampfzylinder in volle Thätigkeit treten sollen, die verschärfte Beobachtung und Bedienung des Feuers, der Injektoren, des Manometers sind jedem Führer bekannte Obliegenheiten.

Während der Fahrt soll die Geschwindigkeit nur ausnahmsweise durch Verstellen der Steuerungen, sondern für gewöhnlich mit Hilfe der beiden Dampfregler, und zwar soweit immer möglich, durch jenen der Zahnradvorrichtung geschehen.

Auch die Ausfahrt aus der Zahnstange erfordert besondere Aufmerksamkeit. Hat sich die Maschine einer solchen bis auf etwa 30 m genähert, so wird der Dampfregler zu den Zahnrädern geschlossen und mit Reibung allein die letzten Meter der Zahnstange zurückgelegt. Würde diese Vorsicht unterlassen, so könnte der Dampfdruck in den Cylindern genügen, die Zahnräder mit solcher Wucht zu drehen, daß sie über der elastisch gelagerten Einfahrt den Eingriff verlören und in eigentliches Schleudern gerieten, wodurch die Zähne an Zahnrad und Zahnstangeneinfahrt beschädigt werden könnten. Im weiteren ist die Handhabung ganz jene einer gewöhnlichen Reibungsmaschine.

Bezüglich der Thalfahrt soll hier nur der Fall erwähnt werden, daß die Lokomotive nach Verlassen einer wagrechten Strecke zuerst ein größeres Reibungs- und dann ein Zahnstangengefälle zu befahren hat. Bewegt sich der Zug infolge der Schwerkraft abwärts, so schließt der Führer die Klappe zum Blasrohr, damit aus der Rauchkammer nicht Ruß und andere den Cylinderflächen schädliche Teile angesaugt werden können. Mit derselben Bewegung hat er auch die Dampfausströmungsleitung mit der äußeren Luft in Verbindung gebracht, damit frische, reine Luft bezogen werden kann. Wird nun die Steuerung der Fahrriichtung entgegen gestellt, so beginnt die Wirkung der betreffenden Cylinder als Luftpumpe, also als Hemm- und Bremsmittel. Allein auch dieses bedarf der Bedienung, wie der Dampfregler während der Bergfahrt. Einem Öffnen des Lufthahns entspricht ein rascheres Entweichen der verdichteten Luft, somit schnellere Fahrt, einem Schließen Verminderung der Geschwindigkeit. Da nun mit Verdichtung der Luft Entwicklung

von Wärme verbunden ist und diese, sich selbst überlassen, ein Erhitzen der Cylindertheile zur Folge hätte, so muß solehem durch Zuführen einer geeigneten Wassermenge vorgebeugt werden. Sobald also die Luftbremse zu voller Wirkung gekommen ist, ist der Kühlwasserzufluß entsprechend zu regeln, und zwar so, daß die verdichtete Luft in Form sichtbaren, aber nicht tropfenden Dampfes ausströmt. Zu viel Wasser beeinträchtigt die Bremswirkung, zu wenig bringt Erhitzen. Tritt nun im weiteren Verlauf der Rampe die Zahnstange hinzu, so handelt es sich zunächst um den richtigen Eingriff der Zahnräder in dieselbe. Hat sich der Zug der Einfahrt bis auf etwa 50 m genähert, so wird die Steuerung in die Fahrriechtung gelegt, der Lufthahn geschlossen und durch schwaches Öffnen des Reglers zu den Zahnradern diesen eine mäßige Drehung gegeben. Sofort nach erfolgtem Eingriff wird der Regler wieder geschlossen, die Steuerung der Fahrriechtung entgegen gestellt und nun beide Lufthähne, für Reibungs- und für Zahnradtriebwerk so weit geöffnet, bis die gewünschte Fahrgeschwindigkeit erreicht ist.

Von besonderer Wichtigkeit ist, daß gerade die Einfahrten im Gefälle nicht mit zu großer Geschwindigkeit genommen werden. Sollten daher während des soeben beschriebenen Verfahrens, das zwar nur wenige Sekunden dauert, die gewöhnlichen Zugbremsen die Fahrgeschwindigkeit nicht innerhalb der gewünschten Grenzen erhalten, so hätte der Heizer die Reibungsbremse der Lokomotive in Thätigkeit zu setzen, diese aber sofort wieder zu lösen, sobald die Luftbremsen ihre Wirkung aufnehmen.

Das Kühlwasser ist nun beiden Cylinderpaaren zuzuleiten.

Sollte aus irgend einem Grunde die eine oder andere Luftbremse nicht oder nur ungenügend wirken, so wäre die entsprechende Spindelbremse zu Hilfe zu nehmen. Wenn gleichwohl die Fahrgeschwindigkeit die vorgeschriebene Grenze zu überschreiten droht, so hätte der Führer mit der Dampfpeife das Zeichen zum Anziehen der Wagenbremsen zu geben. Ganz unabhängig von den Lokomotivbremsen, und zwar regelmäßig auf allen Gefällen, soll die durchgehende Bremse der Wagen in Thätigkeit gesetzt und darin beständig erhalten werden. Damit wird erreicht, daß die Bremsmittel der Maschine nur zum Teil in Anspruch genommen sind und zum anderen Teile dem Führer für alle Vorkommnisse als sicherer Rückhalt zur Verfügung stehen.

Nähert sich der Zug der Zahnstangenausfahrt, so wird die Zahnrad-Kühlwasserleitung gesperrt, der zugehörige Lufthahn ganz geöffnet und die Steuerung in die Fahrriechtung gelegt, bis die Maschine die Zahnstange verlassen hat. Wenn das Gefälle noch weiter führt, so wird sofort die Steuerung wieder der Fahrriechtung entgegengestellt, oder nun auch die Luftbremse zum Reibungstriebwerk außer Wirkung gebracht, wenn das Gefälle überhaupt aufhört.

Auf den ersten Blick möchte es scheinen, als ob die Bedienung von zwei Vorrichtungen das Personal, namentlich den Führer, in ungewöhnlichem Maße in Anspruch nähme. Richtig ist, daß die Verwaltungen von Gebirgsbahnen im wohlverstandenen Interesse auf eine durchaus tüchtige und zuverlässige Beamtenschaft halten müssen; deren Anstrengung ist aber bei weitem nicht so stark wie auf den Thallinien mit ihren hohen Fahrgeschwindigkeiten. Wenn der Führer der Zahnradmaschine auch zwei Regler und auf der Thalfahrt zwei Luftbremsen zu handhaben hat, so bleibt ihm doch für jede einzelne dieser Vorrichtungen ungleich mehr Zeit als auf einer Eilzuglokomotive. Diese legt für gewöhnlich 70 und mehr Kilo-

meter in der Stunde, also 20 m und darüber in der Sekunde zurück. Wenn daher irgend eine Verrichtung nur fünf Sekunden Zeit beansprucht, so legt die Maschine während dieser Zeit schon 100 m Weg zurück. Die Zahnradlokomotive, die sich mit 10—12 km Schnelligkeit bewegt, kommt in der gleichen Zeit nur um 15 m weiter, mit anderen Worten: der Führer hat hier zwischen der Wahrnehmung irgend einer Obliegenheit und dem Zeitpunkte ihrer Wirkung wohl sieben Mal so viel Zeit zur Durchführung, als bei den Schnellzügen der Thalbahnen. Es steht also außer Zweifel, daß die Führung einer Zahnradmaschine mit einem hohem Maße von Ruhe und Umsicht vorgenommen und gerade deshalb die Betriebssicherung mindestens so sehr gewahrt werden kann, wie auf Thalbahnen.

Wagen.

Die Wagen für Bahnen gemischten Betriebs entsprechen denen der gewöhnlichen Bahnen, werden zum Teil auch von diesen gestellt, weisen also selbstverständlich keine Eigentümlichkeiten auf. Es gehören hierher die Bahnen am Harz, Eisenerz-Vorderberg und Zolyombrézo, welche alle die Abt'sche Bauart zeigen. Wohl aber macht sich für diese Verhältnisse das auch für die gewöhnlichen Bahnen längst gefühlte Bedürfnis einer bewährten, durchgehenden Bremse nicht nur für Personen- sondern noch mehr für Güterwagen geltend.

Die Höllenthalbahn, obgleich nur mit 58 v. T. größter Steigung angelegt und für den Durchgang gewöhnlicher Wagen bestimmt, hat in ihrem Bestande eine größere Anzahl von besonderen Wagen mit Zahnradbremsen, deren eine bestimmte Zahl in jedem Zug eingestellt wird. Diese Anordnung ist kostspielig, bei der Anschaffung sowohl wie für die Unterhaltung, und erschwert und verteuert den Betrieb außerordentlich. Sie kann aber, wie die genannten Linien zeigen, bei richtiger Anlage der Bahn mit Sicherheit und größtem Nutzen vermieden werden. Es kommt dazu ein Grund, der sehr oft nicht genügend gewürdigt wird. So wirksam die Zahnradbremse für leichtere Züge ist, solange das Zahnrad die nötige Belastung besitzt, so zweifelhaft wird ihr Nutzen in einem schweren Zuge. Auch bei sorgfältiger Bauart des Bremsgestänges und bei gehöriger Aufmerksamkeit des Bremsers ist ein solches Rad leicht festgestellt. Die unmittelbare Folge ist, daß der ganze Zug im gleichen Augenblicke nun auch still stehen sollte, was bei der gewaltigen angesammelten lebendigen Kraft gar nicht möglich ist. Das betreffende Bremszahnrad wird in solchen Fällen durch den Schub unvermeidlich außer Eingriff gehoben und über die Zahnstange weggeschleift, wobei sehr leicht Entgleisungen eintreten können. Diese nicht zu unterschätzende Thatsache bildet für größere außergewöhnliche Bahnen den Gesichtspunkt, von dem aus die zulässige, größte Steigung beurteilt werden soll.

Wo es sich um die Beförderung schwerer Züge handelt, sollte die größte Steigung auch in der Zahnstange jene Grenze nicht überschreiten, auf welcher gute Bremsen ohne Mithilfe der Zahnräder noch im Stande sind, den ganzen Zug mit Sicherheit in der Gewalt zu behalten. Die Zahnräder der Lokomotiven bilden dann immer noch eine willkommene Beihilfe. Diese Grenze liegt nun je nach dem Klima zwischen 60 und 80 v. T. Auf stärkeren Steigungen sind die Wagen mit Zahnradbremsen auszustatten, bei jenen Bahnen, welche überhaupt durchgehende Bremsen besitzen, in diese einzubeziehen und gleichzeitig mit den gewöhnlichen Reibungsbremsen in Thätigkeit zu setzen.

Einfacher gestaltet sich die Bremsfrage für reine Zahnradbahnen. Die Wagen derselben besitzen nur Zahnrad- und keine Reibungsbremsen. Ihre Anordnung ist verschieden. Einzelne Konstrukteure setzen das Zahnrad selbst auf eine Laufachse, wobei selbstverständlich entweder dieses oder die beiden Laufräder lose sein müssen. Diese Anordnung hat den Vorzug größter Einfachheit und Gewichtersparnis, aber es wird dabei der Eingriff des Zahnrades mit der Abnutzung der Laufräder immer tiefer, die Radreifen werden daher nur wenig ausgenutzt werden können. In Wirklichkeit aber sind die hierdurch bedingten Kosten kleiner, als es scheinen möchte, weil die Abnutzung infolge Wegfalls der Reibungsbremsen und der geringen Radbelastung weniger stark ausfällt, als bei Wagen gewöhnlicher Bahnen. Andere wählten die vollkommenere, jedoch mit einem gewissen Mehrgewicht erkaufte Anordnung, bei der das Bremszahnrad auf einer eigenen Achse ruht, wie Abb. 57 für zwei-, Abb. 58 und 59 für vierachsige Wagen erkennen lassen.

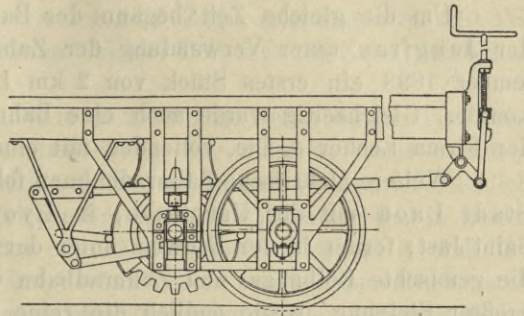


Abb. 57. Zahnradbremse für zweiachsige Wagen.

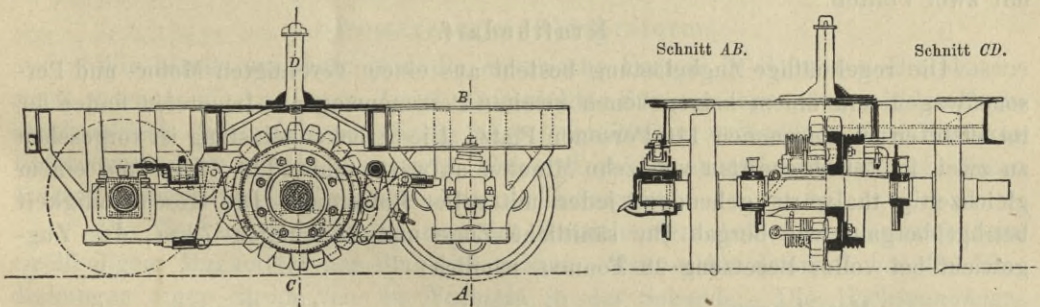


Abb. 58, 59. Zahnradbremse für vierachsige Wagen.

Im übrigen zeigen die Wagen auch der reinen Zahnradbahnen gewöhnlichen Eisenbahnwagen gegenüber keine bemerkenswerten Eigenheiten, außer wiederum das sehr ausgesprochene Bestreben möglicher Gewichtsverminderung.

§ 11. Zahnradbahnen mit elektrischem Betrieb. — Die großartigen Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizität wurden begrifflicher Weise auch für den Betrieb von Zahnradbahnen dienstbar gemacht.

Schon 1893 wurde von den Genfer Ingenieuren de Meuron und Cuénod auf den Mont Salève eine Zahnradbahn mit elektrischem Betrieb ausgeführt unter Verwendung der gerade durch ihre ruhige und sanfte Gangart besonders geeigneten Abt'schen Bauart. Diese Bahn hat 250 v. T. größte Steigung, engste Bögen von 35 m Halbmesser, bei einer Spurweite von 1 m.

Im Jahre 1895 entstand die mit Zahnstange gleicher Bauart ausgeführte elektrische Anlage in den Rima Murany-Salgo-Taryaner Werken mit gemischtem Betriebe, 1896/97 sodann eine solche am Endpunkte der Visp-Zermattbahn auf den

Gornergrat bis zur Höhe von 3020 m, ebenfalls mit Abt'schem Oberbau, durch die Unternehmer Haag und Greulich hergestellt, eine 10 km lange Vergnügungsbahn mit Meterspur, 200 v. T. Größtsteigung und Bögen von 80 m Halbmesser.

Um die gleiche Zeit begann der Bau einer elektrischen Zahnradbahn nach der Jungfrau unter Verwendung der Zahnschiene von Strub, wovon Ende September 1898 ein erstes Stück von 2 km Länge dem Betriebe übergeben werden konnte. Gleichzeitig wurde auch eine Bahn von Stansstad nach Engelberg von der Firma Locher & Cie. vollendet, mit einem kurzen Stück Leiterschiene.

Weitere elektrische Zahnradbahnen folgten: in Frankreich als Verbindung von Stadt Laon mit der Hauptbahn, in Lyon als Umbau der ehemaligen Seilbahn Saint Just; ferner in der Schweiz unter der Oberleitung von Professor Dr. A. Palaz die gemischte Reibungs- und Zahnradbahn von Bex-Gryon-Villars mit 200 v. T. größter Steigung, sowie endlich die reine Zahnradbahn von Aigle nach Leysin, mit 230 v. T. größter Steigung, alle vier mit dem Abt'schen Zahnstangenoberbau.

Von diesen Bahnen mag jene auf den Gornergrat näher betrachtet werden, um so mehr als sie den ersten Versuch der Anwendung von Dreiphasenströmen zum Betriebe von Zahnradbahnen bildet³⁾.

Der Anfangspunkt der Gornergratbahn befindet sich 1607 m über Meer. Der ganze Unterbau ist nach den für Bahnen ähnlicher Art bewährten Formen in sehr dauerhafter Weise ausgeführt. Der Oberbau zeigt für Schienen und Schwellen die bei gleicher Beanspruchung auch anderwärts verwendeten Formen und Zahnstangen mit zwei Platten.

Kraftbedarf.

Die regelmäßige Zugbelastung besteht aus einem vereinigten Motor- und Personenwagen und einem beigegebenen zweiten Personenwagen. Im ersten finden 60, im letzteren 50, zusammen 110 Personen Platz. Die Streckenbelastung ist vorgesehen zu zwei, in Zeitabschnitten von zehn Minuten aufwärts fahrenden Zügen und einem gleichzeitig thalwärts gehenden, jeder mit voller Belastung. Die Geschwindigkeit beträgt bergauf wie bergab für sämtliche Züge und Steigungen 7 km, das Zuggewicht bei voller Besetzung 28 Tonnen, nämlich:

| | |
|--|---------------------|
| Motorwagen | 10,5 Tonnen |
| der damit verbundene Personenwagen | 4,2 „ |
| der selbständige Wagen | 5,0 „ |
| 110 Personen zu 75 kg. | 8,3 „ |
| | zusammen 28 Tonnen. |

Es berechnet sich daraus der größte Zugwiderstand auf der Größtsteigung von 200 v. T. zu rund 6000 kg, die Leistung am Radumfang, bei 7 km Geschwindigkeit, zu 160 PS.

Unter Berücksichtigung der Arbeitsverluste in den Getrieben, Lagern u. s. w. von zusammen 20 PS. müssen die beiden Stromerzeugungsmaschinen also im ganzen 180 PS. leisten.

Das Geschäft Brown Boveri & Cie. in Baden lieferte die mechanische Ausrüstung der Bahn. Der vorgeschriebene Wirkungsgrad der Motoren ist zu 91 v. H., derjenige der vollbelasteten Kontaktleitung zu 85 v. H., jener der Transformatoren

³⁾ Die elektrische Zahnradbahn auf den Gornergrat, Schweizer. Bauzeitung, Band XXXI, Nr. 16 bis 21.

zu 96 v. H., der vollbelasteten Speiseleitung zu 95 v. H. und derjenige der Generatoren endlich zu 92 v. H. berechnet. Daraus ergibt sich die in dem Elektrizitätswerk erforderliche Betriebskraft für einen vollbesetzten Zug zu 255 PS., für die Beförderung zweier gleichzeitig aufwärts sich bewegendes Züge zusammen zu 510 PS. Diese Arbeit wird durch eine von der Firma Theodor Bell & Co. in Kries vorzüglich ausgeführte Turbinenanlage geliefert.

Zur Zeit sind drei Girard-Turbinen, jede zu 250 PS. im Betriebe, das Turbinenhaus enthält jedoch noch Platz für die Aufstellung einer vierten. Das nutzbare Gefälle beträgt 100 m; die Umdrehungszahl 400 in der Minute. Wasser ist reichlich vorhanden. Der Umstand, daß durch gleichzeitig plötzlich Anhalten der in Bewegung stehenden zwei vollbelasteten Züge der Kraftbedarf zwischen 0 und 500 Pferdestärken schwanken kann, macht das Vorhandensein vorzüglicher Regler zum Bedürfnis. Die hierbei zur Ausführung gelangten Federpendelregler kommen dieser schwierigen Aufgabe in vollem Umfange nach. Um die damit verbundenen großen Schwankungen im Wasserzufluß unschädlich zu machen, wurde unmittelbar vor den Turbinen ein Windkessel in die Rohrleitung eingeschaltet. Derselbe ist mit einer kleinen, durch eine besondere Turbine angetriebenen Luftpumpe verbunden; er besitzt ein Leerlaufventil, welches sich öffnet, sobald die Wasserzufuhr zu den Turbinen durch deren Regler abgeschnitten wird. Durch Einschaltung einer Flüssigkeitsbremse (eines Kataraktes) wird bewirkt, daß sich dieses Ventil nach Wiederherstellung des regelmäßigen Zustandes langsam schließt.

Stromerzeuger (Generatoren).

Wie bereits erwähnt, wird die elektrische Energie in Form von Dreiphasenstrom erzeugt; die zu diesem Zweck aufgestellten Stromerzeuger sind mit den Hochdruckturbinen durch federnde Kuppelungen unmittelbar verbunden; ihre Erregung findet durch zwei, mittels besonderer, kleiner Turbinen angetriebene und mit diesen federnd gekuppelte Gleichstromdynamomaschinen statt.

Die Wechselstromerzeuger sind mit feststehendem Anker und umlaufendem, zwölfpoligem Magnetfeld aus Stahlguß gebaut. Man erhält demnach bei 400 Umdrehungen einen Strom von 40 Wechseln in der Sekunde. Die Hochspannungswicklung befindet sich in Höhlungen des Ankereisens, welche mit nahtlosen Isolationsröhren ausgekleidet sind. Die erzeugte Spannung beträgt 5400 Volt.

Schalttafel.

Zwischen die Stromerzeuger und die Speiseleitung mit ihren Transformatoren ist die große Schalttafel gestellt, welche alle Vorrichtungen für Messung und Regelung der Ströme und die Vorrichtungen zum Nebeneinanderschalten der Dynamomaschinen übersichtlich angeordnet enthält.

Umformer (Transformatoren).

Von der Schalttafel aus führen dreifache Speiseleitungen die erzeugten hochgespannten Ströme zu drei Wechselstromumformern, aus deren Nebenwickelungen die Kontaktleitungen mit Strom versorgt werden. In den Umformern entwickeln die drei Hauptströme, von je 5400 Volt Spannung, drei Nebenströme von 540 Volt Spannung. Die regelmäßige Leistung der drei Umformer beträgt 180 Kilowatt; letztere bestehen aus sechs Einphasenumformern von 30 Kw., welche je zu zweien

nebeneinander geschaltet sind; die dritte Gruppe zu zwei Umformern ist in Sternschaltung verbunden. Die Verteilung dieser drei parallel gestellten Umformer-Stationen längs der Bahnlinie ist so getroffen, daß der erste Umformer in dem Elektrizitätswerk, also auf km II steht, der zweite auf km V und der dritte auf km VIII. Die Hochspannungsleitung von dem Werk bis zum zweiten Umformer, bei km V, besteht aus drei Drähten von je 5,5 mm Durchmesser. Die dritte Umformer-Station bei km VIII ist an diese Leitung durch drei Drähte von je 4 mm Durchmesser angeschlossen. Die Hochspannungsleitung läuft nicht der Bahn entlang, sondern nimmt den kürzesten Weg zu den beiden Umformer-Stationen. Sie kreuzt dabei die Bahnlinie an drei Punkten. Von den Umformer-Stationen 1 und 3 werden je zwei Speisedrähte von 8 mm Durchmesser zu den Endpunkten der Kontaktleitung geführt.

Kontaktleitung.

Die zwei Kontaktdrähte haben einen Durchmesser von 8 mm; sie sind durchweg an Queraufhängungen befestigt, welche in Abständen von 25 m auf je zwei Holzstangen angebracht sind. Die Schienen bilden den dritten Leiter und haben zu diesem Zwecke an den Schienenstößen Verbindungen aus Kupferdraht und Querverbindungen erhalten. Die Kontaktleitung ist auf Stationen und Ausweichstellen mit Luftweichen versehen.

Die elektrische Lokomotive.

Dieselbe ruht mittels Federn, deren Spiel begrenzt ist, auf zwei Achsen. Die beiden Drehstrommotoren von je 90 Pferden machen 800 Umdrehungen in der Minute und haben 500 Volt Spannung. Auf jeder Motorachse sitzt ein kleines Zahnrad mit schräg gestellten Zähnen; dieses greift in ein größeres, außerhalb des Rahmens gelagertes Zwischenrad ein. Auf der Achse dieses letzteren sitzen noch zwei weitere, kleinere Zahnräder, welche in zwei Räder mit rechtwinklig gestellten Zähnen eingreifen. Die Achse des letzteren Paares trägt gleichzeitig auch das eigentliche Zahntriebrad, das in die Zahnstange eingreift. Das ganze Übersetzungsverhältnis beträgt 1 : 12. Die beiden Dynamomaschinen sind als asynchrone Dreiphasen-Wechselstrom-Motoren ausgeführt. Sie besitzen einen gewickelten Anker und Schleifringe, sind demnach zur Einschaltung eines Widerstandes im Ankerstromkreise eingerichtet. Auch bei voller Belastung laufen sie an, ohne mehr Strom zu verbrauchen, als bei durchschnittlicher Belastung.

Der Anlaufwiderstand ist über den Triebwerken angeordnet; durch Einschaltung in den Ankerstromkreis gestattet er eine Veränderung der Geschwindigkeit. Der Umschalter, sowie sämtliche Sicherheits- und Meßvorrichtungen sind an passenden Stellen der Wände und des Daches untergebracht. Über dem Dache befindet sich die Stromabnahmevorrichtung. Die doppelte Anordnung der letzteren bezweckt, Stromunterbrechungen an den Aufhängestellen und beim Befahren der Weichen zu vermeiden.

Durch die besonderen Eigenschaften der Dreiphasenmotoren wird ohne weiteres auf allen Stellen der Bahn die Geschwindigkeit unveränderlich erhalten.

Außerdem ist aber noch eine elektrische Geschwindigkeitsbremse vorhanden, welche selbstthätig in Wirksamkeit tritt, sobald aus irgend einem Grunde die Fahrgeschwindigkeit einen bestimmten Größtwert überschreiten, oder der Strom unter-

brochen werden sollte, aber auch vom Führer und ebenso von dem auf dem Wagen befindlichen Schaffner in Bewegung gesetzt werden kann; endlich zwei kräftige Spindelbremsen, welche, unabhängig von einander, auf beide Zahntriebachsen wirken und diese durch Anziehen festzustellen vermögen.

Personenwagen.

Der mit zum Motor gehörige Personenwagen ruht mit seinem unteren Ende auf diesem und ist mit demselben pendelartig verbunden. Mit seinem oberen Ende liegt er auf einem zweiachsigen Untergestelle. Durch diese Anordnung ist das Eigengewicht vermindert, ein Teil des verbleibenden aber zur Belastung des Motors und damit auf die Sicherung des Zahneingriffes verwendet. Dieser Wagen hat einen geschlossenen Kasten mit 60 Sitzen, ist im übrigen ohne besondere Merkmale. Der Beiwagen enthält 50 Sitze, ist offen und zweiachsig. Eine der Achsen trägt gleichzeitig ein Bremszahnrad. Dieser Wagen wird nur bei starkem Verkehre beigegeben.

Betrachtungen.

Es ist natürlich, wenn gerade im Gebirge, der nächsten Heimat der Zahnradbahnen, wo gleichzeitig auch viele Wasserläufe vorkommen, die bisweilen mit verhältnismäßig geringen Kosten Tausende von Pferdestärken ergeben und welche beim heutigen Stande der Elektrotechnik mit geringen Kosten kilometerweit geleitet werden können, bei der Anlage einer Bahn in erster Linie an den elektrischen Betrieb gedacht wird.

Heute aber noch werden damit nur ausnahmsweise wesentliche Vorteile gegenüber dem bisherigen Dampfbetriebe zu erreichen sein. Die Auslagen für Vorstudien, Geldbeschaffung, Landerwerb, Unter-, Ober- und Hochbau sind für beide Betriebsarten dieselben, ebenso für die Wagen. Selbst die elektrischen Motoren sind heute noch nicht billiger zu haben als gleichstarke Dampflokomotiven. Für die elektrisch betriebene Bahn kommen nun aber ferner hinzu: Die Kosten für Wassererwerbung, Fassung, Anlage des Kanals oder der Rohrleitung, der Turbinen und des Elektrizitätswerkes. Es ist das, auch für mittlere Verhältnisse, eine Gesamtausgabe von ungefähr 200 000 bis 300 000 Mk. Dann weiter die Ausgaben für Anlage der Starkstromleitung zu verschiedenen Stellen der Bahn, die Umformstationen und endlich für die eigentliche Leitung über die ganze Linie, also wohl 20—30 000 Mk. für 1 km Bahnlänge.

In der Anlage ist demnach eine elektrisch betriebene Bahn wesentlich teurer als eine Dampfbahn.

An Betriebskosten kann bei ersterer der Heizerlohn erspart werden; für Wartung des Elektrizitätswerkes und was damit zusammenhängt, muß aber mindestens ebenso viel gerechnet werden. Gleich verhält es sich mit dem Unterhalte des mechanischen Teiles. Eine wirkliche Ersparnis dagegen wird durch den gänzlichen Wegfall des Kohlenverbrauchs erzielt, so daß da, wo sich, wie bei der Gernergratbahn, eine reiche Wasserkraft mit verhältnismäßig geringen Kosten gewinnen läßt, während gleichzeitig das Brennmaterial sehr teuer zu stehen kommt, der elektrische Betrieb auch hinsichtlich des Kostenpunktes den Vorzug verdient. Dazu kommt beim elektrischen Betriebe die gänzliche Abwesenheit von Rauch und Dampf und von Geräusch aller Art. Erschwerend hinwiederum wirkt, daß die Leistung einer

elektrischen Bahn nachträglich nur mit bedeutenden Opfern erhöht werden kann. Um diese Schwierigkeit zu vermeiden, muß daher gleich anfangs die Anlage für die — wenn auch erst nach Verlauf von vielen Jahren zu erwartende — Größtleistung eingerichtet und bemessen werden.

Das Bedenklichste ist die vollständige Abhängigkeit des ganzen Betriebes von einer einzigen Kraftquelle. Tritt hier eine Störung ein, so liegt der Betrieb der ganzen Linie lahm. Um dieser Möglichkeit zu begegnen, hat sich darum gerade die Gernergratbahn-Gesellschaft gleich anfangs entschlossen, eine Dampfzahnradlokomotive anzuschaffen. Schon während des Baues hat diese für die Beförderung der Materialien die vorzüglichsten Dienste geleistet und sie bildet jederzeit einen beruhigenden Rückhalt, wenn plötzliche Störungen eintreten sollten, was für derartige Bahnen, deren Haupteinnahmen auf wenige Wochen zusammengedrängt sind, sonst von tiefgehenden Folgen sein könnte.

§ 12. Eigenartige Einzelheiten verschiedener Zahnstangenbahnen.

Klose's Lokomotive für St. Gallen-Gais. Abb. 60 und 61.

Ein größerer Teil der Linie St. Gallen-Gais befindet sich auf der gewöhnlichen Straße, wobei Bögen bis hinunter zu 30 m Halbmesser vorkommen.

Der Betrieb wird mit vier Maschinen, drei leichten und einer späteren, etwas schwereren besorgt. Letztere hat ein Dienstgewicht von 35 Tonnen, wovon 23 Tonnen auf zwei Reibungsachsen, 12 Tonnen auf eine hintere Laufachse entfallen. Diese trägt das ganze Tendergestell, das mittels zweiarmigen Hebels und Gelenk unter dem Aschenkasten mit dem Hauptrahmen verbunden ist. Der Antrieb der Reibungsräder erfolgt nicht unmittelbar, sondern unter Anwendung der den Klose'schen Maschinen eigentümlichen, in der Ebene der Kurbelzapfen gelegenen Winkelhebel und von hier aus durch zwei zwangsläufig angeordnete Kuppelstangen. Durch diese Einrichtung wird die Maschine befähigt, trotz verhältnismäßig großen Achsstandes, enge Bögen ohne besondere Widerstände zu durchlaufen, was durch beträchtliche Spurerweiterung und eine Radreifenbreite von 175 mm noch unterstützt wird.

Das Zahntrieb-rad wird durch ein eigenes, unter der Rauchkammer angeordnetes Cylinderpaar angetrieben, unter Zuhilfenahme einer Vorgelegewelle und eines Gelenkrahmens, dessen Führung und Verbindung mit dem Hauptrahmen nach ähnlichen Gesichtspunkten durchgeführt ist, wie der Antrieb der Triebradachsen. Sämtliche vier Cylinder haben gleichen Hub und gleiche Weite. Direkte Dampfzufuhr findet nur für die Reibungscylinder statt. Auf den Zahnstangenstrecken wird von diesen der Dampf zu den Zahnradcylindern geleitet, sodaß dann Verbundwirkung eintritt.

Als Bremsmittel sind vorhanden: Einrichtung beider Cylinderpaare als Luftbremse, eine auf die Laufachse wirkende Spindelbremse, sowie eine ebensolche zu einem, auf der Laufachse sitzenden Zahnrad. Dieses letztere ist lose und besitzt zum Befahren der engen Bögen ein seitliches Spiel von 8 cm.

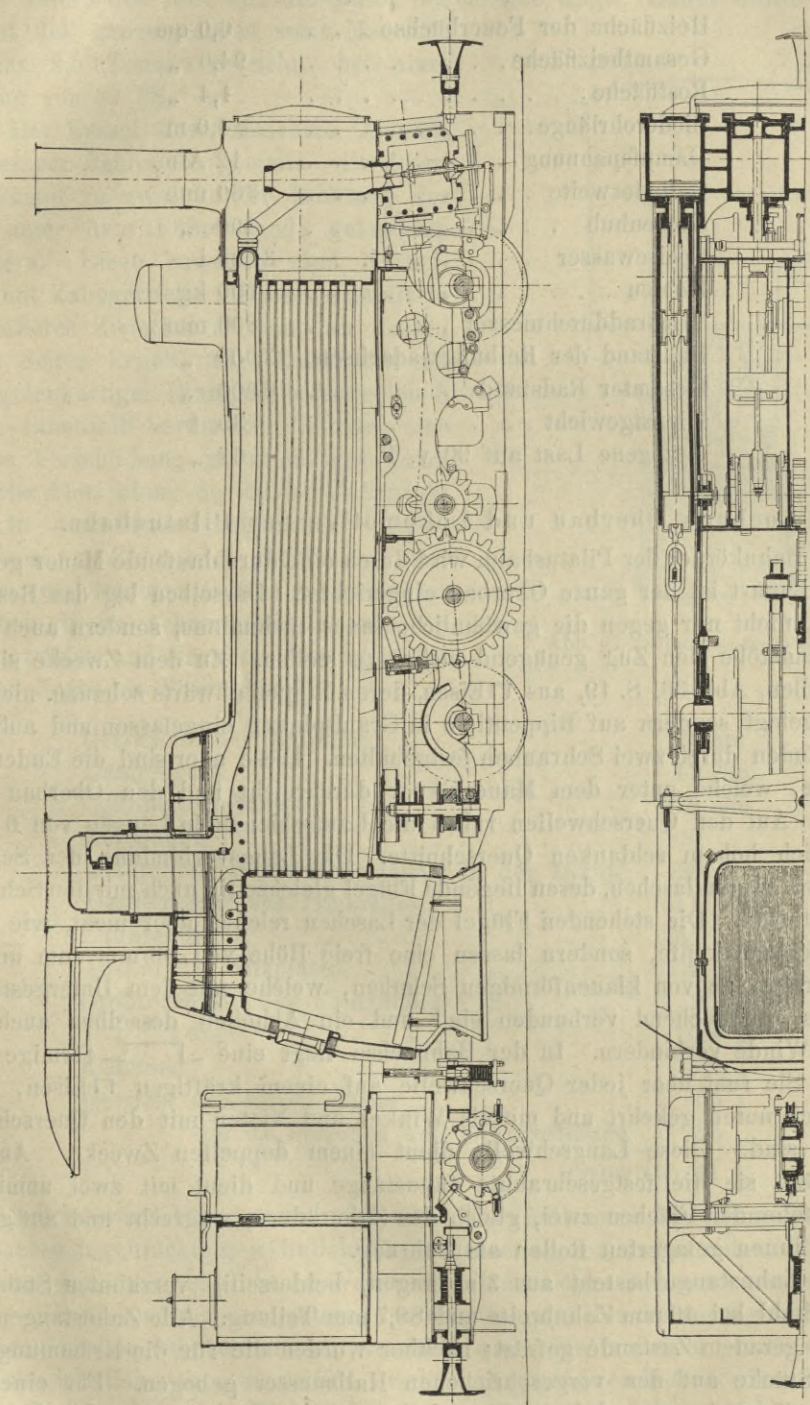


Abb. 60, 61. Lokomotive der Bahn St. Gallen-Gais.

Hauptabmessungen.

| | |
|--|----------|
| Heizfläche der Feuerbüchse . . . | 6,0 qm |
| Gesamtheizfläche | 94,0 „ |
| Rostfläche | 1,4 „ |
| Siederohrlänge | 4,0 m |
| Dampfspannung | 12 Atm. |
| Cylinderweite | 360 mm |
| Kolbenhub | 400 „ |
| Speisewasser | 3 000 l |
| Kohlen | 1 000 kg |
| Triebraddurchmesser | 800 mm |
| Radstand der Reibungsradsachsen. | 3 000 „ |
| Gesamter Radstand | 6 000 „ |
| Dienstgewicht | 35 t |
| Gezogene Last auf 90 v. T. | 62 „ |

Locher's Oberbau und Lokomotive der Pilatusbahn.

Der Bahnkörper der Pilatusbahn wird durch eine durchlaufende Mauer gebildet. Für diese Bauart ist der ganze Oberbau eingerichtet. Derselben lag das Bestreben zu Grunde, nicht nur gegen die gewöhnliche Inanspruchnahme, sondern auch gegen heftige Windstöße den Zug genügend sicher zu stellen. Zu dem Zwecke sind die Querschwellen, Abb. 36, S. 19, aus \square Eisen, deren Rippen abwärts schauen, nicht, wie üblich, aufgelegt, sondern auf Rippentiefe in Granitplatten eingelassen und außerdem an ihren Enden durch zwei Schrauben festgehalten. Diese aber sind die Enden einer Rundstange, welche unter dem Mauerkörper durchreicht und den Oberbau damit verankert. Auf den Querschwellen ruhen die Laufschiene in Längen von 6 m mit ungewöhnlich hohem schlanken Querschnitte. Die Längsverbinding der Schienen erfolgt durch Winkellaschen, deren liegende Flügel gleichzeitig auch mit den Schwellen verschraubt sind. Die stehenden Flügel der Laschen reichen aber nicht, wie üblich, bis zum Schienenkopfe, sondern lassen eine freie Höhe von 30 mm zum ungehinderten Durchgange von klauenförmigen Schuhen, welche mit dem Untergestell des Fahrzeuges entsprechend verbunden sind und ein Abheben desselben auch beim heftigsten Winde verhindern. In der Bahnachse liegt eine \lrcorner förmige Langschwelle. Sie ruht über jeder Querschwelle auf einem kräftigen \square Eisen, dessen Rippen nach unten gekehrt und mittels Winkel und Nieten mit den Querschwellen verbunden sind. Diese Langschwelle dient einem doppelten Zwecke. Auf dem Rücken trägt sie die festgeschraubte Zahnstange und dient mit zwei unmittelbar darunter stehenden Flächen zwei, gleich den Zahnrädern, wagrecht und auf gleicher Achse mit ihnen gelagerten Rollen als Führung.

Die Zahnstange besteht aus 3 m langen, beiderseitig verzahnten Stäben aus weichem Stahl bei 40 mm Zahnbreite und 88,7 mm Teilung. Alle Zahnstangenstücke wurden in geradem Zustande gefräst; nachher wurden die für die Krümmungen bestimmten Stücke auf den vorgeschriebenen Halbmesser gebogen. Für eine Bahn von 480 v. T. Steigung und Dampftrieb konnte nur die weitgehendste Verminderung des Eigengewichtes das Mitführen einer noch in Betracht kommenden Nutzlast ermöglichen. Aus diesem Grunde wurden Motor und Wagen in ein zwei-

achsiges Fahrzeug vereinigt, dessen obere Achse den größten Teil des Wagens, dessen untere den Rest und die ganze Lokomotive trägt. Damit wurde ein Eigengewicht des ganzen Zuges samt Maschine von nur 8,5 Tonnen erreicht, bei einer Leistung von 80 PS.

Der Kessel dieser Maschine, Abb. 62, ist quer zur Bahnachse gestellt. Er liefert den Dampf zu zwei in der Richtung der Bahn unter dem Führerstande gelagerten Cylindern. Diese bewegen eine Kurbelachse mit Zahngetriebe. Dasselbe greift in ein größeres Zwischenrad ein, an dessen beiden Seiten kegelförmige Zahnräder mit Hilfe gelenkartiger Einlagen befestigt sind, welche innerhalb bestimmter Grenzen eine gewisse Verschiebung gestatten und damit ungleiche Abwicklung der beiden Zahntriebräder in den Bögen ausgleichen. Diese kegelförmigen Zahnräder greifen in zwei weitere, auf lotrechten Achsen gelagerte ein. Auf eben diesen Achsen stecken auch die Zahntriebräder und darunter die schon erwähnten Führungsrollen.

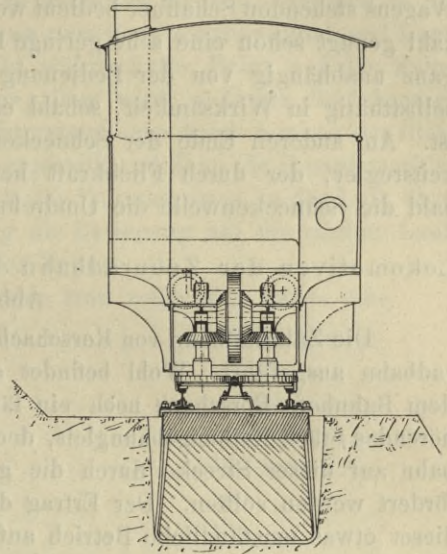


Abb. 62. Lokomotive der Pilatusbahn.

| | |
|---|---------|
| Heizfläche der Maschine | 20 qm |
| Dampfdruck | 12 Atm. |
| Cylinderdurchmesser | 220 mm |
| Kolbenhub | 300 „ |
| Umdrehungen der Kurbelwelle in der Minute | 180 |
| Durchmesser des Triebrades | 411 mm |
| Zahnteilung | 88,7 „ |
| Anzahl der Sitzplätze | 32 |
| Größte Breite des Fahrzeuges | 2,2 m |
| „ Länge | 10,4 „ |
| Radstand | 5,2 „ |
| Gewicht des leeren Zuges | 8,5 t |
| „ von 32 Personen und 3 Angestellten | 2,5 „ |

zusammen 11 t.

Als Bremsvorrichtungen sind vorhanden: Die Luftbremse der Cylinder, eine auf der Kurbelachse angebrachte gewöhnliche Reibungsbremse, sowie eine selbstthätige, auf die Zahnräder der unter dem oberen Wagenende befindlichen Achse wirkende Reibungsbremse. Die Einrichtung der letzteren ist folgende: Auf den Achsen der beiden oberen Zahnräder stecken Schneckenräder, welche in zwei, lose auf einer gemeinschaftlichen Achse sitzende Schnecken eingreifen. Beim Aufwärtsfahren bleiben diese Schneckenräder stehen, während die Zahnräder sich lose um ihre Achsen drehen, beim Abwärtsfahren dagegen werden sie und damit auch die Schnecken durch eine Klauenkuppelung mitgedreht. Letztere machen dadurch bei gewöhnlicher Fahrgeschwindigkeit

des Zuges 300 Umdrehungen in der Minute. Auf dem einen Ende der Schneckenwelle befindet sich eine Bremscheibe, welche durch entsprechende Einrichtungen sowohl vom Führerstande aus, als auch von dem auf der oberen Plattform des Wagens stehenden Schaffner bedient werden kann. Angesichts der hohen Umdrehungszahl genügt schon eine sehr geringe Bremswirkung, um den Zug anzuhalten. Allein ganz unabhängig von der Bedienung durch die Beamten tritt diese Bremse auch selbstthätig in Wirksamkeit, sobald eine gewisse Fahrgeschwindigkeit überschritten ist. Am anderen Ende der Schneckenwelle befindet sich nämlich ein Geschwindigkeitsregler, der durch Fliehkraft bewegt, das Anziehen der Bremse bewirkt, sobald die Schneckenwelle die Umdrehungszahl von 300 wesentlich übersteigt.

Lokomotiven der Zahnradbahn Rorschach-Heiden, Bauart Riggenbach.
Abb. 63 und 64.

Die Zahnradbahn von Rorschach nach Heiden war ursprünglich als reine Zahnradbahn ausgeführt. Wohl befindet sich zwischen dem Fuße der Zahnstange und dem Bahnhofe Rorschach noch ein längeres, den Vereinigten Schweizerbahnen gehörendes Stück Reibungsbahngleis, doch bestand die Meinung, daß die Züge der Bergbahn auf dieser Strecke durch die gewöhnlichen Maschinen jener Gesellschaft befördert werden sollten. Der Ertrag der Bahn gestaltete sich aber nicht derart, daß dieser etwas umständliche Betrieb aufrecht erhalten werden konnte. Man entschloß

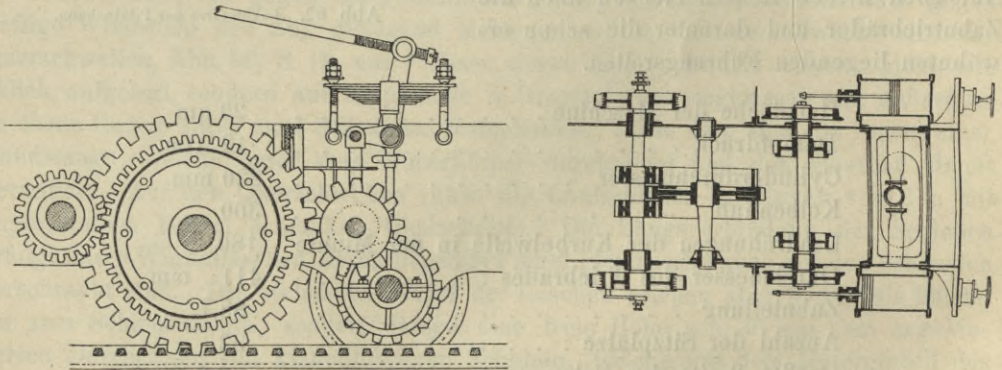


Abb. 63, 64. Lokomotive der Bahn Rorschach-Heiden.

sich daher, durch Umgestaltung der reinen Zahnradmaschine in eine gemischte, diese zu befähigen, den Dienst auch auf der Reibungsbahn zu besorgen. Diese Maschinen waren ursprünglich ähnlich gebaut wie jene der Bahnen Arth-Rigi, Schwabenberg, Drachenfels u. s. w. Sie ruhten auf zwei Laufachsen. Das Dampfzylinderpaar setzte eine vor der Feuerbüchse gelagerte Zwischenachse in Umdrehung, deren Kurbeln gleichzeitig Gegengewicht und Bremscheibe waren und zwei Zahngetriebe trugen, welche in zwei seitlich an das eigentliche Zahntrieb angeschraubte Zwischenräder eingriffen. Zur Erhöhung der Sicherheit wurde nachträglich hinter der unteren Laufachse noch ein Zahnrad mit Bremseinrichtung angebracht.

Um nun zu erzielen, daß diese reine Zahnradmaschine sich auch mittels Reibung vorwärts bewegen könne, wurden auf die obere Laufachse zwei Zahngetriebe gekeilt, darüber eine Hilfsachse bei entsprechender Führung und Verbindung mit den Tragfedern gelagert, welche gehoben und gesenkt werden kann. Diese Achse

trägt drei Zahngetriebe, in der Mitte ein solches, das stets mit dem Zahntriebrade in Eingriff bleibt, sich also auch immer mitdreht, gegen die Enden hin zwei weitere, welche durch Senken der Achse mit dem Zahnrade der Laufachse zum Eingriff kommen, diese alsdann mitdrehen und zur Triebachse machen, während in gehobenem Zustande der Hilfsachse jede Verbindung zwischen Dampfmaschine und Laufachse aufgehoben ist. Dieser Zustand herrscht während der Fahrt auf der Zahnstange. Hat die Maschine aber diese verlassen, dann wird, so lange die lebendige Kraft den Zug noch vorwärts bewegt, vom Führerstande aus durch Senken der Hilfsachse der Eingriff zwischen den Zahngetriebe hergestellt und dann die Dampfmaschine wieder in Thätigkeit gesetzt. Dabei dreht sich das Zahnrad zwar in der Luft, überträgt aber durch die erwähnte Zahnübersetzung die Bewegung auf die vordere Laufachse und bewirkt damit die Fortbewegung des Zuges.

Die Maschinen der Bahn Rorschach-Heiden sind vollspurig, haben eine

| | |
|--|------------|
| Gesamtheizfläche von | 56,0 qm |
| Rostfläche | 1,04 „ |
| Unmittelbare Heizfläche | 5,84 „ |
| Dampfdruck | 10 Atm. |
| Cylinderdurchmesser | 300 mm |
| Kolbenhub | 500 „ |
| Durchmesser der Zahngetriebe | 372 „ |
| „ „ Zwischenräder | 890 „ |
| „ des Zahntriebrades | 1050 „ |
| „ der Laufräder | 890 „ |
| Radstand | 3000 „ |
| Leergewicht | 16 000 kg |
| Speisewasser | 1750 „ |
| Kohlen | 750 „ |
| Dienstgewicht | 21 000 „ |
| Gezogene Last auf 90 v. T. | 36 Tonnen. |

Lokomotiven der Brünigbahn. Abb. 65.

Zur Verbindung der vielbesuchten Fremdenplätze Luzern und Interlaken wurde 1887 eine Zahnradbahn über den Brünig dem Betriebe übergeben. Der weitaus größte Teil dieser Linie ist gewöhnliche Reibungsbahn, so namentlich die beiden Enden von Brienz bis Meiringen jenseits und Luzern bis Lungern diesseits des Berges. Diese Teile werden denn auch durch gewöhnliche Reibungsmaschinen betrieben. Die eigentliche Überschreitung des Brünig aber machte die Anwendung von 120 v. T. Steigung und damit die Zuhilfenahme der Zahnstange nötig.

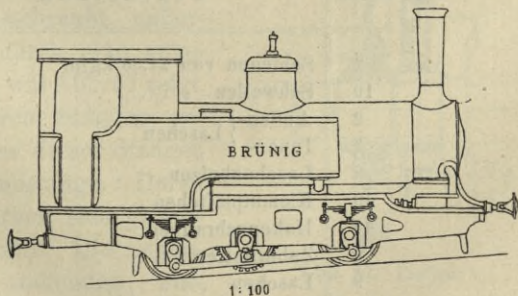


Abb. 65. Lokomotive der Brünigbahn.

Immerhin sind auch hier einzelne Strecken von geringerer Steigung, welche mit Vorteil ohne Zahnstange betrieben werden können. Man entschloß sich daher zum Betriebe dieses Mittelstückes zur Anschaffung von Lokomotiven gemischter Bauart. Dieselben

sind zweiachsig mit zwei Cylindern und steifer Kuppelung zwischen Trieb- und Zahnrad. Das Cylinderpaar ist unter der Rauchkammer zwischen den Rahmen gelagert, treibt mittels Schubstange eine Vorgelegewelle mit zwei Zahngetrieben, die ihrerseits in entsprechende, seitlich an das Zahntriebrad angeschraubte Zwischenräder eingreifen. Diese Achse trägt an ihren Enden zwei Kurbeln. Eine steife Kuppelstange überträgt von hier aus die Bewegung auf die beiden Reibungsachsen der Maschine.

Die Spurweite dieser Maschinen beträgt 1 m.

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Heizfläche der Feuerbüchse | 4,2 qm |
| „ „ Siederohre | 50,5 „ |
| „ „ zusammen | 54,7 „ |
| Dampfspannung | 12 Atm. |
| Cylinderdurchmesser | 330 mm |
| Kolbenhub | 480 „ |
| Durchmesser der Triebräder | 806 „ |
| Radstand | 2400 „ |
| Dienstgewicht | 23 000 kg |
| Leergewicht | 18 600 „ |
| Speisewasser | 2 400 „ |
| Kohlen | 450 „ |
| Zuggewicht auf 120 v. T. | 35 Tonnen. |

Schneebergbahn.

Im Jahre 1897 wurde von Kommerzienrat Leo Arnoldi auf den Schneeberg in Niederösterreich eine Zahnradbahn nach Abt'scher Bauart vollendet. Sie bildet die Fortsetzung der vom gleichen Unternehmer von Wiener-Neustadt bis Puchberg gebauten Reibungsbahn. Sie beginnt an letzterem Orte 576 m ü. M., erreicht bei einer Länge von rund 10 km die Höhe von 1791 m, etwas unterhalb der höchsten Spitze des Schneeberges. Die Spurweite beträgt 1 m, die größte Steigung 200 v. T., die Krümmungen haben 80 m Halbmesser. Der Oberbau besteht ganz aus Eisen mit zweiteiliger Plattenzahnstange.

Gewichtsverzeichnis für 8,1 m Gleis mit Zahnstange der Schneebergbahn.

| Stück | Gegenstand | Gewicht kg | |
|--------------------------|----------------------------------|-------------|----------|
| | | für 1 Stück | zusammen |
| 2 | Schienen von 21,58 kg/m. | 176,58 | 353,16 |
| 10 | Schwellen. | 35,00 | 350,00 |
| 2 | Außen- } Laschen | 4,70 | 9,40 |
| 2 | Innen- } | 5,00 | 10,00 |
| 8 | Laschenbolzen. | 0,29 | 2,32 |
| 40 | Klemmplättchen | 0,27 | 10,80 |
| 40 | Hakenschrauben. | 0,23 | 9,20 |
| 9 | Zahnplatten. | 32,68 | 294,12 |
| 9 | Laschen | 0,43 | 3,87 |
| 18 | Laschenbolzen. | 0,59 | 10,62 |
| 9 | Zahnstangenstühle. | 6,76 | 60,84 |
| 18 | Fußschrauben | 0,38 | 6,84 |
| 76 | Befestigungsringe | 0,02 | 1,52 |
| Zusammen. | | | 1122,69 |
| Gewicht für 1 m. | | | 138,6 |

In jedem Zug werden zwei Personenwagen, jeder mit 50 Personen, befördert. Diese Wagen werden von zwei einfachen Laufachsen getragen bei einem Achsstand von 4,2 m. Das Eigengewicht eines Wagens beträgt 4000 kg, somit das ganze

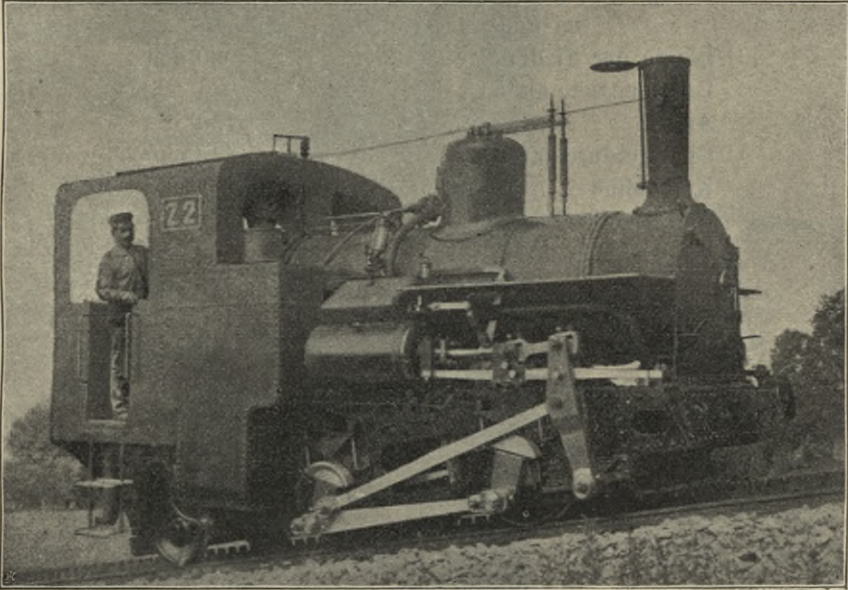


Abb. 66. Lokomotive der Schneebergbahn.

Gewicht eines vollbesetzten Zuges 16 000 kg ohne Lokomotive. Die allgemeine Anordnung der letzteren wird durch Abb. 66 dargestellt. Die Maschine ruht auf drei Achsen. Davon sind zwei, unter dem Langkessel angeordnet, zugleich Lauf- und Triebachsen, indem in der Mitte der Achse die Zahnräder festgekeilt sind und durch die Kurbeln an den Enden in Drehung versetzt werden. Unmittelbar hinter den Kurbeln aber sitzen lose die Laufräder. Damit dieselben anstandslos über die Kurbeln samt Gegengewicht gebracht werden können, sind letztere nicht an die Kurbelachse geschmiedet, sondern angeschraubt, außerdem aber ist die Nabe der Laufräder durch eine angeschraubte zweiteilige Lagerhülse gebildet, wie Abb. 67 zeigt.

Beide Zahntriebachsen sind durch Stangen gekuppelt. In der Nähe des hinteren Auges dieser Stangen befindet sich der Angriffspunkt der Schubstange. Durch diese Anordnung ist erreicht, dass die Arbeit sich gleichmäßiger auf die beiden Zahnräder verteilt. Die Schubstangen erhalten ihren Antrieb von stehenden, einarmigen Hebeln, die mit ihrem unteren Ende unmittelbar vor dem oberen Laufrade ihren Drehpunkt finden, mit dem oberen Ende durch kurze Schubstangen mit dem Kreuzkopf und dem Dampfzylinder in Verbindung stehen. Unter dem Führerstande befindet sich die dritte, in ihrer Richtung verschiebbare Achse.

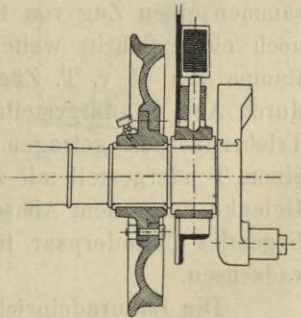


Abb. 67. Laufrad.

Hauptverhältnisse der Zahnradlokomotiven der Schneebergbahn.

| | |
|--------------------------------------|---------|
| Dampfdruck | 14 Atm. |
| Heizfläche der Feuerbüchse | 4,0 qm |
| „ „ Siederohre | 35,8 „ |
| „ im ganzen | 39,8 „ |
| Länge der Siederohre | 2000 mm |
| Durchmesser, außen | 38 „ |
| Anzahl | 150 |
| Cylinderdurchmesser | 320 mm |
| Kolbenhub | 600 „ |
| Triebraddurchmesser | 573 „ |
| Laufraddurchmesser, vorn | 706 „ |
| „ hinten | 520 „ |
| Fester Radstand | 1470 „ |
| Gesamter Radstand | 3170 „ |
| Maschinengewicht, leer | 13,8 t |
| Wasser im Kessel | 1,3 „ |
| Speisewasser | 1,2 „ |
| Kühlwasser | 0,3 „ |
| Kohlen | 0,7 „ |
| Dienstgewicht, größtes | 17,5 „ |
| „ mittleres | 16,5 „ |
| Zugkraft | 7,2 „ |

Bosnisch-hercegowinische Staatsbahnen. Abb. 68.

Die bosnisch-hercegowinischen Staatsbahnen besitzen zwei Arten von Zahnradlokomotiven ähnlicher Anordnung, jedoch von verschiedener Stärke. Die ersten Lokomotiven sollten den damals vorhandenen Fahrzeugen, insbesondere deren Zug- und Stoßvorrichtung entsprechend, einen Wagenzug von 60 Tonnen über eine Strecke mit der größten Steigung von 60 v. T. befördern, zwei Lokomotiven zusammen einen Zug von 110 Tonnen. Die gemachten Erfahrungen ermutigten dann noch einen Schritt weiter zu gehen und Maschinen zu bauen, welche auf einer Rampe von 45 v. T. Züge von 120 Tonnen beförderten. Diese Maschinen werden durch Abb. 68 dargestellt. Die eigentliche Lokomotive wird von drei gekuppelten Triebbradachsen getragen. Die stark überhängende Feuerbüchse ruht hinten auf einem Tendergestell mit zwei Achsen, dessen Rahmen durch zweiarmigen Hebel und Gelenke unter dem Achsenkasten mit dem Hauptrahmen verbunden ist. Ein außen liegendes Cylinderpaar treibt auf gewöhnliche Art die drei gekuppelten Reibungsradachsen.

Die Zahnradleinrichtung, durch Abb. 69 dargestellt, besteht aus zwei Zahntriebbradachsen, welche in einem Rahmen gelagert sind, der an den beiden äußeren Reibungsradachsen hängt. Die zugehörigen Dampfzylinder befinden sich unter der Rauchkammer zwischen den beiden Reibungscylindern und zwar liegen die Cylinderachsen in der Mitte zwischen den beiden Achsenmitteln. Dementsprechend trägt der, durch zwei hintereinander angeordnete Lineale geführte Kreuzkopf zwei Zapfen. Der vordere entspricht der Lage des vorderen Zahnrades und dessen Kurbeln. Die

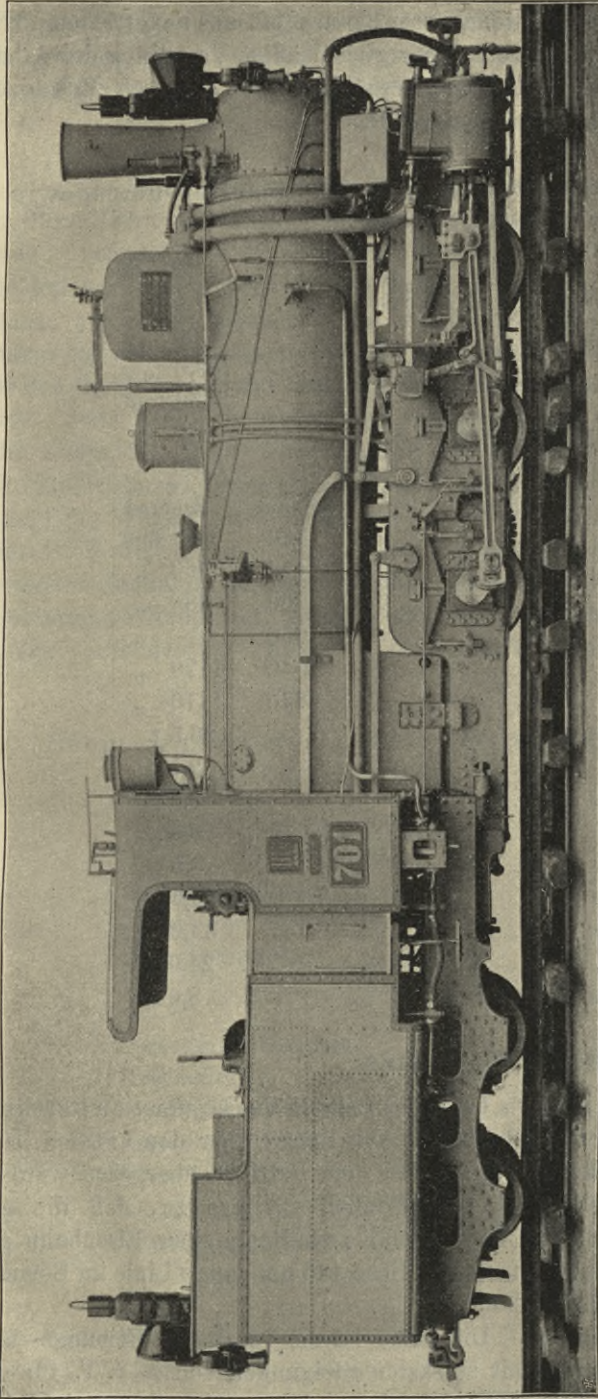


Abb. 68. Zahnradlokomotive der Bosnisch-hercegowinischen Staatsbahnen.

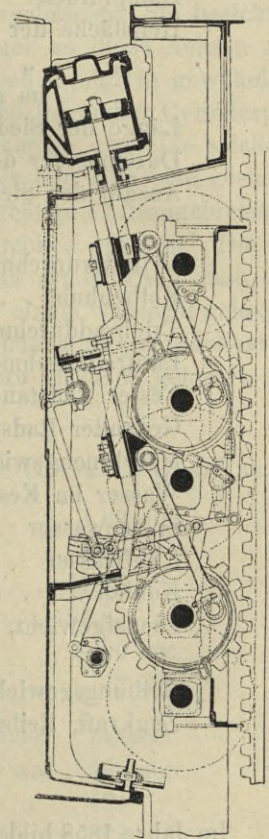


Abb. 69. Zahnradanordnung der Bosnisch-hercegowinischen Lokomotiven.

Verbindung ist durch eine gewöhnliche Schubstange hergestellt. Vom hinteren Zapfen des Kreuzkopfes geht in gleicher Weise eine Schubstange zum hinteren Zahnrad. Jede Zahnradachse wird also unmittelbar vom Kreuzkopfe aus angetrieben. Wie die Betriebsergebnisse zeigen, ist damit eine sehr gleichmäßige Verteilung der Arbeit auf die beiden Zahnräder erzielt. Die Hauptverhältnisse der neueren Maschinen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Hauptverhältnisse der Zahnradlocomotiven der Bosnisch-hercegowin. Staatsbahnen.

| | | |
|---|---------|---------|
| Dampfdruck | 12 | Atm. |
| Heizfläche der Feuerbüchse | 7,0 | qm |
| „ „ Siederohre | 82,0 | „ |
| „ im ganzen | 89,0 | „ |
| Länge der Siederohre | 3450 | mm |
| Durchmesser der Siederohre, außen | 42 | „ |
| Anzahl der Siederohre | 180 | |
| | Reibung | Zahnrad |
| Cylinderdurchmesser | 340 | 360 mm |
| Kolbenhub | 450 | 360 „ |
| Triebraddurchmesser | 800 | 688 „ |
| Lauftraddurchmesser | 650 | — „ |
| Fester Radstand | 2340 | 1170 „ |
| Gesamter Radstand | 6840 | 1170 „ |
| Maschinengewicht, leer | 26,5 | t |
| Wasser im Kessel | 2,5 | „ |
| Speisewasser | 3,5 | „ |
| Kühlwasser | 0,5 | „ |
| Kohlen | 3,5 | „ |
| Dienstgewicht, größtes | 36,5 | „ |
| „ mittleres | 33,0 | „ |
| Reibungsgewicht | 24,0 | „ |
| Zugkraft, Reibung und Zahnrad | 8,0 | „ |

Beirut-Damaskus.

Im Jahre 1858 bildete sich in Paris unter der Leitung des Grafen von Perthuis eine Gesellschaft zur Anlage einer Handelsstraße von Beirut über den Libanon nach Damaskus. Am 1. Januar 1863 konnte dieser Bau dem Betriebe übergeben werden. Mit den Jahren nahm der Verkehr in so erfreulicher Weise zu, daß die gut angelegte Straße kaum mehr genügen konnte und zum Baue einer Eisenbahn geschritten werden mußte. 1892 begonnen, wurde diese 146 km lange Linie im Sommer 1895 dem öffentlichen Verkehr übergeben.

Die Spurweite beträgt 1050 mm. Die Bahn ist als vereinigte Reibungs- und Zahnradbahn nach Abt durchgeführt, mit stärksten Steigungen von 25 v. T. für die Reibungs- und 70 v. T. für die Zahnstangenstrecken. Das größte Zuggewicht beträgt 100 Tonnen. Der Gippelpunkt liegt 1480 m über dem westlichen Ausgangspunkte Beirut, 37 km davon entfernt. Auf der ganzen Länge kamen eiserne Schwellen

zur Anwendung, dazu Stahlschienen von 116 mm Höhe und 27 kg Gewicht für das Meter, mit Klemmplättchen und Hakenschrauben auf die Schwellen befestigt. Die Zahnstange, aus zwei Platten von 26 mm Dicke bestehend, ruht auf Gußstützen. Im ganzen sind 16 Zahnstangenstrecken mit zusammen 32 km Länge vorhanden. Das Gewicht eines Meters Zahnstangenoberbau beträgt

152,7 kg.

Die Zahnradlokomotiven besitzen drei gekuppelte Reibungsachsen, wovon die mittlere durch die außen liegenden Cylinder angetrieben wird. Unter dem Führerstand befindet sich eine in ihrer Richtung verstellbare Laufachse. Zwischen den beiden vorderen Achsen ist die Zahnradvorrichtung untergebracht. Sie besteht aus einem besonderen Rahmen, der mittels verstellbarer Lager an diese Achsen angehängt ist und die beiden Zahnradachsen trägt. Ihr Antrieb erfolgt in gewöhnlicher Weise durch Kreuzkopf und Schubstange von einem innen liegenden Cylinderpaare aus. Jede Maschine besitzt eine Luftbremse für die Reibungs- und eine solche für die Zahnräder, ferner eine kräftige, auf die Reibungsräder und eine ebensolche auf die Zahnräder wirkende Spindelbremse, endlich eine selbstthätige Luftsaugebremse für sämtliche Wagen. Alle Züge werden auf den Zahnradstrecken gezogen. Die Zug- und Stoßvorrichtungen bestehen aus einem Mittelpuffer und symmetrisch dazu angeordneten Zughaken und Kuppelzaum, beide rückwärts mit einem wagrecht gelagerten zweiarmigen Hebel verbunden, sodaß eine doppelte Verbindung zweier Nachbarfahrzeuge vorhanden ist. Alle drei Teile sind mit Spiralfedern elastisch gelagert.

Hauptverhältnisse der Lokomotiven der Linie Beirut-Damaskus.

| | |
|--------------------------------------|---------|
| Rostfläche | 1,63 qm |
| Heizfläche der Feuerbüchse | 8,00 „ |
| „ „ Siederohre | 87,8 „ |
| Gesamtheizfläche | 95,8 „ |
| Länge der Siederöhren | 3000 mm |
| Dampfspannung. | 12 Atm. |

| | Reibung | Zahnrad |
|--|---------|---------|
| Cylinderdurchmesser | 380 mm | 380 mm |
| Kolbenhub | 500 „ | 450 „ |
| Triebraddurchmesser | 750 „ | 688 „ |
| Fester Radstand | 3000 „ | 930 „ |
| Gesamter „ | 5250 „ | 930 „ |
| Leergewicht der Maschine. | | 33,0 t |
| Wasser im Kessel | | 3,2 „ |
| „ in den Kasten | | 5,0 „ |
| Kohlen | | 2,5 „ |
| Ausrüstung | | 0,3 „ |
| Größtes Dienstgewicht | | 44,0 „ |
| Reibungsgewicht | | 34,0 „ |
| Zugkraft aus einfacher Reibung | | 5,0 „ |
| „ „ Reibung und Zahnrad | | 10,0 „ |

Tiszolcz-Zólyombrézo.

Am 1. Dezember 1896 haben die ungarischen Staatsbahnen zwischen Tiszolcz und Zólyombrézo eine vereinigte Reibungs- und Zahnradbahn in Betrieb gesetzt, welche die Ausbeute der durch das Gebirge getrennten großen Kohlen- und Erzlager auf einem nur 30 km langen Verbindungsstück ermöglicht, statt auf dem bisherigen Umwege von rund 200 km Länge. Die Bahn, ein Glied der k. ungar. Staatsbahnen bildend, ist vollspurig, hat in den Reibungsstrecken größte Steigungen von 20 v. T., in den Zahnstangenstrecken solche von 50 v. T.

Die engsten Bögen erhielten 180 m, beziehungsweise 200 m Halbmesser. Der Oberbau ist ganz aus Stahl mit 128 mm hohen Schienen und Befestigungsmitteln nach Heindl, eisernen Querschwellen und einer zweiteiligen Zahnstange auf gegossenen Stählen ruhend.

Gewichtsverzeichnis für 9 m Gleis mit Zahnstange der Bahn
Tiszolcz-Zólyombrézo.

| Stück | Gegenstand | Gewicht kg | |
|---------------------------|--|-------------|----------|
| | | für 1 Stück | zusammen |
| 2 | Schienen von 34,5 kg für 1 m | 310,5 | 621,0 |
| 11 | Schwellen | 56,0 | 616,0 |
| 2 | Außen- } Laschen | 7,2 | 14,4 |
| 2 | Innen- } Laschen | 9,8 | 19,6 |
| 8 | Laschenbolzen | 0,57 | 4,6 |
| 22 | Unterlagskeile | 1,35 | 29,7 |
| 44 | Verschiedene Beilagen | 0,34 | 15,0 |
| 22 | Außere } Klemmplatten | 0,30 | 6,6 |
| 22 | Innere } Klemmplatten | 0,22 | 4,8 |
| 44 | Hakenschrauben | 0,5 | 22,0 |
| 10 | Zahnplatten | 33,0 | 330,0 |
| 10 | Laschen | 0,52 | 5,2 |
| 20 | Laschenbolzen | 0,74 | 14,8 |
| 10 | Zahnstangenstähle | 12,0 | 120,0 |
| 20 | Fußschrauben | 0,5 | 10,0 |
| 92 | Befestigungsringe | 0,02 | 2,3 |
| Zusammen | | | 1836,0 |
| Gewicht für 1 m | | | 204,0 |

Die Lokomotiven dieser Bahn zeigt Abb. 70. Es sind die größten und kräftigsten aller bis heute gebauten Zahnradlokomotiven. Ihr Dienstgewicht samt Vorräten beträgt 71 Tonnen, verteilt auf sechs Achsen; vier davon sind gekuppelt und besitzen ein unveränderliches Reibungsgewicht von 53 Tonnen; zwei Laufachsen, als Drehgestell hinter der Feuerbüchse angeordnet, tragen die Vorräte an Wasser und Kohle. Abb. 71 veranschaulicht die Zahnradeinrichtung. Dieselbe befindet sich zwischen der zweiten und dritten Achse, besteht in zwei auf gewöhnliche Art gekuppelten Zahnradachsen, welche ihren Antrieb von einem unter der Rauchkammer angebrachten Cylinderpaare erhalten und in sehr kräftigen Rahmen gelagert sind, die mit ihren Enden die erwähnten Reibungsachsen umfassen.

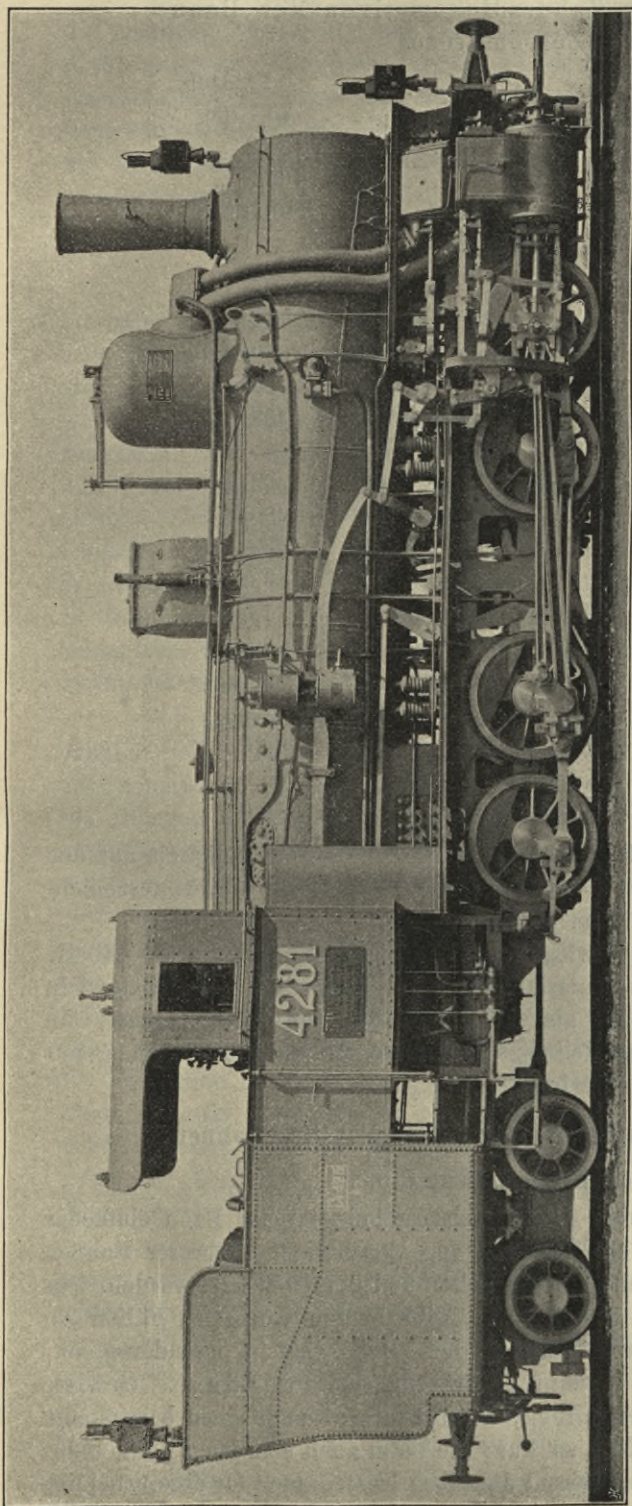


Abb. 70. Zahnradlokomotive. Tiszolcz-Zölyombrézo.

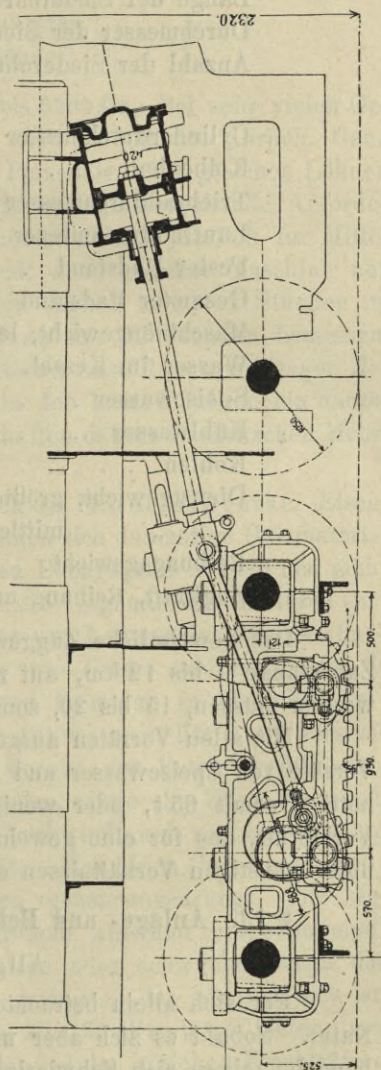


Abb. 71. Zahnradeneinrichtung der Lokomotiven der Bahn Tiszolcz-Zölyombrézo.

Hauptverhältnisse der Zahnradlokomotiven der Bahn
Tiszolez-Zólyombrézo.

| | | |
|---|---------|---------|
| Dampfdruck | 12 | Atm. |
| Heizfläche der Feuerbüchse | 10,7 | qm |
| „ „ Siederohre | 154,8 | „ |
| „ im ganzen | 165,5 | „ |
| Länge der Siederohre | 4000 | mm |
| Durchmesser der Siederohre, außen | 44 | „ |
| Anzahl der Siederohre | 280 | |
| | Reibung | Zahnrad |
| Cylinderdurchmesser | 500 | 420 mm |
| Kolbenhub | 500 | 450 „ |
| Triebraddurchmesser | 1050 | 688 „ |
| Laufraddurchmesser | 750 | — „ |
| Fester Radstand | 4300 | 930 „ |
| Gesamter Radstand | 8800 | 930 „ |
| Maschinengewicht, leer | 56,0 | t |
| Wasser im Kessel | 3,5 | „ |
| Speisewasser | 7,5 | „ |
| Kühlwasser | 0,5 | „ |
| Kohlen | 3,5 | „ |
| Dienstgewicht, größtes | 71,0 | „ |
| „ mittleres | 65,0 | „ |
| Reibungsgewicht | 53,0 | „ |
| Zugkraft, Reibung und Zahnstange | 15,0 | „ |

Das gewöhnliche Zuggewicht beträgt 175 t, die Fahrgeschwindigkeit auf der Zahnstange 9 bis 12 km, auf reiner Reibungsstrecke, soweit die Züge geschoben werden müssen, 15 bis 20, sonst 25 km.

Mit allen Vorräten ausgerüstet wiegt die Maschine 71 t, wovon 12 t auf die Vorräte von Speisewasser und Brennmaterial entfallen. Das mittlere Dienstgewicht beträgt somit 65 t, oder wenig mehr als ein Drittel der normalen Zuglast; ein Verhältnis, das für eine gewöhnliche Reibungslokomotive auf 25 v. T. Steigung nur unter günstigen Verhältnissen erreicht wird.

§ 13. Anlage- und Betriebskosten der Lokomotiv-Steilbahnen.

Allgemeine Bemerkungen.

Für sich allein betrachtet sind die Betriebsergebnisse einer Bahn einfacher Natur. Sobald es sich aber um den Vergleich von Ergebnissen mehrerer Bahnen handelt, zeigen sich Schwierigkeiten, die nur selten voll berücksichtigt werden. Das unmittelbare Nebeneinanderstellen von Angaben gibt in den wenigsten Fällen ein richtiges Bild. Der Grund liegt darin, daß fast jede Bahn sich in besonderen, nur ihr eigenen Verhältnissen befindet. Dahin gehört zunächst die Länge. Gewisse Kosten, so jene der allgemeinen Verwaltung, können schwer unter einen bestimmten Kleinstwert hinunter gebracht werden, so kurz die Bahn auch sein mag. Umgekehrt genügen dieselbe Verwaltung und annähernd dieselben Kosten auch für eine erheblich längere Bahn.

Mit der Größe einer Bahnlinie in unmittelbarem Zusammenhang steht auch die mögliche Ausnutzung des Zugpersonals und der Fahrzeuge. Je länger die Bahn, desto günstiger die Verhältnisse und damit auch die betreffenden Kosten. Von wesentlichem Einflusse sind ferner die Gehalte und Löhne. In verschiedenen Gegenden wechseln sie bis 50, selbst bis 100 v. H. Welche Einwirkung daraus auf die Schlußergebnisse entsteht, mag ein Beispiel zeigen. Die Gotthardbahn verzeichnete unter

7 Millionen Frs. Betriebskosten
3,5 „ „ Arbeitslöhne.

Darunter erscheinen die Lokomotivführer mit 4000 bis 5200 frs. Bei sehr vielen Gesellschaften aber beziehen diese Beamten nicht über 2500 bis 3000 frs. jährlich. Ganz ähnlich verhält es sich mit der Anstrengung des Personals. Bei gleichen Löhnen werden von verschiedenen Gesellschaften sehr weit auseinandergelagerte Anforderungen an ihre Leute gestellt. Hier legt ein Lokomotivführer jährlich im Mittel 32000 km Weg zurück, auf einer anderen Bahn mit ganz gleicher Maschine nur 20000. Ein Bahnwärter steht hier jahraus, jahrein täglich seine 17 Stunden im Dienste, auf einer andern Bahn ist die Größtleistung mit 12 Stunden bemessen. Welchen Einfluß eine größere und gleichmäßig verteilte Anzahl von Freitagen der Bediensteten auf die Betriebskosten ausübt, zeigte in den letzten Jahren ein darauf bezügliches Gesetz in der Schweiz. Die den Gesellschaften daraus erwachsenen Mehrkosten betragen gegen 2000 frs. für 1 km Bahn.

Von ebenso weittragender Bedeutung sind auch die Materialpreise. Eisenbahnen, in der Nähe von Kohlengruben gelegen, können sich das nötige Heizmaterial naturgemäß viel billiger verschaffen als solche, deren Bezugsquellen 1000 und mehr km abliegen. Weniger in die Augen springend, als die vorgenannten Einflüsse sind nachfolgende: Zweckentsprechende Lage, Einrichtung und Leitung der Reparaturwerkstätten, Art und Weise der Unterhaltung von Unter- und Oberbau. Es gibt Gesellschaften, die den Unterhalt von Bahn und Fahrzeug in eigentlich verschwenderischer Weise betreiben, während weniger günstig gestellte aus Sparsamkeit die nötigsten Aufbesserungen bis hart an die Grenze der Betriebsgefahr verschieben. Verschieden müssen die Kosten auch werden, wenn die Züge der einen Bahn mit sehr hoher, die der andern mit mäßiger Geschwindigkeit verkehren; wenn die eine Linie mit schweren, die andere mit leichten Maschinen betrieben wird; wenn hier die Reisenden in Nacht- wie Tageszügen zusammengedrängt, dort hinsichtlich Raum und Ausstattung der Wagen mit großem Aufwand umgeben sind; wenn die Ausnutzung der Wagentragkraft eine starke oder schwache; wenn das Wagengewicht im Verhältnis zur Ladefähigkeit ein geringes oder übermäßiges ist. Der Verkehr mit 36 Tonnen schweren Prunkwagen, die 32 Sitzplätze bieten, von denen durchschnittlich nur ein Viertel besetzt ist, kann bei den üblichen Frachtsätzen schwerlich so einträglich werden, wie die Personenbeförderung in Wagen mit 200 kg Eigengewicht für einen Reisenden. Es gibt aber noch Verhältnisse anderer Art, welche das Betriebsergebnis beeinflussen. Ist der Verkehr überhaupt schwach, oder stellt er sich stoßweise ein, oder ist er nur nach einer Richtung vorhanden, so wird das Ergebnis immer ein ungünstiges sein.

Endlich treten alle diese Eigentümlichkeiten in schärferer oder abgeschwächter Form auf, je nach dem Geiste, der die Betriebsleitung beseelt und sie befähigt,

in jedem Falle die günstigste Seite herauszufinden. Die am häufigsten verwendete Schablone ist nicht immer die beste, sondern jene, die sich den Umständen am vorteilhaftesten anpaßt. Wie manches in Betracht gezogen werden muß, um die Ergebnisse verschiedener Bahnen richtig zu beurteilen, wird auch durch folgende Thatsache erläutert: Werden für die 42 schweizerischen Bahngesellschaften mit rund 3300 km Betriebslänge die Ausgaben der einzelnen Verwaltungszweige im Verhältnis der reinen Betriebskosten ausgedrückt, so ergeben sich folgende Schwankungen:

| | |
|------------------------------------|--------------------|
| a) für allgemeine Verwaltung | von 5 bis 31 v. H. |
| b) „ Bahnunterhaltung und Aufsicht | „ 9 „ 55 „ |
| c) „ Verkehrsdienst | „ 9 „ 37 „ |
| d) „ Zugdienst | „ 25 „ 69 „ |

Wie viel größere Verschiedenheiten müssten erst zu Tage treten, wenn die Rechnungsführung keine einheitliche wäre, wenn die Lohnverhältnisse und Materialpreise mehrerer Länder hinzukämen.

Diese Andeutungen mögen zur Genüge darthun, daß die bloße Wiedergabe der Betriebsergebnisse von Steilbahnen, ohne gleichzeitige Darlegung der näheren Umstände recht wenig Wert hat. Das meiste Interesse aber dürfte der Vergleich mit den Ergebnissen ähnlicher Reibungsbahnen abgeben. Wir lassen daher eine solche Zusammenstellung⁴⁾ folgen und zwar bezüglich zweier Vertreter des gewöhnlichen und zweier des Zahnrad-Betriebs, nämlich:

der Arlbergbahn von Bludenz bis Landeck,
der Gotthardbahn in ihrem ganzen Umfange
einerseits und

der Erzbergbahn von Eisenerz bis Vordernberg,
der Harzbahn von Blankenburg bis Tanne
andererseits.

Hiervon werden Arlberg- und Erzbergbahn von der Generaldirektion der k. k. österr. Staatsbahnen, Harz- und Gotthardbahn von Gesellschaften betrieben und zwar die Erzbergbahn seit 1892, die drei übrigen seit etwa 15 Jahren. Alle vier Linien sind Gebirgsbahnen mit voller Spurweite. Arlberg- wie Erzbergbahn sind reine Gebirgsübergänge, mit anhaltender Steigung bis zur Wasserscheide, dann mit stetigem Gefälle bis zum tiefsten Punkte. Schwächere Steigungen kommen nur auf einem kleineren Teile der Linie vor. Gotthard- und Harzbahn dagegen überschreiten mehrere Wasserscheiden, die Größtsteigung wechselt mit langen Strecken von geringer Neigung. Die beiden Reibungsbahnen haben fast ausschließlich Durchgangsverkehr. Derselbe ist nach einer Richtung sehr stark, nach der anderen immer noch bedeutend. Weit ungünstiger sind die beiden Bahnen gemischten Betriebs gestellt. Die Harzbahn endigt auf der Höhe des Gebirges, ohne weiteren Anschluß an eine andere Bahn, die Erzbergbahn hat wohl beiderseitig Anschlüsse, empfängt aber den überwiegenden Teil ihres Verkehrs auf halbem Wege und hat denselben nur nach einer Seite zu befördern. Die Lokomotiven aller vier Bahnen besitzen angenähert dieselbe Stärke.

⁴⁾ Nach einem Berichte von R. Abt an die Generaldirektion der k. k. österr. Staatsbahnen.

Zusammenstellung der Betriebsergebnisse.

| Nr. | Bezeichnung | Arlberg 1893 | Erzberg 1893 | Harz 1894 | Gotthard 1894 |
|--------------|--|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| I. Gruppe. | | | | | |
| 1 | Bahnlänge in Kilometern | 64 | 20 | 30,5 | 266 |
| 2 | Erstiegene Höhe in Metern | 1286 | 950 | 648 | 2496 |
| 3 | Größte Steigung in Tausendsteln | 31,4 | 71 | 60 ^{1:17} | 26 ^{1:39} |
| 4 | Mittlere „ „ „ | 20 | 47,5 | 21,2 | 9,4 |
| II. Gruppe. | | | | | |
| 5 | Anzahl der Lokomotiven | 26 | 10 | 6 | 104 |
| 6 | Lokomotivgewichtmittel in Tonnen | 81 | 58 | 56 | 76 |
| 7 | Zulässiges Zuggewicht für eine Maschine auf der Größtsteigung in Tonnen: | | | | |
| | bei Schnellzügen | 100 | 110 | 135 | 90 |
| | „ Personenzügen | 110 | bis | bis | 120 |
| | „ Güterzügen | 180 | 200 | 150 | 175 |
| 8 | Wirkliches Zuggewicht für eine Maschine, Allgemeines Mittel in Tonnen | 136 | 70 | 81 | 137 |
| 9 | Zuggewicht in Hundertsteln des Maschi- nengewichtes | 168 | 121 | 145 | 180 |
| III. Gruppe. | | | | | |
| 10 | Zugkilometer ohne Nebenleistungen | 427 731 | 115 513 | 115 743 | 2 811 363 |
| 11 | Zugkilometer für Maschine und Tag | 45 | 32 | 53 | 74 |
| 12 | Lokomotivkilometer einschließl. Neben- leistungen | 804 598 | 154 859 | 143 721 | 3 841 383 |
| 13 | Lokomotivkilometer für eine Maschine | 30 945 | 15 486 | 23 953 | 36 936 |
| 14 | Lokomotivkilometer für eine Maschine und einen Tag | 85 | 43 | 66 | 101 |
| 15 | Gesamt-Tonnenkilom. ohne Lokomotiven | 88 998 000 | 7 961 000 | 9 309 372 | 562 387 072 |
| 16 | Gesamt-Tonnenkilom. für das Bahnkilom. | 1 390 600 | 398 050 | 305 220 | 1 917 828 |
| 17 | Personenkilometer | 11 924 058 | rd. 500 000 | 947 150 | 75 695 088 |
| 18 | Gütertonnenkilometer | 21 070 560 | 3 627 000 | 3 648 668 | 126 912 382 |
| 19 | Personen- und Gütertonnenkilometer (Einheit) | 32 994 618 | rd. 4 127 000 | 4 595 818 | 202 637 470 |
| 20 | Personen für 1 km Bahn | 186 313 | rd. 25 000 | 31 054 | 284 568 |
| 21 | Gütertonnen für 1 km Bahn | 343 200 | 181 350 | 119 628 | 477 227 |
| 22 | Personen und Güter für 1 km Bahn | 529 513 | rd. 206 350 | 150 682 | 761 795 |
| IV. Gruppe. | | | | | |
| 23 | Bahnerhaltungskosten in Mark | 572 880 | 91 291 | 43 243 | 1 515 110 |
| 24 | Erhaltungskosten für 1 km Bahn | 8,952 | 4,561 | 1,418 | 5,695 |
| 25 | Erhaltungskosten für die Einheit (Nr. 19) | 0,0173 | 0,0221 | 0,0094 | 0,0075 |
| 26 | Kosten für Zahnstangenschmierung für 1 km Zahnstange | — | 136,08 | 38,64 | — |
| V. Gruppe. | | | | | |
| 27 | Verkehrsdienstkosten in Mark | 252 622 | 54 520 | 77 801 | 1 603 560 |
| 28 | Verkehrsdienstkosten für 1 km Bahn in Mk. | 3960 | 2726 | 2554 | 6026 |
| 29 | Verkehrsdienstkosten für die Einheit (Nr. 19) in Mark | 0,0076 | 0,0131 | 0,0181 | 0,0079 |
| VI. Gruppe. | | | | | |
| 30 | Zugkosten einschl. Unterhalt und Werk- stättenendienst in Mark | 346 332 | 83 765 | 128 651 | 2 660 465 |

| Nr. | Bezeichnung | Arlberg 1893 | Erzberg 1893 | Harz 1894 | Gotthard 1894 |
|---------------|---|-----------------|-----------------|--------------|------------------|
| 31 | Zugkosten für 1 km Bahn in Mark . . . | 5350 | 4188 | 4218 | 10 002 |
| 32 | Zugkosten für 1 Zugkilometer in Mark . . . | 0,85 | 0,72 | 1,11 | 0,94 |
| 33 | Zugkosten für 1 Gesamt-Tonnenkilometer in Mark | 0,0039 | 0,0106 | 0,0138 | 0,0047 |
| 34 | Zugkosten für die Einheit (Nr. 19) in Mk. | 0,0105 | 0,0203 | 0,0279 | 0,0131 |
| 35 | Erhaltungskosten der Fahrbetriebsmittel in Mark | 96 100 | 20 328 | 27 690 | 482 020 |
| 36 | Erhaltungskosten für eine Lokomotive in Mark | 3 700 | 2 033 | 4 620 | 4 640 |
| 37 | Erhaltungskosten der Fahrbetriebsmittel für 1 Zugkilometer in Mark | 0,222 | 0,175 | 0,238 | 0,171 |
| 38 | Erhaltungskosten der Fahrbetriebsmittel für die Einheit (Nr. 19) in Mark | 0,0028 | 0,0049 | 0,0060 | 0,0023 |
| VII. Gruppe. | | | | | |
| 39 | Kohlenverbrauch, Kohle von 4,4-facher Verdampfung in Tonnen | 25 921 | 6 590 | 4 002 | 84 534 |
| 40 | Kohlenverbrauch für 1 Zugkilometer in Kilogramm | 61 | 57 | 35 | 30 |
| 41 | Kohlenverbrauch für 1 Lokomotivkilo- meter in Kilogramm | 32 | 42 | 28 | 22 |
| 42 | Kohlenverbrauch für 1 Gesamt-Tonnen- kilometer | 0,29 | 0,83 | 0,43 | 0,15 |
| 43 | Kohlenverbrauch für 1 Gesamt-Tonnen- kilometer und für 10 v. T. Steigung | 0,145 | 0,175 | 0,203 | 0,160 |
| 44 | Schmier- und Putzmaterial in Kilogramm | 13 874 | 17 430 | 12 788 | 187 195 |
| 45 | Verbrauch für 1 Zugkilometer in Kilo- gramm | 0,032 | 0,150 | 0,110 | 0,067 |
| 46 | Verbrauch für 1 Lokomotivkilometer in Kilogramm | 0,017 | 0,112 | 0,089 | 0,049 |
| VIII. Gruppe. | | | | | |
| 47 | Gesamte Betriebskosten in Mark | 1 201 200 | 270 682 | 287 330 | 7 321 574 |
| 48 | Betriebskosten für 1 km Bahn in Mark | 18 766 | 13 534 | 9 421 | 27 520 |
| 49 | Betriebskosten für 1 Zugkilometer in Mark | 2,80 | 2,34 | 2,48 | 2,60 |
| 50 | Betriebskosten für 1 Brutto-Tonnenkilo- meter in Mark | 0,0135 | 0,0340 | 0,0309 | 0,0130 |
| 51 | Betriebskosten für die Einheit (Nr. 19) in Mark | 0,036 | 0,065 | 0,062 | 0,036 |
| IX. Gruppe. | | | | | |
| 52 | Baukosten einschließl. Betriebsmittel in Mark | 55 853 280 | 9 240 000 | 4 236 960 | 229 419 120 |
| 53 | 4 v. H. Zins hiervon in Mark | 2 234 131 | 369 600 | 169 480 | 9 176 765 |
| 54 | Baukosten für 1 km Bahn | 872 710 | 462 000 | 139 410 | 862 480 |
| 55 | 4 v. H. Zins hiervon in Mark | 34 910 | 18 480 | 6 283 | 34 499 |
| 56 | 4 v. H. Zins der Baukosten für die Ein- heit (Nr. 19) | 0,068 | 0,089 | 0,037 | 0,045 |
| 57 | Betriebskosten und Kapitalzinsen in Mark | 3 435 331 | 640 282 | 456 820 | 16 498 340 |
| 58 | Betriebskosten und Kapitalzinsen für 1 km Bahn in Mark | 53 680 | 32 014 | 15 120 | 62 026 |
| 59 | Betriebskosten und Kapitalzinsen für die Einheit (Nr. 19) in Mark | 0,104 | 0,155 | 0,100 | 0,081 |

In der vorstehenden Tabelle sind die Ergebnisse in neun Gruppen eingereiht; dazu gehören die nachfolgenden Erläuterungen.

I. Gruppe, Nr. 1—4.

Bahnverhältnisse.

Die zwei Bahnen gemischten Betriebs werden auf den Steigungen bis zu 25 v. T. nur mittels Reibung, auf den stärkeren Rampen aber mittels Reibungs- und Zahnrad betrieben. Auf den beiden österreichischen Bahnen beträgt die mittlere Steigung 65 v. H. der größten, auf den beiden anderen dagegen nur 35 v. H.

II. Gruppe, Nr. 5—9.

Lokomotiven.

Trotz ziemlicher Übereinstimmung in der Stärke der Lokomotiven aller vier Bahnen zeigt sich im Dienstgewichte doch ein wesentlicher Unterschied. Das geringere Gewicht der Zahnradlokomotiven findet seine Erklärung in dem Wegfall eines Schleptenders, in den etwas geringeren Vorräten an Wasser und Kohle, dann aber auch in dem weitgehenden Bestreben, durch beste Materialien und vereinfachte Bauart jede mögliche Gewichtsverminderung einzuführen. Verschieden freilich äußert sich die Leistung der Lokomotiven. Auf den Reibungsbahnen ist die Zugkraft eine nicht übermäßig hohe, 5—8000 kg, die Fahrgeschwindigkeit dagegen eine erhebliche, namentlich auf der Gotthardbahn, mäßiger auf der Arlbergbahn, wo sie, vom großen Tunnel abgesehen, beträgt für:

| | |
|-------------------------------|-----------|
| Schnellzüge | 26 km/St. |
| Personenzüge | 20 „ |
| leichtere Güterzüge | 14 „ |
| schwere „ | 12 „ |

Auf den beiden Zahnradbahnen werden sämtliche Züge mit nur einer, auf den zwei Reibungsbahnen aber viele Personenzüge, die Güterzüge fast ausnahmslos, mit zwei, hie und da auch mit drei Lokomotiven befördert. Die betreffenden Belastungsbestimmungen lauten in diesen Fällen für die Größtsteigung:

| | Arlberg | Gotthard |
|------------------------|------------|------------|
| Schnellzüge | 200 Tonnen | 160 Tonnen |
| Personenzüge | 220 „ | 200 „ |
| Güterzüge | 360 „ | 330 „ |

mit entsprechender Einschränkung bei ungünstiger Witterung.

Aus Nr. 7 und 8 ersehen wir, daß das zulässige Zuggewicht für 1 Lokomotive auf den Steigungen von 60 v. T. der Harzbahn dasselbe ist, wie das wirkliche Durchschnittsgewicht auf den beiden Reibungsbahnen. Wenn nun das letztere auf den beiden Zahnradbahnen erheblich zurückbleibt, so findet das zum großen Teil seine Erklärung in der angedeuteten ungünstigen Verteilung des Verkehrs.

III. Gruppe, Nr. 10—22.

Die Gotthardbahn hat für ihre Lokomotiven Personalwechsel eingeführt. Sie erzielt damit die hohen Leistungen von 74 Zugkilometern und 101 Lokomotivkilometern

für Lokomotive und Tag. Am Arlberg ist die Lokomotivenzahl eine wechselnde. Nehmen wir dieselbe schätzungsweise zu 26 an, so ergäbe sich daraus eine tägliche Leistung von 45 Zugkilometern und 85 Lokomotivkilometern. Die Zahnradbahnen zeigen daneben recht ansehnliche Leistungen, nämlich:

32 Zugkilometer und 43 Lokomotivkilometer am Erzberg,
53 „ „ 66 „ „ Harz.

Hohe Steigungen, geringe Bahnlänge und die eigentümlichen Verkehrsverhältnisse lassen hier eine günstige Ausnützung der Maschinen im Sinne eines langen Weges nicht aufkommen. In ganz anderem Lichte zeigen sich die Zahlen, wenn wir die mittlere Steigung der vier Linien daneben halten, nämlich:

| Bahn | Zugkilometer für Maschine und Tag | Mittlere Steigung | Zugkilometer für 20 v. T. mittlere Steigung |
|--------------|-----------------------------------|-------------------|---|
| Arlberg. . . | 45 | 20 v. T. | 45 |
| Erzberg. . . | 32 | 47,5 „ | 76 |
| Harz . . . | 53 | 21,2 „ | 56 |
| Gotthard . . | 74 | 9,4 „ | 35 |

In den hier in Betracht fallenden Verhältnissen verkehrt die Zahnradmaschine mit einer mittleren Geschwindigkeit von 12 km, oder von 15 km in den Personenzügen, Reibungs- und Zahnstangenstrecken ineinander gerechnet. Bei einem Fahrdienst von täglich 8 Stunden ergibt das einen Weg von rund 100 km, bei 200 Dienstagen im Jahr somit mindestens 20 000 km, ohne Nebenleistungen.

Ein Bild von allgemeinem Interesse geben die Nrn. 16 bis 21. Das im Jahr beförderte Gesamtgewicht, mit Ausschluß der Lokomotive, betrug für das Bahnkilometer:

am Arlberg 1390 600 Tonnen,
„ Erzberg 398 050 „
„ Harz 305 220 „
„ Gotthard 1917 828 „

Hierin zeigt sich die sehr verschiedene Arbeit, die, von der Steigung ganz abgesehen, jeder einzelnen Bahn zufällt und dadurch das Ergebnis beeinflußt. Die genaue Personenbewegung für den Erzberg war nicht erhältlich; es mußte darum diese Zahl näherungsweise eingesetzt werden. Eine, wenn auch nicht ins Gewicht fallende Ungenauigkeit mag daher in dieser und den davon abgeleiteten Angaben vorkommen. Nach Personen und Gütern ausgeschieden, hätten damit die vier Bahnen folgenden, gleichmäßig über die ganze Bahn verteilten Verkehr aufgewiesen:

| Bahn | Reisende, Nr. 20 | Güter, Nr. 21 |
|---------------|------------------|---------------|
| Arlberg. . . | 186 313 | 343 200 |
| Erzberg . . . | ungefähr 25 000 | 181 350 |
| Harz . . . | 31 054 | 119 628 |
| Gotthard . . | 284 568 | 477 227 |

Für die weiteren Untersuchungen haben wir uns gestattet, Nr. 19: Die Anzahl der Personen- und Gütertonnen-Kilometer zusammengenommen als „Einheit“, d. h. als Maaßstab zur Bewertung einer Reihe von Ergebnissen einzuführen. Über diese Annahme kann man verschiedener Meinung sein. Richtig ist, daß auf der Gotthardbahn die Einnahmen für das Personenkilometer und für das Gütertonnenkilometer genau dieselben sind; richtig ist auch, daß mit diesem Maaßstabe die allgemeine Beurteilung — und darum handelt es sich hier — eine höchst einfache und übersichtliche wird.

IV. Gruppe, Nr. 23—26.

Bahnerhaltung.

Bekanntlich unterscheidet sich der Oberbau einer Bahn gemischter Bauart von demjenigen einer gewöhnlichen nur durch das Vorhandensein einer Zahnstange auf den starken Steigungen. Wie Nr. 24 zeigt, stehen die Unterhaltungskosten des Oberbaues mit Zahnstange, gegenüber jenen gewöhnlicher Bahnen, ganz vorteilhaft da, während sie, auf die „Einheit“ bezogen, für die starke Verkehrsmenge selbstverständlich günstiger erscheinen, als für die viel geringere der Zahnradbahnen, Nr. 25.

V. Gruppe, Nr. 27—29.

Die Kosten des Verkehrsdienstes verhalten sich ähnlich wie jene der allgemeinen Verwaltung. Sie werden von der Betriebsart wenig beeinflußt. Das Personal auf den Stationen, dessen Kosten hier am meisten ins Gewicht fallen, steht in gar keinem Zusammenhange mit dem Betrieb. Die Auslagen für Kondukteure und Schaffner werden auf Zahnradbahnen insofern etwas andere, als infolge geringer Fahrgeschwindigkeit und vermindeter Zugbelastung ein höherer Personalstand nötig sein wird, während andererseits durch die höhere Steigung der Weg abgekürzt werden konnte. Nr. 28 zeigt die kilometrischen Kosten zwar bescheiden für die Zadrabahn, dagegen wieder ungünstiger, sobald die ganz verschiedenen Verkehrsmengen in Betracht kommen. Nr. 29.

VI. Gruppe, Nr. 30—38.

Zugkosten.

Am meisten interessiren die Ausgaben über den Zugkraftdienst. Hier kommt die Verminderung des Zuggewichtes und der Fahrgeschwindigkeit als Folge der starken Steigung deutlich zum Ausdrucke, so in Nr. 33 Kosten für das Gesamt-Tonnenkilometer. Jede der beiden Zahnradbahnen zeigt außerdem eine zweimal höhere Ziffer, als die ihr der Form des Längenschnittes nach ähnliche Reibungsbahn. Nr. 35—38 geben die Unterhaltungskosten für die Fahrbetriebsmittel und zwar sehr zu gunsten der Zahnradbahnen. Für den Erzberg erscheinen diese Kosten für die Lokomotive auffällig niedrig. Es wird solches durch den neuen Zustand der Maschinen erklärt. Aus den Nn. 34 und 38 läßt sich ableiten, daß die Wiederherstellungskosten im Verhältnis zu den gesamten Zugkosten betragen:

| | |
|--------------------|----------|
| am Arlberg rund | 28 v. H. |
| „ Erzberg und Harz | 22 „ |
| „ Gotthard | 18 „ |

VII. Gruppe, Nr. 39—46.

Brenn- und Schmiermaterialverbrauch.

Die österreichischen Staatsbahnen besitzen für die Angabe des Brennmaterialverbrauches eine vorzügliche Bestimmung, die allgemeine Nachahmung verdiente. Der Verbrauch wird nämlich stets in sogenannter „Normalkohle“ ausgedrückt, d. h. nach dem Heizwerte. Die Normalkohle besitzt eine Verdampfungsfähigkeit von 4,4 Liter Wasser für 1 Kilogramm. Auf eben diese Einheit sind in der Tabelle auch die bezüglichen Ergebnisse der übrigen Bahnen zurückgeführt und zwar unter Zugrundlegung einer 7,5fachen Verdampfung der Kohle der Harzbahn und einer 7fachen derjenigen der Gotthardbahn.

Nach Nr. 42 erscheint der Verbrauch am Erzberg, mit 0,83, um 2,8 mal höher als am Arlberg, derjenige am Harz, mit 0,43, um ebenfalls 2,8 mal größer als am Gotthard, während die Erzbergbahn wieder doppelt so hoch dasteht als die am Harz. Ganz anders ist das Bild, wenn wir die Zahlen dieser Nummer auf eine gemeinsame mittlere Steigung von zum Beispiel 10 v. T. beziehen. Dabei ergibt sich für den Erzberg eine fast ebenso günstige Zahl, wie für die beiden Reibungsbahnen. Sie müßte aber, wie auch am Harz, geringer ausfallen, wenn diese Bahnen eine Ausdehnung und einen so dichten Verkehr besäßen, wie die zwei großen. Daß die geringste Arbeit und dementsprechend der kleinste Kohlenverbrauch auf Seite der größern Steigung zu suchen ist, sobald es sich um Überwindung einer großen Höhe handelt, geht schon aus der einfachen Erwägung hervor, daß z. B. auf der Gotthardbahn, deren mittlere Steigung 9,4 v. T. beträgt, von der zur Fortbewegung des Zuges nötigen Kraft nur ungefähr die Hälfte auf das Heben verwendet wird, während die andere Hälfte für Überwindung der verschiedenen Widerstände verloren geht. Bei einer mittleren Steigung von 47,5 v. T., wie am Erzberg, beträgt der Gesamtwiderstand für die Tonne rund 56 kg. Davon genügt $\frac{1}{6}$ zur Überwindung der Reibungswiderstände und $\frac{5}{6}$ finden für Hebung der Last nützliche Verwendung.

Wird unter der Annahme des gleichen mittleren Reibungswiderstandes von 9 kg für die Tonne, Lokomotive und Wagen ineinander gerechnet und der durchschnittlichen Steigung nach Nr. 4 die mittlere Zugkraft berechnet, so läßt sich daraus der Kohlenverbrauch für die Tonne Zugkraft ableiten.

| Bah n | Mittlere Zugkraft in Kilogramm | Kohlenverbrauch in Kilogramm für ein Lokomotivkilometer | |
|---------------|--------------------------------------|--|------------------------|
| | | im ganzen | für die Tonne Zugkraft |
| Arlberg . . . | 6293 | 32 | 5,1 |
| Erzberg . . . | 7212 | 42 | 5,8 |
| Harz | 4137 | 28 | 5,7 |
| Gotthard . . | 3809 | 22 | 5,9 |

Eine irrtümliche Anschauung wäre es zu glauben, daß hierbei die Fahrgeschwindigkeit in Rechnung gebracht werden sollte. Freilich ist für eine bestimmte Zugkraft bei höherer Geschwindigkeit die mechanische Arbeit größer als bei geringerer, also damit im Zusammenhang auch der Kohlenverbrauch. Allein je rascher gefahren wird, desto schneller ist auch der Weg (das Kilometer) zurückgelegt. Der Kohlenverbrauch, auf die Wegeinheit bezogen, bleibt unabhängig von der Geschwindigkeit. Zeit und Weg treten in Wechselwirkung.

Der Verbrauch an Schmiermaterial, Nr. 44, belastet die Ausgaberechnung nicht schwer. Der ungewöhnlich geringe Verbrauch am Arlberg legt Zeugnis dafür ab, welche erfreulichen Ergebnisse durch zweckentsprechende Schmiereinrichtung, sparsame Bedienung und richtige Wahl des Schmiermittels erzielt werden können. Der Verbrauch von 89 g für 1 Lokomotivkilometer am Harz ist dagegen ein recht hoher. In den fröhern Jahren bewegte er sich stets zwischen 60 und 70 g. Der noch höhere Verbrauch am Erzberge, 112 g, dürfte vorab seinen Grund in der Neuheit der Bahn und der Fahrzeuge haben, dann aber auch in einer sehr reichlichen Schmierung, so daß für die künftigen Jahre eine bedeutende Verminderung zu erwarten ist. Einen etwas höhern Verbrauch bedingt übrigens die Bauart der Zahnradmaschine. Für gewöhnlich dürfte er ziemlich richtig mit 75 gegenüber 50 g bei gleich starken Reibungsmaschinen zu bemessen sein. Daß auch hier wiederum die Eigentümlichkeiten der Bahn, namentlich eine geringe Länge und viele, lange Aufenthalte in Bahnhöfen den Verbrauch ungünstig beeinflussen, liegt auf der Hand. Leider beruhen auch die gesamten Zahlen nicht auf einer einheitlichen Bemessung des Schmierwertes des verwendeten Mittels.

VIII. Gruppe, Nr. 47—51.

Gesamte Betriebskosten.

Für die uns hier interessierende Teilstrecke der Arlbergbahn werden die Kosten der allgemeinen Verwaltung nicht besonders verrechnet. Um unsern Vergleich durchführen zu können, mußten wir uns daher gestatten, diesen Posten zu schätzen; es geschah mit Mark 60480, oder rund 5 v. H. der gesamten Betriebskosten.

Nach Nr. 48 stehen die Betriebsausgaben für 1 Bahnkilometer annähernd im Verhältnis zur Verkehrsstärke. Auf das Zugkilometer bezogen, Nr. 49, betragen sie für alle vier Bahnen im Mittel 2,5 Mark; für das Bruttokilometer, Nr. 51, aber zeigen die Reibungsbahnen nur rund Mark 0,013, die Zahnradbahnen dagegen rund Mark 0,034 und 0,031, während die Werte für die Einheit, Nr. 52, bloß einen Unterschied von rund 70 v. H. aufweisen.

IX. Gruppe, Nr. 52—59.

Baukosten.

Für die beiden großen Alpenübergänge betragen die Baukosten etwas über 840 000 Mark für das Kilometer, wobei freilich die langen Tunnels eine verhältnismäßig hohe Summe in Anspruch nahmen. So entfallen von den 55 Millionen Baukapital des Arlberg 35 Millionen auf die Herstellung des 11 km langen Tunnels und nur 20 Millionen auf die übrigen 53 km, somit rund 386 000 Mark gegenüber 462 000 am Erzberge. Die Vermutung liegt nahe, es möchten hier die Mehrkosten eine Folge des Zahnradsystems sein. Es ist dem aber nicht so. Am Erzberge liegen 15 km Zahnstange. Wenn wir diese, einschließlich des Legens und aller etwaigen

| | |
|---|-----------------|
| Unkosten | mit Mk. 453 600 |
| die Mehrkosten der Zahnradlokomotiven „ „ | 218 400 |
| | <hr/> |
| zusammen also mit | Mk. 672 000 |

berechnen, so ist diese Summe sehr reichlich bemessen, das macht aber nur eine besondere Ausgabe von

Mark 33 600 für das Kilometer Bahn.

Die höhere Ausgabe ist eine Folge der ganz außergewöhnlichen Bauschwierigkeiten, welche auch ohne Zahnradbetrieb

Mark 428 400 Kosten für 1 km

verursachten. Ziehen wir in Betracht, daß es sich am Erzberg darum handelte, hoch übereinanderliegende Punkte zu verbinden, so konnte diese Aufgabe gelöst werden entweder mit Hilfe einer kurzen Linie unter Anwendung von steilen Rampen, wie es wirklich geschehen ist, oder durch schwächere Steigungen und einer dadurch bedingten größeren Bahnlänge. Sicher ist, daß dabei die Baukosten für das Kilometer nicht niedriger, voraussichtlich aber noch höher ausgefallen wären. Für eine durchschnittliche Steigung, wie am Arlberg, hätte eine Erzbergbahn ungefähr

48 Kilometer Länge

erhalten und rund 22 statt 9 Millionen Mark kosten müssen. In dieser Erwägung liegt der eigentliche Schwerpunkt.

Ungewöhnlich billig wurde die Harzbahn erbaut; stellte sich doch hier das Kilometer nur auf Mark 157 000.

Werden nach Nr. 55 die 4 v. H. Zinsen der Baukosten für das Kilometer Bahn ermittelt, so ergibt sich:

| | |
|---------------------|-------------|
| am Harz | Mark 6 276, |
| „ Erzberg | „ 18 480, |

auf den beiden Reibungsbahnen etwas über Mark 33 600.

Die Folge davon ist, dass trotz des schwachen Verkehrs für die beförderte Person und Tonne Gut an Kapitalzins erforderlich ist (Nr. 51):

| |
|-------------------------|
| nur 3,7 Pfg. am Harz, |
| gegen 4,5 „ „ Gotthard, |
| 6,8 „ „ Arlberg, |
| 8,9 „ „ Erzberg. |

Rechnen wir Betriebskosten und Kapitalzins zusammen, Nr. 57, dann zeigt die Summe, wie hoch die Gesamteinnahmen sein müßten, damit aus dem Bahnertragnis die Betriebskosten samt 4 v. H. Kapitalzinsen bestritten werden könnten.

Es wäre das:

| | |
|----------------|--------------|
| Mk. 16 498 334 | am Gotthard, |
| „ 3 435 331 | „ Arlberg, |
| „ 640 280 | „ Erzberg, |
| „ 456 817 | „ Harz. |

Am Arlberg und Erzberg werden die bezüglichen Erhebungen nicht besonders durchgeführt und fehlen darum die betreffenden Angaben. Auf der Harzbahn dagegen betragen die reinen Betriebseinnahmen

Mk. 454 877;

sie allein reichten also hin, nach Abzug der Betriebskosten das ganze Anlagekapital mit 4 v. H. zu verzinsen. Zu einem gleich günstigen Ergebnisse fehlten der Gotthardbahn nahezu 4,2 Millionen Mark. Wenn gleichwohl die Aktionäre dieser Bahn sich

eines hohen Gewinnanteils erfreuen, so verdanken sie solches den über 100 Millionen betragenden Staatszuschüssen. Auf das ganze Baukapital bezogen, ergeben die Betriebsüberschüsse eine Verzinsung von nur

2,3 v. H.

Wohl ein ähnliches Verhältnis dürfte am Arlberg bestehen.

Müßten diese vier Bahnen sich selbst erhalten und dabei ihr ganzes Kapital mit 4 v. H. verzinsen, dann müßten die Frachtsätze, also die kilometrischen Einnahmen für Person und Tonne Gut betragen (Nr. 59)

| | | |
|----------------|------|-----------|
| am Arlberg . . | 10,4 | Pfennige, |
| „ Erzberg . . | 15,5 | „ |
| „ Harz . . . | 9,9 | „ |
| „ Gotthard . . | 8,1 | „ |

Wie soeben erwähnt, trifft solches nur auf der Harzbahn zu, am Gotthard ist die Einnahme 6,2 Pfennige.

Es erübrigt uns, noch eine letzte Betrachtung anzustellen. Die Ergebnisse der zwei Hauptbahnen lehren, daß für Linien in besonders schwierigem Gelände auch ein sehr bedeutender Verkehr oft nicht ausreicht, eine genügende Verzinsung der aufgewendeten Bausumme aufzubringen. Wie viel eher steht ein solches Ergebnis da bevor, wo überhaupt nur ein mäßiger Verkehr zu erwarten ist. Für den Bau von Bahnen in schwierigen Verhältnissen handelt es sich darum, jene Lösung zu wählen, welche den größeren Reinertrag liefert. Ob solches durch die steilere und billigere Linie mit höheren Betriebskosten, oder umgekehrt durch eine längere und teurere Bahn mit geringeren Betriebskosten zu erreichen ist, muß die jeweilige Untersuchung lehren.

So ungünstig die Erzbergbahn als Beispiel erscheinen mag, so zeigt doch auch sie, daß durch Anwendung des gemischten Betriebs und der damit erzielten Abkürzung der Linie, Betriebskosten und Zinsen zusammen geringer ausfallen, als solches bei einer gewöhnlichen Bahn möglich gewesen wäre. Unter den jetzigen Verhältnissen sollte am Erzberg die Beförderung einer Person oder einer Tonne Gut von einem Ende der Bahn bis zum anderen durchschnittlich eintragen:

| | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|
| zur Deckung der Betriebsspesen . . . | $20 \times 0,065 =$ | 1,31 Mk. |
| „ Gewinnung der Kapitalzinsen . . | $20 \times 0,089 =$ | 1,78 „ |
| | | zusammen = 3,09 Mk. |

Oben haben wir erwähnt, daß an Stelle der jetzigen Bahn eine solche, ausgeführt in den Verhältnissen der Arlbergbahn, 48 Kilometer Länge erhalten hätte und 22 Millionen gekostet haben würde. Auf jede der 206 530 Personen und Tonnen Güter, Nr. 20 und 21, welche über die ganze Bahn zu befördern waren, träfe somit von den Kapitalzinsen allein

Mk. 4,23,

also schon mehr als heute Betriebskosten und Zinsen zusammen ausmachen. Allein die Betriebskosten für die Einheit betragen mindestens auch noch

$48 \times 0,037 =$ Mk. 1,77;

sodaß die Beförderung einer Person oder einer Tonne Gut sich dann auf

Mk. 6,00

gestellt hätte, statt, wie jetzt, auf Mk. 3,10.

Betriebsergebnisse von fünf Vergnügungsbahnen,
nach der Schweizer. Eisenbahnstatistik vom Jahre 1896.

| Gegenstand | Pilatus | Rigi | Glion- Naye | Brünig | Visp- Zermatt |
|--|-----------|-----------|----------------|-----------|------------------|
| Bahnlänge in Kilometer | 4,3 | 7,0 | 7,7 | 58 | 35,2 |
| Größte Steigung v. T. | 480 | 250 | 220 | 120 | 125 |
| Anzahl der Lokomotiven | 9 | 10 | 6 | 16 | 5 |
| Lokomotivgewicht in Tonnen | 7 | 16 | 16 | 23 | 29 |
| Zuggewicht, zulässig, Lokomotive ausgeschlossen | 4,5 | 9 | 9 | 35 | 40 |
| Zuggewicht, durchschnittlich, Lokomotive ein- geschlossen | 10,4 | 21 | 21 | 63 | 58 |
| Lokomotivkilometer im ganzen | 11 379 | 25 818 | 17 593 | 224 078 | 45 967 |
| Lokomotivkilometer für die Maschine | 2264 | 2582 | 2932 | 14 005 | 9194 |
| Anlagekapital in Francs | 2 850 000 | 2 239 000 | 2 700 000 | 6 400 000 | 5 800 000 |
| Anlagekapital für 1 km Bahn | 663 000 | 330 000 | 350 000 | 110 000 | 165 000 |
| Betriebseinnahmen in Francs | 198 373 | 407 036 | 168 341 | 787 036 | 462 764 |
| Betriebseinnahmen für 1 km Bahn | 39 675 | 58 148 | 21 043 | 13 569 | 12 855 |
| Betriebsausgaben: | | | | | |
| Allgemeine Verwaltung | 22 187 | 18 505 | 5116 | 37 197 | 18 777 |
| Bahnunterhaltung | 12 674 | 39 881 | 27 656 | 100 917 | 37 109 |
| Abfertigung | 14 802 | 43 012 | 8877 | 120 416 | 31 834 |
| Zugkosten | 40 205 | 90 039 | 33 908 | 208 229 | 59 556 |
| Verschiedenes | 10 147 | 85 418 | 3154 | 26 204 | 14 362 |
| Im ganzen | 100 015 | 276 855 | 78 711 | 492 963 | 161 638 |
| Für 1 km Bahn | 23 259 | 39 551 | 10 222 | 8499 | 4592 |
| Überschuß der Einnahmen | 98 358 | 130 181 | 89 630 | 294 073 | 301 126 |
| Reinertrag v. H. | 3,45 | 5,81 | 3,32 | 4,60 | 5,19 |

Litteratur.

- Blenkinsop's Rack-railway and Log-wheel Locomotive at the Middleton Colliery, near Leeds. Smiles's „Lives of the Engineers“. 1811.
- The Mount Washington Railway. Engineering 1869.
- Mallet, A. Étude sur les chemins de fer de montagne avec Rail à crémaillère. 1872.
- Kronauer. Die Rigibahn. 1873.
- Abt, R. Die 3 Rigibahnen und das Zahnradsystem. 1877.
- Abt, R. Zahnradbahnen (System Riggenbach). Handbuch für Spezielle Eisenbahntechnik von Heusinger von Waldegg. V. Bd., IV. Kap. 1878.
- Abt, R. Über Zahnradbahnen für starke Steigungen. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1878.

- Sternberg. Eisenbahnen mit Mittelschienen (System Fell), Sekundärbahn nach System Wetli von Wädensweil nach Einsiedeln. Handbuch für Spezielle Eisenbahntechnik von Heusinger von Waldegg. V. Bd., IV. Kap. 1878.
- Maxwell, J. P. The New Zealand Government Railways. Institution of Civil Engineers. 1880.
- Schneider, A. Die kombinierte Adhäsions- und Zahnradbahn von Blankenburg nach Tanne. 1885.
- Rinecker, Fz. Das System Abt in Örtelsbruch. 1886.
- Mutinelli, G. Il nuovo Sistema Abt di ferrovie ad Ingranaggio ed aderenza e le sue applicazione. Roma 1886.
- Lindner, A. Die Geschichte der Zahnschienenbahnen bis zur Eröffnung der ersten Rigibahn. Glaser's Annalen. 1886.
- Glanz, W. Der Oberbau der vereinigten Zahnrad- und Adhäsionsbahn Blankenburg-Tanne. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. 1886.
- Molesworth Guilford, L. Report of the „Abt System“ of ascending steep inclines. 1886.
- Evans, Walton W. The Abt System of Railway for steep inclines. New York 1886.
- Pontzen, E. Chemin de fer système Abt. Portefeuille des machines. Paris 1887.
- Die Höllenthalbahn von Freiburg nach Neustadt. Glaser's Annalen. 1887.
- Frank, A. Die Leistungsfähigkeit und das Verhalten der Lokomotiven für gemischte Zahnstangen- und Reibungsbahnen nach Abt's System. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1887.
- Bissinger, H. Die Zahnstange und der Zahnstangenoberbau der Höllenthalbahn. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. 1887.
- Seguëla, M. Chemin de fer à crémaillère, Système Abt. Revue générale des chemins de fer. Paris 1888.
- Böck, F. Das System Abt für kombinierten Adhäsions- und Zahnradbetrieb. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. Wien 1888.
- Abt, R. R. Abt's Zahnrad-Bahnbetrieb, Zahnstange und Zahnradlokomotive. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. 1888.
- Strub, E. Die Vitznau-Rigilokomotiven. Schweizer. Bauzeitung. 1891.
- Abt, R. Mitteilungen über neuere Zahnradbahnen. Zeitschrift für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt. Wien 1891.
- Meyer, J. Chemin de fer de Viège à Zermatt. Lausanne 1891.
- Abt, R. Generosobahn. Schweizer. Bauzeitung. 1891.
- Jugovitz. Eisenerz-Vordernberg. Wien 1892.
- Lévy-Lambert. Chemins de fer à crémaillère. Paris 1892.
- Pfeuffer. Über den Bau der bosn.-herceg. Staatsbahnen. Wien 1892.
- Seligmann, Fr. Die Erzbergbahn. Wien 1892.
- Goering. Neuere Bergbahnen in der Schweiz. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1892.
- Artom di S. Agnesi ed Nicoli, N. Sui sistemi di ferrovie a dentiera. Roma 1892.
- Pownall. On the Usui Railway. Institution of Civil Engineers. London 1894.
- Röll, V. Encyclopädie des gesamten Eisenbahnwesens, VII. Bd. 1895.
- Strub, E. Zum 25jährigen Jubiläum der Rigibahn. Schweizer. Bauzeitung. 1896.
- Abt, R. Beirut-Damaskus. Schweizer. Bauzeitung. 1896.
- Greulich. Die elektrische Zahnradbahn auf den Gornergrat. Schweizer. Bauzeitung. 1898.
- Entwicklung des Zahnradsystems Abt während der letzten 10 Jahre in Österreich-Ungarn. Zeitschrift des österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereins. 1898.

XV. Kapitel.

Seilbahnen.

Bearbeitet von **Siegfried Abt**, Konstrukteur der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur.

(Mit 206 Textfiguren.)

Einleitung.

§ 1. **Geschichtlicher Überblick.** — Die Anfänge der Seilbahnen reichen bei den Chinesen und Indern auf Jahrtausende zurück, Spuren davon finden sich bei den Römern und im Mittelalter wurden Pakete und Briefe auf Luftseilbahnen befördert. Eine schwebende Seilbahn, allerdings von sehr einfacher Bauart, zeigt uns eine Schrift aus der Zeit der Hussitenkriege in Wort und Bild. Sie diente zur Güterbeförderung über Schluchten und Wasserläufe mittels Trag- und Zugseil, sowie Laufring zum Tragen der Last¹⁾. Im IX. Kapitel seines im Jahre 1597 zu Venedig erschienenen Werkes »delle fortificazioni« erwähnt Buonaiuto Lorini eine Seilbahn zur Beförderung von Erde bei Festungsbauten. Die beladenen Wagen wurden auf stark ansteigender Holzbahn mittels Haspel mit Spillen und Tretrad auf den Wall gezogen, dort entleert und alsdann auf der Holzbahn wieder hinabgelassen. Die Zuführungsbahn im Graben hatte Fall nach der Rampe hin, die Abführungsbahn oben auf dem Walle nach der Entleerungsstelle, so daß die gefüllten Karren auf beiden bergab liefen. Am Schlusse des angezogenen Kapitels erwähnt Lorini eine Abart seiner Seilbahn, wobei die Wagen mittels Rillenrädern auf zwei Seilen rollen, welch' letztere somit die Schienen ersetzen. Diese Seilbahn soll leicht verlegt werden können und die Böschungen nicht beschädigen²⁾. Jakob Leupold, geb. 1674 zu Planitz bei Zwickau (Sachsen), giebt in seinen Abhandlungen genaue Einzelheiten über Seilbahnen.

Im Jahre 1840 spricht Michel Chevalier von einer schiefen Ebene in Amerika, auf welcher die mit Steinkohlen beladenen Wagen durch mit Wasser gefüllte Blechkästen in die Höhe gezogen wurden. Ende der vierziger Jahre waren in England auf der Grube North-Hetton zwei Seilförderanlagen von 4520 m und 2660 m Länge im Betriebe, ebenso auf der Sherburn-Grube bei Durham mehrere, verschieden lange Förderstrecken.

¹⁾ Siehe: Beck, Beiträge z. Geschichte des Maschinenbaues, S. 291.

²⁾ Ebenda, S. 246 u. 247.

In Deutschland wurde im Jahre 1859 die erste mechanische Seilförderung (über Tag) auf der Grube Heinitz bei Saarbrücken eingerichtet, 1862 eine andere in dem 1770 Meter langen „von der Heydt-Stollen“ der Grube von der Heydt. Die Ersparnisse bei dieser Anlage beliefen sich im ersten Jahre auf 40 v. H., im zweiten auf 48 v. H. und in den folgenden auf 60 v. H. Diese günstigen Ergebnisse bewogen auch andere Gruben, Seilförderungen einzurichten. 1865 wurde in Saarbrücken der 3770 m lange Lampenneststollen, 1866 der 1760 m lange Burbachstollen mit Seilen versehen. Als 1871 auf der „von der Heydt-Grube“ ein 530 m langer Versuchsstollen mit einem Seil ohne Ende unbefriedigende Ergebnisse lieferte, wurde 1872 der Kettenbetrieb eingerichtet, so daß in Deutschland wie ursprünglich der Seilbetrieb, nun auch der Kettenbetrieb von Saarbrücken aus bekannt wurde. Damals waren die Seile für den gedachten Zweck zu schwer und überhaupt unzweckmäßig angeordnet; mit den Fortschritten der Drahtseilindustrie sind später die Mängel behoben worden, so daß man erwarten darf, das Seil werde sich im Laufe der Zeit seine alten Rechte zurückerobern.

In Frankreich dienten die schiefen Ebenen von Saint-Etienne nach Roanne und von Alais nach Beaucaire zur Steinkohlenförderung. Von 1840 bis 1871 fand das endlose Seil auf der schiefen Ebene von Lüttich, nach Maus'scher Bauart für Güterbeförderung, seine erste Anwendung. 1841 wurde die schiefe Ebene Erkrath-Hochdahl auf der Linie Düsseldorf-Elberfeld für Seilbetrieb eingerichtet. Anfänglich war oben eine feststehende Maschine, später nur eine Umkehrrolle für das Seil angeordnet.

Die erste, technisch brauchbare schwebende Seilbahn kommt nachweisbar am Anfang des 15. Jahrhunderts vor, wie aus dem sog. Feuerwerkbuch von Johann Hartlieb aus dem Jahre 1411 hervorgeht³⁾. Nach einer beigefügten Randzeichnung wurden zur Versorgung einer Burg mit Lebensmitteln Körbe an einem Seil ohne Ende über den tief eingeschnittenen Schloßgraben gefördert.

Die Geschichtsurkunde der Stadt Danzig besagt, daß 1644 der holländische Ingenieur Wybe Adam von Harlingen eine Seilbahn zur Erdbeförderung vom Bischofsberg der Stadt über einen Fluß und den Stadtgraben hinweg nach dem Wall gebaut habe. Die Anlage war sehr unvollkommen wegen der Anwendung von Hanfseilen und fest damit verbundenen Fördergefäßen⁴⁾. Die ursprüngliche Form der schwebenden Seilbahnen findet sich in den Riesen, bei welchen die an einem Rollenpaar hängende Last durch ihr Eigengewicht abwärts gleitet. Als Urheber der Seil- und Drahtriesen, insbesondere zur Holzförderung, werden die schweizerischen Förster Frankenhäuser und Strübin genannt und es sollen solche Bahnen in den fünfziger Jahren zuerst in Kärnthen, Tirol, der Schweiz und in Savoyen zur Ausführung gekommen sein. Zu den Riesen können wir auch alle vom Freiherrn Franz v. Dücker ausgeführten Draht- und Seilbahnen rechnen. Die ersten Versuche dieses um die Entwicklung solcher Fördermittel hochverdienten Ingenieurs stammen aus dem Jahre 1861 und wurden zu Bad Oeynhausen und Bochum ausgeführt. Die zur Gipsförderung bestimmte Drahtbahn in Osterode am Harz wurde 1871 gebaut und hatte ein Gleis von 447 m Länge aus 26 mm dicken Rundeisen. Die Fördergefäße waren aus Holz, ebenso die in Abständen von 6 bis 20 m aufgestellten Unterstützungen. Im Jahre 1872 baute Dücker eine doppelspurige Seilbahn in Metz mit einer größten Leistung

³⁾ Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1877.

⁴⁾ Glaser's Annalen 1894, Bd. 34, Nr. 406, Heft 9.

von 250 Tonnen im Tage. Eine der ältesten derartigen Ausführungen in Amerika ist die seit 1868 in Betrieb stehende Drahtseilriese in Clear-Creek-County, durch G. W. Cypher in Camberville für das dortige Silberbergwerk ausgeführt. Ein etwas umständliches, aber wohldurchdachtes Beispiel einer Drahtseilriese giebt die schwebende Bahn von Minden, entworfen und ausgeführt durch Baumeister Mölle⁵⁾. Das ursprüngliche englische Patent von Charles Hodgson, aus dem Jahre 1868, enthält bereits die Grundsätze der meisten seither gemachten und gesetzlich geschützten Verbesserungen der sog. englischen Bauart. Die Erfindung besteht darin, daß Lasten in geeigneten Gefäßen mittels eines zwischen zwei festen Punkten gespannten Seiles derart in der Luft befördert werden sollen, daß dieses Seil in verschiedenen Zwischenpunkten unterstützt werden kann, ohne die mittels Rollen darüberfahrenden Wagen zu behindern, daß die Bewegung mittels endlosen Seils bewirkt und daß in anderen Fällen dieses endlose Seil die Wagen mitführen und tragen soll. Die erste Ausführung, welche der Erfinder in Richmond bewirkte, bestand in einer kleinen, durch ein Pferd betriebenen Seilbahn⁶⁾.

Nachdem der Hauptübelstand, nämlich die starre Verbindung der Tragsättel mit dem Wagenkasten beseitigt war, kamen bis 1872 schon 33 solcher Einseilbahnen in Betrieb. Carrington verbesserte die Sättel durch Anwendung von Gummiplatten, welche das Seil zwischen sich klemmten. 1874 wurden im Teuschenthal bei Halle a/S. die ersten Seilbahnen mit getrenntem Trag- und Zugseil gebaut durch die ehemalige Halle-Leipziger Eisengießerei und Maschinenbau-Gesellschaft zu Schkeuditz. Von den bei diesem Bau beschäftigten Technikern befaßten sich fernerhin mit dem Baue schwebender Seilbahnen deutscher Bauart A. Krämer, Otto und Bleichert.

Faustus Verantius giebt um 1617 die erste Abbildung einer schwebenden Seilbahn für Personenbeförderung⁷⁾, und die erste ausgeführte Seilbahnanlage für Personen- und Güterbeförderung finden wir im Jahre 1830 auf der Liverpool-Manchester-Eisenbahn. Damals wagte noch niemand Gefälle von über 2 v. H. mit gewöhnlichen Lokomotiven zu befahren. 1840 wurde die mit Seil betriebene Linie London-Blackwall durch Robert Stephenson auf einem Steindamm gebaut. Da dieselbe in das Innere von London führte, hatte man der Feuersgefahr wegen Bedenken, Lokomotiven anzuwenden. Die Linie besaß eine Länge von 6300 m und fünf Stellen, an denen, ohne Anhalten des Zuges, Wagen abgegeben werden konnten, 1848 wurde dann zum gewöhnlichen Lokomotivbetrieb übergegangen. Durch die beiden Stephenson wurden noch verschiedene Seilbahnen angelegt, so die Linien von Hetton, Stockton-Darlington, Cronford-Peakforest und andere. Auf letzterer Linie war eine Kette an Stelle des Seiles angebracht worden, die aber häufig brach und Betriebsstörungen herbeiführte.

Im Jahre 1862 bauten Molinos und Pronier in Lyon eine schiefe Seilebene für Personen- und Güterbeförderung, welche am oberen Ende der Strecke eine feststehende Dampfmaschine hatte. Die Steigung war eine gleichmäßige und betrug 16 v. H.

1870 wurde die Drahtseilbahn Ofen-Königsburg mit feststehender Dampfmaschine am unteren Ende der Strecke eröffnet. Rasch folgte dann eine Reihe

⁵⁾ Handb. f. Spec. Eisenbahn-Techn., V. Bd., S. 551.

⁶⁾ Ebenda, S. 556.

⁷⁾ Beck, Beiträge z. Gesch. d. Maschinenbaues, S. 525.

ähnlicher Anlagen, so 1873 die Seilbahn nach dem Leopoldsberg bei Wien, 1874 die Drahtseilbahn Bauart G. Sigl nach der Sophienalp (beide längst wieder außer Betrieb), 1877 Lausanne-Ouchy, 1879 Gießbachbahn im Berner Oberland mit erster Anwendung der Abt'schen selbstthätigen Ausweiche und einer Zahnstange als Bremsmittel, dann in den letzten 20 Jahren die einschienige Seilbahn auf den Vesuv, die Bahnen Territet-Glion, Gütsch bei Luzern, Lugano-Bahnhof, Neapel-Chiaia, Zürich-Polytechnikum, Biel-Maggingen, Bürgenstock, Beatenberg (am Thunersee), Havre-la-Côte, Neapel-Vomero, Ecluse-Plan, Monte San Salvatore, Prag-Belvedere, Prag-Laurenziberg, Lauterbrunnen-Grütsch, Ragatz-Wartenstein, auf das Stanserhorn, Genua-St. Anna, Dolderbahn bei Zürich, Nischni-Nowgorod (zwei Bahnen), Heidelberg-Schloßberg, Davos-Platz-Schatzalp, Gurten bei Bern, u. s. w.

Als besondere Bauarten sollen noch erwähnt werden:

Bauart Agudio. Bei derselben wird durch ein Seil ohne Ende die Betriebskraft auf einen besonderen Triebwagen übertragen. Infolgedessen bewegt sich dieser am Schleppseil oder an der Zahnstange vorwärts und schiebt den Zug vor sich her. Im Jahre 1863 wurde diese Bauart auf einer kurzen Strecke der Linie Turin-Genua versucht und 1884 in etwas abgeänderter Form auf der Superga-Eisenbahn zur Anwendung gebracht.

Bei der Bauart Lebret windet sich die Lokomotive und damit der ganze Zug an einem zwischen den Schienen liegenden Seil empor, ähnlich wie die Schiffe bei der Kettenschleppschiffahrt stromaufwärts bewegt werden.

Die Bauart Handyside sieht eine Lokomotive mit Windeeinrichtung vor. Die Maschine fährt allein die Steigung hinauf, wird oben festgelegt und zieht dann die Wagen in die Höhe.

Im Jahre 1858 wurde in Philadelphia die erste Straßenbahn (Tramway) mit Seil ohne Ende von Es. Gardener durch Patent geschützt, aber nicht zur Ausführung gebracht. Die ersten Kabelbahnen in Städten wurden 1873 in San Francisco gebaut und fanden dann in ganz Nordamerika Verbreitung. Auch England besitzt in verschiedenen Städten Kabelbahnen, in Glasgow z. B. eine unterirdische, während auf dem europäischen Festlande nur in Lissabon und in Paris-Belleville solche bestehen.

Von allen Naturkräften dürfte die Schwere zuerst in den Dienst der Menschen gestellt worden sein. Diese Kraft in Verbindung mit einem Seil, einer Rolle zur Verminderung der Reibung und einer schiefen Ebene, bildet, so einfach die ganze Anordnung auch sein mag, ein vorzügliches Beförderungsmittel.

Irgend eine Last, auf eine schiefe Ebene gelegt, bewegt sich abwärts, sobald die der Ebene gleichgerichtete Seitenkraft der Schwere größer ist, als die Reibung. Mit Hilfe von Seil und Rolle kann mittels diesem benutzbaren Überschuß an Kraft eine ihm entsprechende Last gehoben werden. Die treibende Kraft kann durch eine Winde unterstützt, oder ersetzt werden, was im Laufe der Zeit auch wiederholt geschehen ist. Nach Erfindung der Dampfmaschine wurde die alte, wenig leistungsfähige Handwinde mit der Dampfwinde vertauscht, auch wurde Wasserrad und Turbine, in neuester Zeit endlich der Elektromotor zu Hilfe genommen. Nach und nach entstanden die verschiedenen Arten der mechanischen Streckenförderung, die schließlich in den Kabelbahnen gipfelten. Die Drahtseilbahnen in ihren mannigfaltigen Ausführungen bleiben jedoch stets ein Beförderungsmittel untergeordneten Ranges, weil ihre Beweglichkeit eine beschränkte, zwischen zwei feste Punkte

eingeeengte ist. Trotz aller sonstigen Vorzüge sind sie darum nach und nach aus den Hauptlinien ausgeschaltet und durch vollkommenere Einrichtungen ersetzt worden. Als Nebenlinien und billigste Mittel für Massenförderung auf kürzere Strecken (für Steinkohlen, Erze u. s. w.) sind sie aber von großer Bedeutung, bei kurzer, steiler und wenig gekrümmter Anlage auch wohl geeignet, an Stelle des Zahnstangenbetriebes zu treten. Bei neueren Seilbahnen dagegen wurde die Zahnstange als Bremsmittel vorteilhaft wieder beigezogen, zuerst im Jahre 1879 am Gießbach durch N. Riggenbach und Roman Abt.

Die ersten Seilbahnen benutzten Hanf- oder Bastseile, wodurch ein teurerer Betrieb und häufige Störungen bedingt waren. Mit Einführung des Drahtseiles durch Oberbergrat Albert in Klausthal im Jahre 1834 trat das Seil in einen größeren Anwendungskreis, aus dem es aber später nochmals für lange Jahre durch die Kette verdrängt wurde.

Erster Abschnitt.

Seilbahnen älterer Bauart.

§ 2. Seilbahnen für Güterbeförderung in Bergwerken. — Der Steinkohlen- und Braunkohlenbergbau erfordert billige Förderung großer Massen auf weite Entfernung. Dieses Ziel wurde anfänglich angestrebt durch Verbesserung der Gleise, sorgfältige Ausbildung und Instandhaltung der Fahrzeuge, insbesondere aber durch mechanische Streckenförderung. Diese bietet unter anderen folgende Vorteile: Bedeutende Lufterparnis (für ein Pferd sind in der Minute 10 cbm Luft zu rechnen), somit die Möglichkeit, die Strecke mit mehr Leuten zu befahren; angenehmeren Aufenthalt in der Grube durch Wegfall der Pferde samt Stallungen mit ihrer Ausdünstung; Schonung der Wagen und Gleise; regelmäßige Förderung und bessere Ausnützung des rollenden Materials.

Anlagen von 500 bis 600 m Förderlänge sind schon lohnend. Im allgemeinen ist bei sonst günstigen Verhältnissen die mechanische Streckenförderung dort angezeigt, wo sechs bis sieben Pferde erforderlich wären.

Es gibt drei Arten der mechanischen Streckenförderung:

1. Kettenförderung,
2. Seilförderung,
3. Lokomotivförderung.

Die unter 1 und 3 genannten Arten gehören nicht in den Rahmen dieser Abhandlung.

Unter Seilförderung versteht man diejenige Art der Förderung, bei welcher die Wagen auf einem ein- oder doppelspurigen Schienengleise mit Hilfe eines Seiles durch eine feststehende Maschine fortbewegt werden. Sie ist die älteste der im Bergwerksbetriebe angewandten Streckenförderungen und in den meisten Fällen zugleich die einfachste, billigste und zweckmäßigste Förderung. Man unterscheidet insbesondere:

I. Förderung mit offenem Seil.

1. Mit Seil und Gegenseil.
2. Mit Vorder- und Hinterseil.
3. Mit Seil und Verbindungsseil.

II. Förderung mit geschlossenem Seil.

1. Förderung mit Oberseil.
2. Förderung mit Unterseil.

Diese verschiedenen Arten sollen kurz besprochen werden.

I. Förderung mit offenem Seil.

Förderungen mit offenem Seil kommen bei Neuanlagen kaum in Frage, da selbst bei eingleisigem Bau, der nur mit sehr bedeutenden Kosten zu erweitern wäre, ein endloses Seil, das dem Stoße oder dem First entlang geführt wird, als das einzig richtige erscheint. Bei Förderungen mit offenem Seil werden stets Wagenzüge gebildet, da die Förderung einfach wirkend ist⁸⁾. Bei den drei Förderarten mit offenem Seil muß, um nennenswerte Leistungen zu erzielen, mit großen Zügen (100 bis 150 Wagen) und großen Seilgeschwindigkeiten (bis zu 7 m/sek.) gearbeitet werden. Dies bedingt einen großen Wagenpark und tadellos verlegte Gleise, große Krümmungshalbmesser, eine bedeutende Spurweite und vorzügliche Achslagerung. In den englischen und schottischen Gruben liegen meist Schienen von 10 kg/m bei 675 bis 750 mm Spurweite. In Deutschland, und zwar im rheinischen und westfälischen Bezirk, finden sich selten Schienen von mehr als 7 kg/m Gewicht bei Spurweiten von 490 bis 630 mm. Diese Verhältnisse würden bei großen Fördergeschwindigkeiten vielfach Entgleisungen und Störungen herbeiführen.

1. Förderung mit Seil und Gegenseil.

Erforderlich sind dabei zwei Betriebsmaschinen mit je einer Fördertrommel zum Auf- und Abwickeln des zugehörigen Seiles. Ausrückbare Kuppelungen verbinden die Trommeln mit ihren Betriebsmaschinen. Die Förderstrecke ist nur an den Endpunkten auf etwas mehr als Zuglänge zweigleisig angelegt, um immer einen vollen und einen leeren Zug aufnehmen zu können. Die Stellung der in die Bahnsohle eingebauten Rollen ergibt sich aus Abb. 1. Ein Arbeiter legt mittels eines Hakens das Seil in die zwischen den Endsträngen liegenden Rollen und bedient die Weiche. Begleitet ein Führer den Zug auf seiner ganzen Fahrt, so fallen demselben diese Obliegenheiten zu.

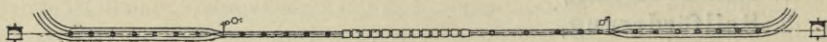


Abb. 1. Förderung mit Seil und Gegenseil.

Die Gesamtlänge der Seile ist gleich der doppelten Förderlänge; da beide von einander unabhängig sind, können beliebig lange Züge gebildet werden. Diese Förderart fand zwischen 1859 und 1872 in Saarbrücken am meisten Anklang. In der Grube „von der Heydt“ beliefen sich die Förderkosten bei Streckenlängen von 1770 m bis 3950 m auf 3,67 bis 3,43 Pfennig für das Tonnenkilometer. Dabei fuhren Züge von 90 bis 120 Wagen mit 3,35 m/sek.

2. Förderung mit Vorder- und Hinterseil.

Diese, wohl die älteste aller maschinellen Seilstreckenförderungen, erfordert nur eine Betriebsmaschine mit zwei Seiltrommeln *a* und *b* (Abb. 2), welche abwechselnd gekuppelt werden können. Die Züge werden zwischen zwei getrennte Seile

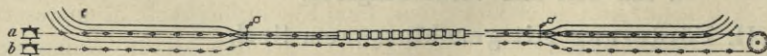


Abb. 2. Förderung mit Vorderseil und Hinterseil.

⁸⁾ Eingehendes über die älteren Bauarten siehe: v. Hauer, Fördermaschinen der Bergwerke.

eingeschaltet, welche zusammen die dreifache Streckenlänge haben. Das von der Trommel *a* zum Wagenzug gehende Seil heißt Vorderseil und liegt auf Tragrollen in der Mitte der Bahn. Das hinten am Zug anschließende, auf die Trommel *b* auflaufende „Hinterseil“ wird neben dem Schienengleise, oder am First auf Rollen geführt; es kann, weil weniger beansprucht, etwas leichter gehalten werden als das Vorderseil. Das Hinterseil ist doppelt so lang wie das Vorderseil und die Zahl der einzubauenden Rollen doppelt so groß als bei der Förderung mit Seil und Gegenseil. Es müssen stets Züge von gleicher Länge zusammengestellt, oder, was aber weniger bequem ist, Seilstücke zum Einpassen bereit gehalten werden. Zum Anhängen an den Wagen erhalten die Seilenden gewöhnlich Haken, oder es werden besondere Zugwagen benutzt. Die Auslösung des Seiles von dem Wagenzuge kann auch selbstthätig erfolgen.

3. Förderung mit Seil und Verbindungsseil.

Diese, richtiger als Förderung mit zwei Vorderseilen und einem Hinterseil zu bezeichnende Einrichtung findet sich zu Gartsherril bei Glasgow für 100 m Bahnlänge. Wie in Abb. 2 liegen zwei Seiltrommeln neben einander, von denen die beiden Vorderseile nach den Zügen ablaufen, während ein drittes Seil die Verbindung herstellt und am Streckenende über eine Spannscheibe geleitet ist. Ein- und Ausschalten der Züge findet nicht statt. Es fährt je ein Gestellwagen, welcher zwei Förderwagen aufzunehmen vermag. Zum Aufziehen der letzteren bestehen besondere Vorkehrungen. Die Fördergeschwindigkeit ist bedeutend, aber die Anlage ist für größere Förderlängen wenig leistungsfähig.

Der Betrieb der drei genannten Förderarten mit offenem Seil gestaltet sich in der Hauptsache gleich. Die Betriebsmaschine wird zweckmäßig mit Umsteuerung versehen. Der Trommeldurchmesser soll mindestens das Hundertfache des Seildurchmessers betragen; die Trommellänge, bei drei über einanderliegenden Seilringen, nur 1,5 m. Jede Seiltrommel wird mit einer durch ein Handrad einstellbaren Bandbremse versehen, welche durch einen Hebel auch plötzlich bethätigt werden kann. Zuverlässige Streckenzeiger, auf welchen alle Punkte bezeichnet sind, die besondere Aufmerksamkeit erfordern, lassen den Maschinenwärter in jedem Augenblick erkennen, wo der Zug steht. Diese Streckenzeiger sind entweder in Uhrenform gebaut, oder es bewegt sich ein Zeiger längs einer Latte.

Zum Gleis werden meist Schienen von 75 bis 80 mm Höhe, 30 bis 35 mm Kopfstärke, 60 bis 65 mm Fußbreite, 6 bis 8 mm Stegdicke mit Laschenbefestigung verwendet. Als Unterlage dienen eichene Querschwellen von 100 mm Dicke und 120 bis 150 mm Breite, in Abständen von 800 bis 1000 mm verlegt.

In der geraden Strecke liegen die Seile auf cylindrischen Rollen von 150 bis 200 mm Breite und 200 bis 250 mm Durchmesser, die lose auf einer 20 bis 25 mm starken Achse sitzen. Rollen mit fester Achse „ecken“ sich leicht⁹⁾. Um den Seilverschleiß zu verringern, werden meist Rollen aus Rotbuchenholz verwendet und wird zum Schutze derselben auf drei oder vier Stück eine Eisenrolle (Abb. 3) eingesetzt. Band-eisenbeschläge an den Enden der Holzrollen verhüten deren Aufspringen. Der Rollenabstand schwankt zwischen vier und sechs Metern. In Krümmungen werden

⁹⁾ Braun, Seilförderung, 1898, S. 19.

entweder cylindrische Rollen mit lotrechter Achse, oder schiefe Rollen nach Abb. 4 eingebaut. Rutscht bei letzteren infolge ungenügender Spannung das Seil aus, so führt es die schiefe Ebene des Stühlchens wieder der Rolle zu. Bei plötzlichem

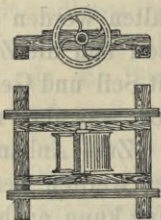


Abb. 3. Eisenrolle für die gerade Strecke.

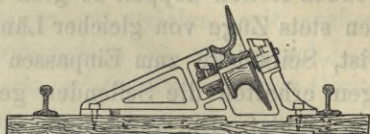
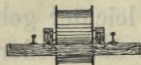


Abb. 4. Schiefgestellte Rolle für Krümmungen.

Anziehen kann dabei allerdings das Seil über die Rolle wegspringen, aber durch besondere Rollen zurückgehalten werden. Folgt eine Gegenkrümmung, so ist durch Einbau von cylindrischen, wagrechten, sowie schwach geneigten Rollen ein allmählicher Übergang herbeizuführen.

Wagenfänger sollen dazu dienen, die in den Zügen entgleisten Wagen den Schienen wieder zuzuführen und so Beschädigungen zu verhindern. Sie bestehen aus einem Balkengebilde, das teilweise mit Blech beschlagen ist und dessen an den Enden angebrachte, schräg gestellte Hölzer sogenannte Fangfrösche bilden. Die gegenseitige Entfernung der Wagenfänger beträgt 150 bis 250 m, doch empfiehlt es sich, solche am Anfang und Ende jeder Krümmung einzurichten. Die Seilführungsvorrichtung, teilweise in Abb. 5 dargestellt, besteht aus verschiebbaren Rollen, welche

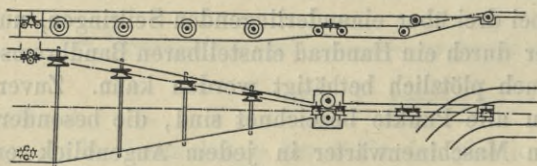


Abb. 5. Seilführungsvorrichtung.

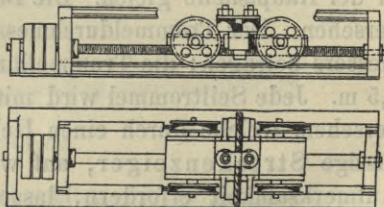


Abb. 6. Seilführungswagen.

dem Richtungswechsel des auf eine längere Trommel auflaufenden Seiles folgen können. Abb. 6 zeigt einen Seilführungswagen, welcher mittels Vorwärts-, Rückwärts- und Leerrolle das richtige Auflaufen des Seiles regelt.

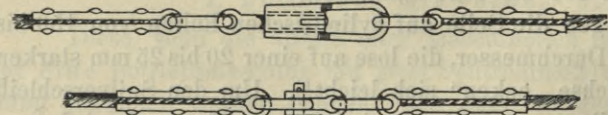


Abb. 7. Seilkuppelung.

Bei einer anderen Vorrichtung tritt eine umklappbare Zahnstange an Stelle der Riemenscheiben¹⁰⁾. Um Seitenstreckenförderung bewerkstelligen zu können, wird durch Seilkuppelungen (Abb. 7) das Seil der Nebenstrecke an das der Hauptstrecke angeschlossen. Das Lösen des Seiles vom Wagenzug

¹⁰⁾ Braun, Seilförderung, S. 15.

erfolgt entweder durch den Führer, oder selbstthätig durch eine Stange, gegen welche ein Winkelhebel am Wagen schlägt und dadurch den Zugbolzen aushebt, Abb. 8.

II. Förderung mit geschlossenem Seil.

Im Vergleich zu den Förderarten mit offenem Seil hat diejenige mit geschlossenem Seil folgende Vorteile:

- 1) Volle Betriebssicherheit.
- 2) Grosse Leistungsfähigkeit bei der durch die gegebenen Verhältnisse bedingten geringen Fördergeschwindigkeit von 0,5 bis 0,75 m/sek.
- 3) Krümmungen mit 7,5 m Halbmesser und weniger werden ohne Seilauflösung störungsfrei durchfahren.
- 4) Es können beliebig viele Anschlagpunkte eingeschaltet werden.
- 5) Die Förderung findet ohne Beachtung der Wagenabstände statt.
- 6) Die Förderkosten sind sehr gering.

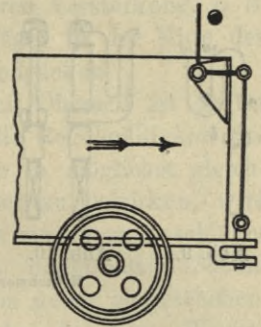


Abb. 8. Seillösungsvorrichtung.

1. Förderung mit Oberseil.

Während der Anschluss von Zügen an das Seil keinerlei Schwierigkeiten bietet, hat sich für den Anschluss der Einzelwagen bis jetzt noch keine unbedingt befriedigende Lösung gefunden. In England hatte das glatte Seil von jeher den Vorzug, während in Deutschland das Seil mit künstlichen Verdickungen, sogenannten Knoten, vorzugsweise Anwendung fand. Dementsprechend unterscheidet man die Förderung mit glattem Seil von der mit Knotenseil. Jede dieser beiden Förderarten findet ausgedehnte Anwendung, doch scheint sich das glatte Seil immer mehr einzubürgern.

a. Förderung mit glattem Seil. Bei derselben erfolgt der Anschluss des Wagens an das Seil durch ein Zwischenglied, den Mitnehmer oder Seilgreifer, dessen unteres Ende an einer der Wagenkopfwände, oder auf einem Querbügel in der Wagenmitte aufgesteckt ist, während das obere Ende die zur Aufnahme des Seiles dienende Vorrichtung bildet. Zuweilen kommt eine leichte Kette zur Verwendung, deren eines Ende am Zughaken des Wagens hängt, während das andere durch Umschlingung am Seil befestigt ist, und so selbstthätiges Lösen ausschließt. Dabei kann wieder Förderung mit selbstthätiger Wagenauslösung und solche ohne selbstthätige Wagenauslösung unterschieden werden.

Bei Anwendung von Mitnehmern wird das Seil durch diese getragen und befindet sich über den Wagen; bei Anwendung von Anschlußketten liegt es auf den Wagen. Erstere Art ist am gebräuchlichsten.

Förderung mit selbstthätiger Wagenauslösung.

Ein brauchbarer Mitnehmer darf durch seinen Anschluss, der rasch selbstthätig oder leicht von Hand bewirkt werden soll, das Seil nicht beschädigen, er soll sich nicht zu früh lösen, kräftig, jedoch in Anbetracht der bequemen Handhabung leicht gebaut und, wie alle dem unterirdischen Betriebe dienenden Vorrichtungen, einfach und mit möglichst wenig beweglichen Teilen ausgerüstet sein. Anschaffungs-

und Unterhaltungskosten müssen gering, Krümmungen ohne Wagenauslösung durchfahrbar sein.

Trotz zahlreicher Versuche ist die Bauart der meisten Mitnehmer nicht einfach genug und es werden öfters die ältesten, einfachsten Bauarten wieder vorgeholt. Der in Abb. 9 in seiner ursprünglichen Form dargestellte englische Mitnehmer (englische Klemme oder Gabel) besteht aus einem 25 bis 30 mm starken Rundeisen, das

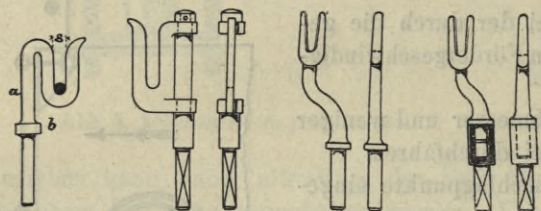


Abb. 9.

Abb. 10.

Abb. 11.

Abb. 12.

Mitnehmer, Seilgreifer.

durch U-förmiges Umbiegen den nach oben offenen Seilschlitz *s* erhält. Der lotrechte Schaft *a* dreht sich in zwei Ösen an der Wagenkastenstirnwand und der Mitnehmer wird durch den aufgeschweißten Bund *b* stets in gleicher Höhe gehalten. Der Anschluß der Wagen geschieht auf folgende Weise: Am Anfang der Förderstrecke hebt eine Rolle das Seil so hoch, daß der

Wagen mit aufgestecktem Mitnehmer untergeschoben werden kann. Beim Verschieben nimmt der senkrecht zur Bahnachse gestellte Mitnehmer das sich durch sein Eigengewicht senkende Seil selbstthätig auf, oder es wird von Hand eingelegt. Das an der Berührungsstelle reibende Seil dreht den Mitnehmer um *a* und die Reibung der schwach S-förmigen Seilbiegung nimmt den Wagen mit. Zur Schonung von Seil und Mitnehmer sollten im Augenblick des Anschlusses Seil- und Wagengeschwindigkeit annähernd gleich sein. Am Ende der Förderstrecke erfolgt die selbstthätige Lösung der Verbindung dadurch, daß eine Tragrolle das innerhalb der Strecke frei in Mitnehmern liegende Seil hochhebt und daß der Wagen gleichzeitig auf eine schiefe Ebene kommt und durch die Beschleunigung eine größere Geschwindigkeit erhält als das Seil, so daß der sich zurückdrehende Mitnehmer dasselbe frei gibt. Der dem Seile durch diese Mitnehmer zugefügte Schaden ist sehr gering, denn ein Gleiten findet nur für Augenblicke statt, während sich eine wesentliche Verbiegung nur bei ganz dünnen Seilen bemerken läßt, da sich der beladene Wagen auf söhlicher Strecke bei einer Reibungsziffer von 0,015 mit einem Kraftaufwand von 12 bis 15 kg fortbewegen läßt. Durch beständigen Wechsel der Anschlußstellen verteilen sich dieselben gleichmäßig auf das Seil.

Als wesentlicher Nachteil muß bezeichnet werden, daß sich das Auslösen des Seiles nicht vollkommen sicher vollzieht, sei es, daß es sich in dem ausgenutzten Mitnehmer nach oben festsetzt, daß sich der Mitnehmer bei gut geschmierten und eingelaufenen Wagen nach der entgegengesetzten Seite umlegt und so das Seil neuerdings festklemmt, der schwerbeladene Wagen zu spät die nötige Beschleunigung erhält, oder daß der Mitnehmer durch Verbiegung oder Schmutz am leichten Drehen verhindert ist. Das nicht richtig eingetretene Auslösen kann sich im letzten Augenblick mit einem Ruck vollziehen, oder der Mitnehmer kann ausgezogen und unter Gefährdung der Arbeiter in die Strecke geschleudert werden. Unbeladene Wagen können entgleisen, wenn sie vom Seil hochgehoben werden. Ausgeschliffene Mitnehmer genannter Bauart werden durch Einlegen eines Ringes wieder hergestellt.

Die in den Abb. 10, 11 und 12 dargestellten Mitnehmer sind deutschen Ursprungs, auf englischem Grundgedanken beruhend. Der Kollmann'sche Mitnehmer

(Abb. 10) hat zweiteiligen Schaft und drehbaren Oberteil. Der Mitnehmer Abb. 11 ist der Firma Grimberg u. Wolff in Bochum gesetzlich geschützt und hat an Stelle des U-förmig gebogenen oberen Teiles einen S-förmigen Schaft. Die Anordnung Abb. 12 ist der Firma C. W. Hasenclever Söhne in Düsseldorf geschützt.

Die Mitnehmer Abb. 9 u. 10 eignen sich nur für Krümmungen, welche im gleichen Sinne verlaufen, während die in Abb. 11 und 12 dargestellten Mitnehmer auch für Strecken mit Krümmung und Gegenkrümmung anwendbar sind. Das Anbringen der Mitnehmer an den Kopfwänden bedingt häufig deren Verstärkung, z. B. durch Anwendung einer Stahlgußquerversteifung. Ein Querbügel in der Mitte des Wagens entlastet die Kopfwände und schützt sie vor dem Eindrücken.

Regelung der Wagenabstände. Bei Förderung mit Oberseil ist es für den ungestörten Betrieb in der Strecke sowohl, als auch für die Regelmäßigkeit des Gesamtbetriebes der Grube von Wichtigkeit, daß die Wagen in möglichst gleichmäßigen Abständen an das Seil geschlagen werden. Um dies zu bewirken, wird auf durchschnittlichen Wagenabstand vom Anschlagpunkt aus eine dem Anschläger gut sichtbare Marke (Pfahl, Farbenstrich, brennende Lampe) angebracht. Sobald der zuletzt eingestellte Wagen die Marke erreicht hat, wird ein neuer eingeschoben. Auch Glockensignale kommen bisweilen zur Anwendung, wobei der letzte Wagen, bei der Marke angelangt, durch Winkelhebel und Zug eine Glocke neben dem Anschläger bethätigt. Der durch die Wagenräder bewegte Winkelhebel wird durch eine Feder in seine frühere Lage zurückgedrückt.

Anschlagpunkte sind diejenigen Stellen, an welchen beladene Wagen an das Seil gekuppelt (angeschlagen) werden. Befinden sich solche in einer Förderstrecke, so ist es im Allgemeinen zweckmäßig, das Gleis für die leeren Wagen auf diejenige Seite der Strecke zu legen, auf welcher sich die Anschlagpunkte befinden.

Krümmungen können oft, unter Anwendung großer Krümmungshalbmesser und annähernd gleicher Wagenabstände, ohne Seilführungsrollen durchfahren werden. Für den billigen Betrieb ist es von großem Vorteil, wenn in Krümmungen kein Aufsichtspersonal nötig ist, um ausgelöste Wagen wieder an das Seil zu schließen. Zur Führung des Seiles wird über jedem der beiden Gleise eine der Länge und Beschaffenheit der Krümmung entsprechende Anzahl Rollen mit lotrechter Achse (Abb. 13) eingebaut. Die Entfernung der Rollen von einander ist so zu bemessen, daß der wirkliche Verlauf der Seillinie dem theoretischen möglichst gleich kommt. Die meist aus Gußeisen hergestellte Rolle erhält Schmierung durch eine Bohrung der festen Achse. Die nach unten verjüngte Rolle schließt mit einem das Seil tragenden Wulst, während eine Rippe des Hängebockes das Abspringen nach oben (infolge des Dralles) verhindert. Der Firma Jorissen & Co. in Düsseldorf ist eine Rolle in Verbindung mit einer hohlkegelartigen Säule als Hängebock geschützt.

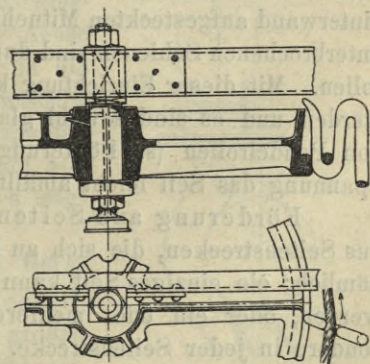


Abb. 13. Seilführung in Krümmungen.

Der Rollendurchmesser schwankt zwischen 300 und 1000 mm, gewöhnlich beträgt er 500 mm. Grosse Rollen sind für Erhaltung des Seiles und Verminderung des Bewegungswiderstandes günstig, sie vermehren aber die Querträgerbelastung,

nutzen sich an der unteren Lauffläche stark ab und sind schwer auszuwechseln. Kleine Rollen sind billig, aber starkem Verschleiß unterworfen.

Das Wiederauflegen wird nur dann gewährleistet, wenn das Seil auf der Rolle etwas tiefer liegt als im Mitnehmer. Auf englischen Gruben wird, um das Wiedereinlegen des Seiles in die Rollen mit Sicherheit zu erreichen, vor der ersten Rolle eine schwingende Schranke nach Abb. 14 eingebaut. Gewöhnlich liegt das

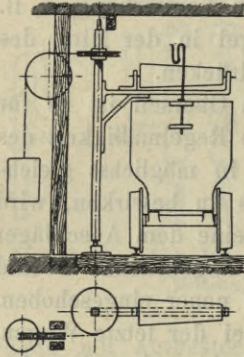


Abb. 14.

Seilführung mittels Schranke.

Seil auf der kegelförmigen Rolle, kommt aber ein Wagen, so schiebt er die Schranke in der Bewegungsrichtung bei Seite, indem der Mitnehmer gleichzeitig das Seil hebt. Ein beim Drehen gehobenes Gewicht bringt die Schranke in ihre frühere Lage zurück. Infolge Ablenkung von seiner ursprünglichen Richtung erfährt das Seil an jeder Rolle eine Verbiegung, die wesentlich verstärkt wird, sobald ein Mitnehmer mit einer Rolle in Berührung tritt. Da diese Verbiegung um den Mitnehmer herum erfolgt, sich außerdem bei jeder Rolle wiederholt, so ist deren schädliche Wirkung auf das Seil nicht zu verkennen; dieser Nachteil wird aber dadurch abgeschwächt, daß die Anschlußstellen zwischen Mitnehmer und Seil im Betriebe immer wechseln. Die Anwendung von Holzfutter für die Rollen vergrößert die Abnutzung und daher auch das Abheben, somit das Biegen des Seiles. Die Kosten

des Ersatzes des sich stark abnutzenden Rollenkranzes bilden einen großen Posten in der Streckenunterhaltung.

Eine besondere Einrichtung zum Durchfahren von Krümmungen ist die nach Forster benannte. Sie ist dem kgl. Maschinenwerkmeister Forster auf Grube Altenwald bei Saarbrücken patentiert. Beim Übergang von einer in die andere Streckenrichtung befindet sich eine einzige, möglichst große Rolle. Die Förderwagen bleiben auch während des Durchfahrens der Krümmung mit ihrem, an der Wagenhinterwand aufgesteckten Mitnehmer angeschlossen. Die auf die Länge der Krümmung unterbrochenen Schienen sind durch Blechplattenbelag ersetzt, auf dem die Spurkränze rollen. Mit dieser Einrichtung können sehr scharfe Krümmungen leicht überwunden werden und es sind sowohl glatte, als auch Knotenseile zulässig. Das Anbringen von Pendelrollen (s. Förderung mit Knotenseil) empfiehlt sich, da bei schwacher Spannung das Seil leicht abfällt.

Förderung aus Seitenstrecken. Der maschinelle Betrieb der Förderung aus Seitenstrecken, die sich an Hauptstrecken anschließen, gestattet zwei Verfahren, nämlich: ein einziges Seil kann von der Maschine aus durch beide Strecken geführt werden, oder ein oder mehrere endlose Seile liegen in der Hauptstrecke und besondere in jeder Seitenstrecke. Das erstgenannte Verfahren hat den Nachteil, daß stets alle Strecken in Betrieb, oder bei Störungen in Ruhe sind; ferner ist in den Seitenstrecken der Betrieb meist nicht so regelmäßig wie in der Hauptstrecke, die Wagenabstände werden zu groß und das Seil schleift auf der Streckensohle, wenn nicht besondere Tragrollen eingebaut sind. Überdies muß das Seil überall denselben Durchmesser, entsprechend der größten Spannung erhalten, was die Anschaffungskosten bedeutend erhöht, aber auch gestattet, überall dieselben Mitnehmer zu verwenden.

Förderung ohne selbstthätige Wagenauslösung.

Dieses Verfahren steht in Oberschlesien und Westfalen in Anwendung. Das Anschlagen der durch Kette mitgenommenen Wagen geschieht in gleicher Weise wie bei dem vorher beschriebenen Verfahren. Zum Lösen wird der Wagen ebenfalls auf eine schiefe Ebene geführt und die schlaff gewordene Kette zuerst vom Seil und dann vom Wagen gelöst. Der Vorteil dieser Förderart besteht darin, daß das Seil weder verbogen, noch gequetscht wird und die Wagen keiner Einrichtung zur Aufnahme der Mitnehmer bedürfen. Nachteilig ist, daß bei schwachen Seilen der Anschluß weniger sicher erfolgt als bei starken und daß bei Drehungen des Seiles die Kette sich aufwickelt, dadurch den Wagen hebt und zum Entgleisen bringt. Ein weiterer Übelstand besteht in der zahlreichen Bedienungsmannschaft, weil wachsende Fördermenge und Geschwindigkeit mehr Anschläger erfordern.

Anschlagpunkte. Um das Entnehmen der leeren und das Einstellen der beladenen Wagen zu erleichtern, wird das Seil durch eine Rolle von der in Abb. 15 gezeichneten Bauart hochgeführt. Die zu entnehmenden Wagen werden vor der Rolle abgekuppelt, die weiter gehenden bleiben angeschlossen. Ein flügelartiger Abweiser lenkt in letzterem Fall die Kette seitlich, damit sie sich nicht auf die Rolle aufwickelt, während die Zähne des nach dem Abweiser hin liegenden kleineren Rollenrandes die Kuppelungskette sicher vorbeiführen.

Krümmungen bieten dem Durchfahren auch bei dieser Förderart keinerlei Schwierigkeiten. In schwachen Krümmungen von geringer Länge kann die Ablenkung des Seiles durch Anwendung einer Rolle nach eben beschriebener Bauart bewirkt werden, wenn deren Achse eine der Größe der Ablenkung entsprechende Neigung erhält. Stärkere Krümmungen erfordern Rollen mit senkrechter Achse nach Abb. 16, doch ist ihre Zahl zu beschränken, da die Gefahr der Lockerung oder Lösung der Verbindung zwischen Kuppelkette und Seil mit der Zahl der Berührungspunkte wächst. Andererseits muß durch eine genügende Zahl von Rollen dafür gesorgt werden, daß der Weg des Seiles möglichst gleich demjenigen des Wagens sei.

§ 3. Seilbahnen für Güterbeförderung in Bergwerken (Fortsetzung).

b. Förderung mit Knotenseil.

Das Knotenseil verdankt seine Entstehung den großen Schwierigkeiten, die bei der Anordnung einer brauchbaren Verbindung der Wagen mit dem glatten Seil auftreten. Das Förderseil erhält in Abständen, welche der durchschnittlichen Wagenentfernung entsprechen, künstliche Verdickungen oder Knoten, welche sich an die Mitnehmer legen und so die Wagen mit sich führen.

In vollkommen söhligem, aber nur nach einer Richtung hin geneigten Strecken genügt für jeden Wagen ein Knoten, kommen dagegen Steigungen und Gefälle vor, so muß ein zweiter Knoten, der sogen. Gegenknoten den Wagen festhalten. Bei

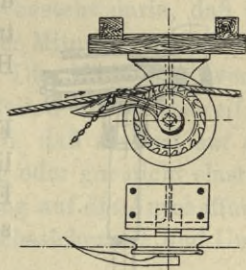


Abb. 15. Seilführung bei Anschlagpunkten.

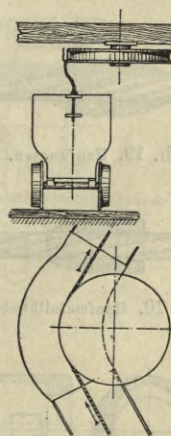


Abb. 16. Seilführung in Krümmungen.

starker Beanspruchung, z. B. bei aufwärts gehender Förderung, wird häufig unmittelbar hinter dem ersten Knoten noch ein Sicherheitsknoten angebracht, so daß der Doppelknoten entsteht. Der in der Schaftachse liegende, meist gabelförmige Mitnehmer verbiegt und klemmt das Seil nicht. Abb. 17 zeigt einen Mitnehmer aus Vierkanteisen, dessen Gabel, zur Verminderung der Seilablenkung von der Rolle beim Durchfahren von Krümmungen, aus zwei möglichst dünnen Lappen gemacht werden muß. Bei Anwendung der später zu beschreibenden Pendel- und Sternrollen (Abb. 22, 23 und 24) empfiehlt es sich, den Mitnehmerschaft aus Rundeisen herzustellen, oder wenigstens den mit der Rolle in Berührung tretenden Teil rund oder elliptisch zu machen.

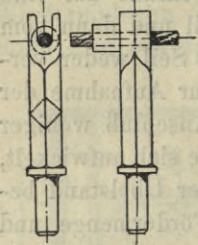


Abb. 17. Seilgreifer.

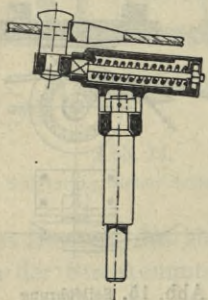


Abb. 18.

Elastischer Seilgreifer.

In Abb. 18 ist ein der Firma Jorissen & Co. in Düsseldorf gesetzlich geschützter Mitnehmer mit elastischem Anzuge dargestellt. Die Feder soll die beim Einstellen der Wagen auftretenden Stöße aufheben, oder doch mildern und dadurch die Haltbarkeit von Seil und Knoten erhöhen.

Die Endpunkte der Förderstrecke sind ebenso wie für Förderung mit glattem Seil eingerichtet. Zahlreiche Versuche lieferten auch beim Knotenseil keine vollständig befriedigenden Ergebnisse, mit in das Seil eingesponnenen Knoten wurden sogar ungünstige Erfahrungen gemacht.

Die jetzt noch im Gebrauch stehenden Knoten lassen sich in Hanfknoten, Hanfmetallknoten und Metallknoten einteilen. Die ausgedehnteste Anwendung findet der in Abb. 19 dargestellte Hanfknoten. Er wird aus abwechselnden Lagen von Hanf, Hanfschnur und Pech, welch' letzteres jedoch nicht immer angewendet wird, hergestellt. Die Decke bildet ein geglätteter Pechüberzug. Bei sölhlicher Förderung beträgt die Knotenlänge 80 bis 100 mm.



Abb. 19. Hanfknoten.



Abb. 20. Hanfmetallknoten.

Ein der Firma Jorissen & Co. geschützter Hanfmetallknoten (Abb. 20) besteht aus doppelkegelförmiger Umwicklung von geteertem Hanf, über die von derjenigen Seite, auf welcher der Mitnehmer angreift, eine Eisenmuffe geschoben wird, deren grobes Gewinde sich in den Hanf eindrückt. Ein ähnlicher Knoten besteht aus drahtumwickeltem Hanf (1 bis 1,2 mm Drahtdurchmesser).

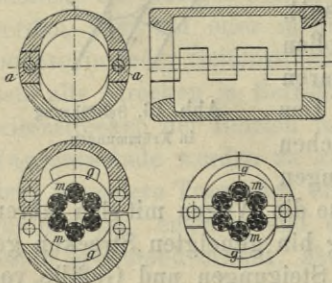


Abb. 21. Metallknoten nach Bleichert.

Die Metallknoten einfachster Art bestehen aus cylindrischen schmiedeisernen Muffen, welche durch einen beiderseitig vernieteten Stift festgehalten und vor dem Zusammenspleißen über das Seil geschoben werden. Der in Abb. 21 dargestellte Bleichert'sche Metallknoten kann nach dem Zusammenspleißen aufgesetzt werden und besteht aus einer an den Enden cylindrisch, in der Mitte länglich rund ausgehöhlten, zweiteiligen Stahlhülse, die durch die Längsstifte *aa* zusammengehalten

wird. In die Mittelhöhlung der Hülse sind Metalleinlagen *mm* mit Vertiefungen zur Aufnahme der Seillitzen eingepaßt. *gg* sind Einlagen aus besonders zubereitetem hartem, aber noch elastischem Gummi. Eine kräftige Schraubendruckmaschine dient zum Aufbringen der beiden Muffenhälften. In den geraden Strecken üben die Knoten um so weniger schädlichen Einfluß aus, je geringer die Einsenkung des Seiles zwischen den Wagen ist. Beim Uebergang über Leitrollen, vorzugsweise aber auf der Antriebstrommel, erleiden die Drähte des Seiles vor und hinter jedem Knoten Verbiegungen, die um so stärker ausfallen, je dicker, länger und unelastischer der Knoten und je geringer der Rollen- oder Trommeldurchmesser ist. Da das Seil in den Mitnehmern reibt, müssen die Knoten von Zeit zu Zeit versetzt werden. Aus diesem Grunde haben sich die eingesponnenen Knoten nicht bewährt. Hanf- und Hanfmetallknoten mit ihrer geringen Haltbarkeit bieten genug Grund zum Versetzen; sie sind elastischer als Metallknoten und gehen deshalb ruhiger über die Scheiben weg. Sie sind sehr billig und können von jedem Grubenarbeiter leicht hergestellt werden. Hanfknoten haben eine Gebrauchsdauer von höchstens 3 bis 4 Wochen, oft aber nur von wenigen Tagen. Ein Nachteil besteht darin, daß sich der Hanf zuweilen zwischen das Seil und die Wandungen der Mitnehmergabel preßt und so das selbstthätige Auslösen des Seiles verhindert. Die Mitnehmer werden dann häufig aus den Ösen gezogen und müssen vor den Rollen durch Abstreifvorrichtungen entfernt werden. Metallknoten haben den Vorteil, daß sie fest auf dem Seile sitzen und unbedingtes Auslösen sichern. Da sie wenig oder gar nicht elastisch sind, verderben sie trotz häufigen Versetzens das Seil. In Bezug auf die Anschaffungskosten ist der Metallknoten der teuerste, in Bezug auf Betriebssicherheit und Unterhaltung dagegen der billigste.

Anschlagpunkte haben im allgemeinen dieselbe Einrichtung wie bei der Förderung mit glattem Seil. Bei solchen von untergeordneter Bedeutung wird das

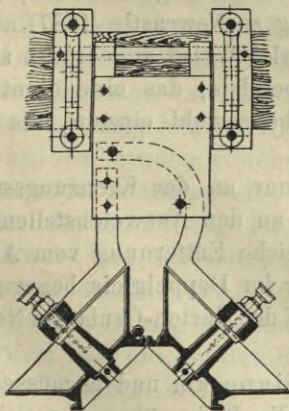


Abb. 22. Pendelrolle von C. W. Hasenclever Söhne.

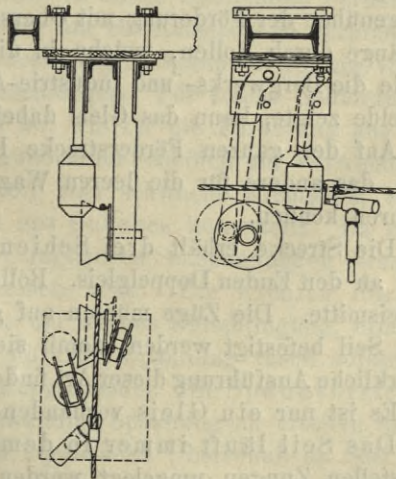


Abb. 23. Pendelrolle von Jorissen & Co.

Seil von Hand in die Mitnehmer gelegt und aus denselben genommen. Pendelrollen halten das Seil stets in gleicher Höhe und gestatten überdies den an einem Anschlagpunkte nicht entnommenen, also durchgehenden Wagen am Seil angeschlossen

zu bleiben. Die Pendelrolle Abb. 22 ist der Firma C. W. Hasenclever Söhne in Düsseldorf patentiert. Der Mitnehmer drückt die eine Rolle zur Seite, geht durch und läßt sie hinter sich wieder unter das Seil fallen. Jorissen & Co. bauen die in Abb. 23 dargestellte, ähnlich eingerichtete Pendelrolle. In Strecken, wo regelmäßige Wagenabstände nicht eingehalten werden können, verhindern in bestimmten Entfernungen als Tragrollen eingebaute Pendelrollen das Schleifen des Seiles auf der Streckensohle.

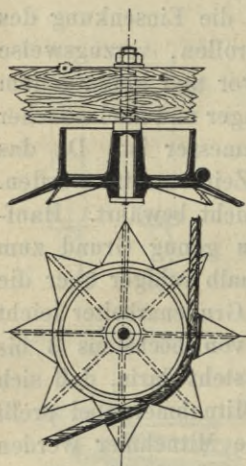


Abb. 24.
Dinnendahl's Sternrolle.

Krümmungen werden mit dem Knotenseil in derselben Weise durchfahren, wie mit glattem Seil. In schwachen Krümmungen genügen einfache Rollen mit schräg gestellter Achse, auch Pendel- und Sternrollen, für stärkere Krümmungen werden Rollen nach Abb. 13, Seite 99 angewendet.

Die Dinnendahl'sche Sternrolle (Abb. 24) besteht aus der eigentlichen Seilführungsrolle und aus dem Sterne. Beide Teile sitzen lose auf der in einem Querträger befestigten Achse. Die Zacken des Sternes verhüten das Herabfallen des Seiles, und führen es immer wieder der Seilrolle zu. Die Mitnehmer stoßen gegen die einzelnen Zacken des Sternes, drehen diesen um einen gewissen

Winkel und bringen so immer einen Zacken als Träger unter das Seil. Bei starker Seilspannung sind Sternrollen entbehrlich.

2. Förderung mit Unterseil.

Diese Förderart wird neben der Förderung mit Vorder- und Hinterseil zur Zeit in England und Schottland noch vielfach angewendet. Der wesentliche Unterschied gegenüber der Förderung mit Oberseil besteht darin, daß das Seil auf seiner ganzen Länge durch Rollen, welche in die Streckensohle eingebaut sind, getragen wird. Wie die Bergwerks- und Industrie-Ausstellung zu Newcastle (1887) auf einem Versuchsfelde zeigte, kann das Gleis dabei in dreierlei Weise angeordnet sein:

a) Auf der ganzen Förderstrecke liegt Doppelgleis, das eine dient für die beladenen, das andere für die leeren Wagen, welche sowohl einzeln, als auch in Zügen fahren können.

b) Die Strecke erhält drei Schienen und nur an der Kreuzungsstelle der Züge und an den Enden Doppelgleis. Rollen leiten an den Ausweichstellen das Seil in die Gleismitte. Die Züge müssen auf genau gleiche Entfernung vom Ausweichplatze am Seil befestigt werden, damit sie sich nur im Doppelgleis begegnen. Die einzige wirkliche Ausführung dieser Art findet sich auf der Harton-Grube bei Newcastle.

c) Es ist nur ein Gleis vorhanden:

1. Das Seil läuft immer in demselben Sinne um und es müssen in den Ausweichstellen Zungen umgelegt werden, damit die Räder über das Seil laufen können.

2. Das Seil läuft abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen. Das eine Seiltrum wird zwischen den Schienen geführt, das andere seitlich; die Ausweichstellen sind auf genau gleiche Entfernungen vom Anfangspunkte angelegt. An der Ausweiche angekommen, werden die Seilenden ausgewechselt, worauf durch

Ändern der Bewegungsrichtung die Züge ihren Weg fortsetzen. Diese, schon von Prof. J. von Hauer in ähnlicher Weise in Vorschlag gebrachte Förderung gleicht derjenigen mit Seil und Hinterseil, erspart aber ein Drittel an Seillänge. Die Anordnungen b) und c) kommen weniger in Betracht als a).

Nur wenige Gruben des europäischen Festlandes haben Förderung mit Unterseil, wogegen England und Schottland zahlreiche Ausführungen dieser Art aufweisen.

Antrieb. Behufs Vermeidung unnötiger Seilbiegungen werden Betriebsmaschine und Antrieb zweckmäßig in die Verlängerung der Förderbahn gelegt. Die

beladenen Wagen gehen kurz vor dem Auslösen eine kleine schiefe Ebene hinauf und laufen dann selbstthätig dem Füllorte zu. Von der Dampfmaschine *a* (Abb. 25) wird durch Riemen *b* und Zahnradgetriebe *c* (bei großen Anlagen nur durch Zahnräder) die Antriebswelle *d* be-

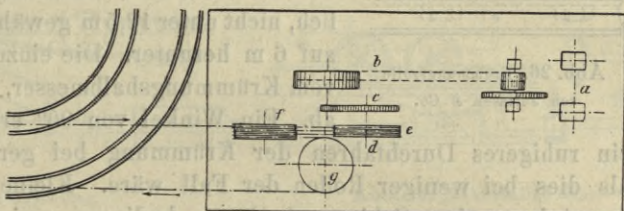


Abb. 25. Antriebsstelle.

wegt. Letztere trägt die mehrrillige Antriebscheibe *e*, dieser gegenüber liegt die vorgelegte Scheibe *f*. *g* ist die oft als Spannscheibe eingerichtete Umführungsrolle. Die Spannvorrichtung kann auch am Streckenende angebracht werden. Für die Betriebsmaschinen kommt Dampf, Preßluft oder Elektrizität zur Anwendung.

Bei den ersten Anwendungen des endlosen Seiles als Zugmittel wurde meist das Fowler'sche Lippenklemmrad zum Seilantriebe benutzt, es bewährte sich aber infolge großen Seilverschleißes und teurer Anschaffung nicht. Jetzt werden gewöhnlich Holzfutter oder Hanfeinlagen verwendet.

Da die Spannung des ablaufenden Seiles in einem bestimmten Verhältnis zur Spannung des auflaufenden Seiles stehen muß, um ein Rutschen zu verhindern, so wird das ablaufende Seiltrum mit einer selbstthätigen Spannvorrichtung versehen, oder das Seil mehrmals um die Scheiben geschlungen. Für solche Seilförderungen, bei denen keine große Zugkraft erforderlich ist, wie für die Förderung aus kurzen Seitenstrecken, kommen zuweilen einfache, gußeiserne Scheiben zur Verwendung, in deren keilförmig ausgedrehtem Kranz das Seil eine schwache Klemmung erleidet. Die Leitscheiben werden gewöhnlich ganz aus Gußeisen hergestellt. Da sich die einzelnen Rillen der Antriebscheibe infolge der ungleichen Seilspannungen verschieden abnutzen, ist die Anordnung loser Leitscheiben nötig. Ein Kreuzen des Seiles zwischen Antrieb- und Leitscheiben, an Stelle der offenen Umschlingung, erhöht den Verschleiß, weil das Seil im Zustande der stärksten Spannung rasch aufeinanderfolgende Biegungen in entgegengesetzter Richtung erleidet. Die Spannvorrichtung dient dazu, dem Seil die für den Betrieb notwendige Spannung zu erteilen und den im Laufe des Betriebes infolge Dehnung sich ergebenden Überschuß an Seil aufzunehmen. Sie ist entweder selbstthätig, oder von Hand stellbar; im ersteren Fall erfordert sie viel Raum, im letzteren wird das Seil oft zu stark gespannt, was großen Verschleiß zur Folge hat. Eine Verbindung beider Vorrichtungen ist sehr zweckmäßig. End- oder Rückleitungsscheiben werden entweder ganz aus Gußeisen gefertigt, oder mit einem Holzkranz versehen.

Trag- und Krümmungsrollen, mit höchstens 10 m Entfernung in der

Streckensole auf Querschwellen gelagert, unterstützen das Seil; sie bestehen aus Holz, Grauguß oder Stahlguß. Unter den verschiedenen in Anwendung gekommenen

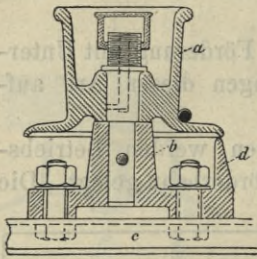


Abb. 26. Krümmungsrolle
von Jorissen & Co.

Krümmungsrollen heben wir nur die folgende, von Jorissen & Co. angewendete hervor. Die eigentliche Stahlgußrolle *a* (Abb. 26) ist nach unten verjüngt und trägt oben einen Wulst, um das Hochlaufen des Seiles zu verhüten. Der Rollendrehzapfen ist in das auf der Querschwelle *c* befestigte Graugußstühlchen *b* gesteckt. Die auf der Druckseite des Seiles befindliche Rippe *d* dient dem abgerutschten Seil als Führung auf die Rolle. Die Krümmungshalbmesser werden, wenn möglich, nicht unter 12,5 m gewählt, gehen aber ausnahmsweise bis auf 6 m herunter. Die einzubauende Rollenzahl hängt nicht vom Krümmungshalbmesser, sondern vom Ablenkungswinkel ab. Ein Winkel von 90° erfordert 12 bis 15 Rollen, welche

ein ruhigeres Durchfahren der Krümmung bei geringerem Seilverschleiß sichern, als dies bei weniger Rollen der Fall wäre. Kleine Spurweiten und geringe Höhe der Achsen über Schienenoberkante bedingen geringe Durchmesser, somit größere Umfangsgeschwindigkeiten der Trag- und Krümmungsrollen, was sorgfältige Schmierung notwendig macht. Da die Lager, ihrer geringen Höhe zufolge, leicht verschmutzen, worauf sich die Zapfen nicht mehr drehen, müssen sie oft sorgfältig gereinigt werden.

Kuppelungsvorrichtungen. Wird mit ganzen Zügen gefördert, so erhalten dieselben vorn einen an das Seil gekuppelten Zugwagen mit Führer. Sind die Förderstrecken nicht wagrecht, so empfiehlt es sich, den Zug auch hinten mit dem Seil zu kuppeln, entweder durch Anschließen des letzten Wagens oder Einstellen eines zweiten Führerwagens. Züge von 10 bis 20 Wagen fahren mit einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde. Diese Art der Förderung wird dadurch verteuert, daß jeder Zug einen tüchtigen Führer erfordert, was durch Anwendung von Kuppelungsvorrichtungen vermieden werden kann.

Die einfachste Vorrichtung dieser Art, und zwar zum Kuppeln ganzer Züge, besteht aus einer Zange mit Ring, welche eine Rille zur Aufnahme des Seiles hat. Sie eignet sich nicht zum Durchfahren scharfer Krümmungen ohne Seilauslösen, doch

kann der Führer sie öffnen, worauf der Zug selbstthätig die Krümmung durchläuft und hinter derselben wieder an das Seil geschlossen wird. Eine ähnliche Kuppelung besteht aus Handrad und Schraube mit Rechts- und Linksgewinde. Abb. 27 zeigt wieder eine andere Form. Die Bent Colliery bei Hamilton hat u. a. nebenstehende, kräftig

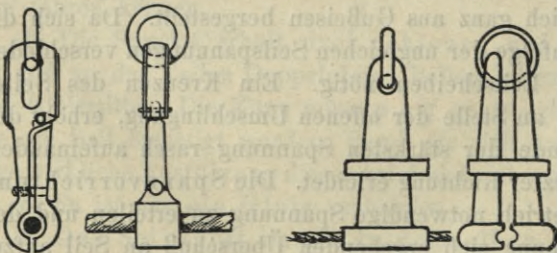


Abb. 27 u. 28. Kuppelungsvorrichtungen.

wirkende Vorrichtung (Abb. 28), welche gestattet, Krümmungen ohne Seilauslösen zu durchfahren und Zwischenanschlagpunkte einzuschalten. Sie stellt sich schief zum Seil, bewirkt, allerdings nicht zu dessen Vorteil, zwei Knickungen und verhindert dadurch ein Durchrutschen. Das selbstthätige Lösen erfolgt durch

Auflaufen des Schließbundes auf eine geneigte, mit Schlitz versehene Platte (Abb. 29). Eine andere Art der selbstthätigen Kuppelung erfolgt nach der in Abb. 30 dargestellten Anordnung, wobei das Seil durch eine Seitenverschiebung der Drehachse, bewirkt durch eine kleine Rolle, ein- und ausgehoben wird. Zum Einkuppeln hebt der mit Führungsrad versehene Doppelhebel das Seil.

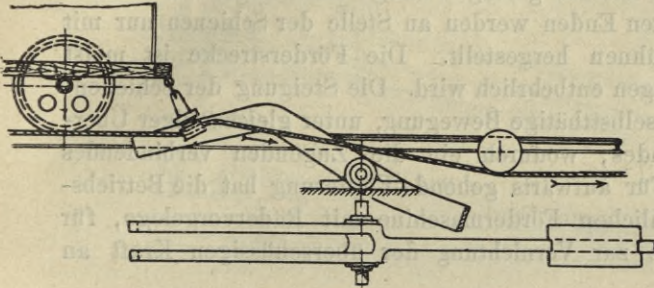


Abb. 29. Lösung der Kuppelung.

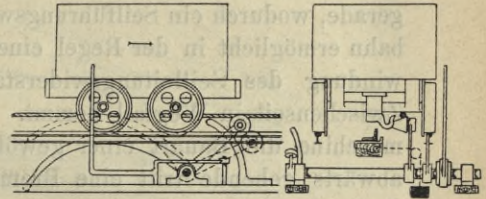


Abb. 30. Selbstthätige Kuppelung.

Die folgenden Klemmen finden vorzugsweise in England Anwendung, stehen aber hinter den deutschen zurück. Abb. 31, eine von Rice erfundene Klemme der Eisensteingrube Hodbarrow in Cumberland, wird von Hand geöffnet und geschlossen. Die Fisher'sche Klemme (Abb. 32) von der Castle Eden-Grube in Durham für 4500 m

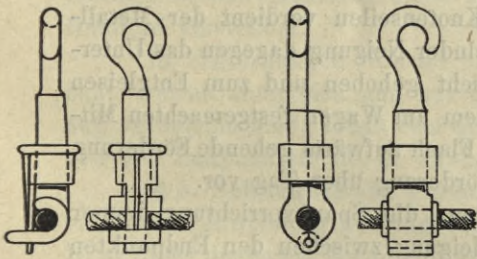


Abb. 31. Klemme von Rice. Abb. 32. Klemme von Fisher.

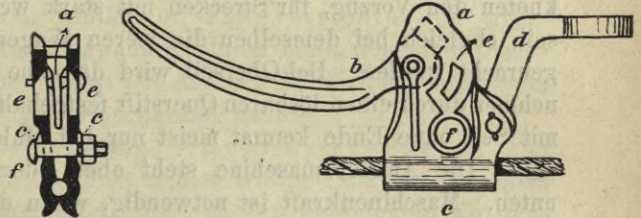


Abb. 33. Klemme von Smallman.

Förderlänge angewendet, besteht aus einer Zange mit übergeschobenem Ring. Die in Abb. 33 abgebildete Klemme von Smallman ermöglicht in Steigungen von 1:60 zu fahren und wird auf den Gruben der Whitburn-Gesellschaft bei Marsden in Durham benutzt. Sie besteht aus zwei Backen *e*, die um *f* beweglich sind. Wird der mit zwei starken Nasen *a* versehene Hebel *b* nach abwärts gedrückt, so gehen die Backen oben auseinander und klemmen unten das Seil fest. Zum Lösen ist nur erforderlich, *b* so weit zu heben, daß die Nasen *a* in die Schlitze *e* kommen, wodurch sich die Backen infolge der Seilspannung unten von einander entfernen. Verschiedene andere Vorrichtungen sind ähnlich gebaut, darunter einige, bei welchen der Hebel *b* mit Nasen *a* durch einen Hebel mit Keil ersetzt ist.

Auf den zahlreichen Seilrampen der Anthracitgruben Pennsylvaniens wird der Kohlenzug nicht unmittelbar an das Seil gehängt, sondern vor einen, an demselben hängenden Blindwagen (dummy) gesetzt. Dieser hat sein schmales Gleis, welches am Rampenfuß stark nach unten abfällt, innerhalb des Hauptgleises. Dort angelangt, läßt der Blindwagen den Zug frei weiter laufen, um hinter den bergwärts gehenden

Zug zu treten. Die beiden Blindwagen hängen an einem Seil, welches am oberen Streckenende auf die Antriebsrolle geschlungen ist. Ein Unterseil mit Spannwagen giebt dem Hauptseil die notwendige Spannung¹¹⁾.

§ 4. Seilbahnen für Güterbeförderung. Bremsberge (Flache Förderung).

— Die doppelt wirkende Förderung mit offenem Seil wird sowohl aufwärts, als auch abwärts benutzt und es fahren bei der geringen Länge meist Züge von vier bis fünf, höchstens zehn Wagen. An den Enden werden an Stelle der Schienen nur mit Plattenbelag versehene Anschlagbühnen hergestellt. Die Förderstrecke ist meist gerade, wodurch ein Seilführungswagen entbehrlich wird. Die Steigung der Schienenbahn ermöglicht in der Regel eine selbstthätige Bewegung, unter gleichzeitiger Überwindung des Seilleitungswiderstandes, wodurch ein die Zugenden verbindendes Zwischenseil in Wegfall kommt. Für aufwärts gehende Förderung hat die Betriebsmaschine die Bauart einer gewöhnlichen Fördermaschine mit Rädervorgelege, für abwärts gehende tritt eine Bremse zur Vernichtung der überschüssigen Kraft an Stelle der Maschine.

Die flache Förderung mit Seil ohne Ende erfolgt genau in derselben Weise wie die söhlige Förderung, es kommen dabei Oberseil (glattes und Knotenseil), sowie Unterseil zur Anwendung. Das geschlossene Seil findet deshalb wenig Verwendung, weil es an den Anschlußstellen sehr leidet, in Mulden die Mitnehmer verläßt und so Störungen mit schlimmen Folgen einleitet. Glatte Seile leiden weniger als Knotenseile und werden meist vorgezogen.

Die Kuppelungs- und Auslösvorrichtungen der Förderung mit Ober- oder Unterseil finden unverändert Anwendung. Bei Knotenseilen verdient der Metallknoten den Vorzug, für Strecken mit stark wechselnder Neigung dagegen das Unterseil, obgleich bei demselben die leeren Wagen leicht gehoben und zum Entgleisen gebracht werden. Bei Oberseil wird dasselbe in dem am Wagen festgemachten Mitnehmer durch einen lösbaren Querstift festgehalten. Flach aufwärts gehende Förderung mit Seil ohne Ende kommt meist nur bei Haldenförderung über Tag vor.

Die Antriebsmaschine steht oben oder unten, die Spannvorrichtung immer unten. Maschinenkraft ist notwendig, wenn die Neigung zwischen den Endpunkten weniger als 2 bis 3° beträgt. Ist die Neigung stärker und die Zahl der abwärts gehenden beladenen Wagen nicht zu klein, so tritt ein Kraftüberschuß ein, der ausreicht, um den Bewegungswiderstand der aufwärts gehenden leeren Wagen, sowie der ganzen mechanischen Anlage zu überwinden und es ergiebt sich dann die selbstthätige, abwärts gehende Förderung, oder Bremsbergförderung. An Stelle der Maschine tritt die Bremse, mit deren Hilfe der Überschuß über die zum Betriebe erforderliche Kraft vernichtet wird.

Das Handbuch der Ingenieurwissenschaften zeigt im Band I, Abt. 2, Taf. IV eine Bremsberganlage mit offenem Seil, wie sie beim Bau der württembergischen Schwarzwaldbahn Anwendung fand. In Abb. 34 ist die Einrichtung eines Bremsberges mit Oberseil, ausgeführt auf der Grube Hohenzollern bei Beuthen in O.-S., dargestellt. Der Bremsberg hat eine flache Länge von 305 m bei durchschnittlicher Neigung von 5°. Das Seil von 16 mm Durchmesser ist in Abständen von 20 m mit Hanfmetallknoten (Hanf und Draht) versehen und ruht in federnden, an den Kopfenden der Wagen aufgesteckten Gabeln. Die Bremsvorrichtung ist am oberen

¹¹⁾ Reuleaux, Konstrukteur, 4. Aufl., S. 702—704.

Streckenende, seitlich der Schienenbahn eingebaut. Auf einer stehenden Welle W sitzen die gußeiserne Trommel T , um welche das Seil mit annähernd $\frac{3}{4}$ Umschlingung gelegt ist und die gußeisernen Brems scheiben B_1 und B_2 . Das Seil ruht nicht auf dem Grund der keilförmigen Nut, sondern erleidet eine leichte Klemmung. l_1 und l_2

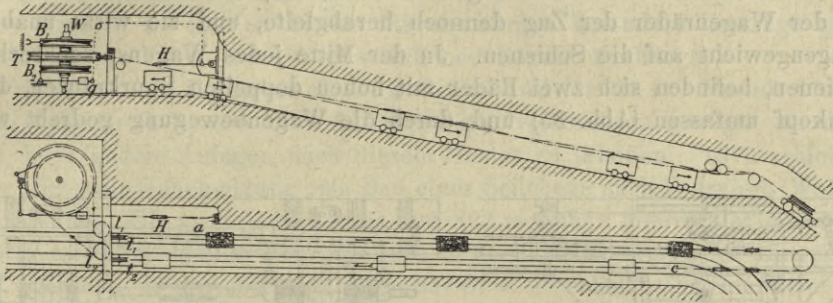


Abb. 34. Bremsberg mit Oberseil.

sind Leitrollen, t_1 und t_2 Tragrollen. Die beladenen Wagen werden bei a , die leeren bei c an das Seil geschlagen. Die zu B_1 gehörige Bremsvorrichtung wird durch Hebelübersetzung und das Gewicht q geschlossen gehalten. Der längs eines gekerbten Führungsbogens gleitende Hebel H ermöglicht mittels Kette ein Heben und Senken von q , somit ein Öffnen oder Schließen der Bremse. Die zu B_2 gehörende Bremsvorrichtung dient zur Aushilfe und ist mittels Schraubenspindel und Handrad verstellbar.

In Entfernungen von 30 bis 50 m werden oft Fangvorrichtungen eingebaut, welche unter sich und mit den Anschlagpunkten durch einen doppelten Drahtzug verbunden sind, sodaß eine derselben sofort die anderen in Wirkung setzt, oder von den Endpunkten aus in Thätigkeit gebracht werden kann.

§ 5. Seilbahnen für Personenbeförderung. — Lyon-Croix-Rousse. Der von 4000 Einwohnern besetzte Stadtteil La Croix-Rousse wurde 1862 mit dem etwa 70 m tiefer liegenden Hauptteile von Lyon durch eine, von den Ingenieuren Molinos und Pronier erbaute Seilbahn verbunden¹²⁾. Die geradlinige, 489 m lange Strecke hat ein Doppelgleis von 1,45 m Spurweite und ein Einheitsgefälle von 160 v. T. Die breitfüßigen Schienen liegen auf eichenen Langschwelen, diese auf Querschwellen. In den gedeckten Endhallen gabeln sich die mit 20 v. T. geneigten Gleise, die beiden inneren Stränge dienen dem Personen-, die äußeren dem Güterverkehr. Jeder Zug besteht aus drei Wagen. Die zweistöckigen Personenwagen von 12000 kg Leergewicht haben 108 Sitzplätze. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 2 m/sek. Zwei Dampfmaschinen von je 150 PS betreiben die Anlage vom oberen Ende aus, wobei die eine lediglich der Güterförderung dient. Das Seil ist fünfmal um die Trommel von 4,5 m Durchmesser und 3,375 m Länge gelegt. Ein regelmäßiges Auflaufen desselben wird durch Leitösen gesichert. Bremsbänder zur Geschwindigkeitsregelung können teils von Hand, teils durch Dampf angezogen werden. Das erste Seil bestand aus 252 in 7 Litzen angeordneten Gußstahlsträngen von 2 mm Durchmesser, wurde aber, da der verwendete Gußstahl die Biegung nicht gut aushielt, bald durch ein Eisendrahtseil ersetzt.

¹²⁾ Handbuch für Spec. Eisenbahn-Technik, V. Band, S. 497.

Zwei Arten von Bremsvorrichtungen treten bei Seilbruch selbstthätig wirkend ein, können aber auch durch den Schaffner ausgelöst werden. Die erste setzt sich aus 4 gewöhnlichen Bremsbacken zusammen, welche auf vorspringende, an den Laufrädern befestigte Scheiben wirken und durch 4 Gewichtshebel angedrückt werden. Die zweite Bremseinrichtung soll verhindern, daß bei vollständiger Feststellung der Wagenräder der Zug dennoch herabgleite, und sie wirkt unabhängig vom Wagengewicht auf die Schienen. In der Mitte jedes Wagens, senkrecht über den Schienen, befinden sich zwei Räder mit hohen doppelten Spurkränzen, die den Schienenkopf umfassen (Abb. 35) und durch die Wagenbewegung gedreht werden.

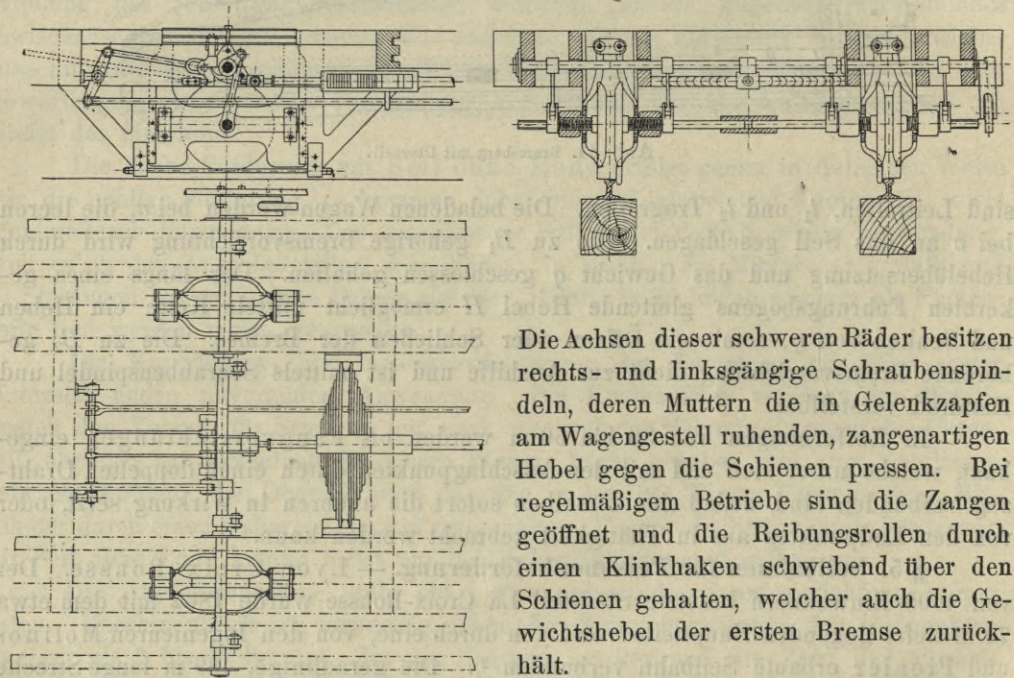


Abb. 35. Bremsvorrichtung (Lyon-Croix-Rousse).

Die Achsen dieser schweren Räder besitzen rechts- und linksgängige Schraubenspindeln, deren Muttern die in Gelenkzapfen am Wagengestell ruhenden, zangenartigen Hebel gegen die Schienen pressen. Bei regelmäßigem Betriebe sind die Zangen geöffnet und die Reibungsrollen durch einen Klinkhaken schwebend über den Schienen gehalten, welcher auch die Gewichtshebel der ersten Bremse zurückhält.

Das Zugseil faßt den obersten der drei Wagen eines Zuges an einer mittleren Zugstange, welche zunächst auf ein Paar Blattfedern wirkt. Sobald diese durch Seilbruch außer Spannung geraten, schnellt der Klinkhaken aus, dabei die Gewichtshebel der ersten und die Rollen der zweiten Bremse auslösend. Auf die Schienen fallend drehen sich die Rollen und pressen 4 Zangenpaare an die Schienenköpfe. Eine durchgehende Zugstange bringt die ähnlich eingerichteten Bremsen der übrigen Wagen zur Wirkung. Wiederholte Versuche bestätigten, daß die durch eine Zuggeschwindigkeit von 2 m/sek. erzeugte lebendige Kraft bei Seilbruch durch 2,5 m Bremsweg verzehrt wird.

Um den Zangen an den Schienen freien Durchgang zu geben, wurde von einer eigentlichen Laschung abgesehen und es wurden die Schienen unter dem Fuß durch eine Blechplatte vereinigt. Bemerkenswert ist die Vorrichtung, welche verhütet, daß beim Einfahren in die geringe Steigung des Bahnhofes die Bremsen in Folge der stark nachlassenden Seilspannung in Thätigkeit treten. Die Welle, an welcher

die verschiedenen Bremsen hängen und welche sich beim Niederfallen der Gewichtshebel und Räder drehen muß, ist nach der einen Seite verlängert und trägt hier an einem Hebel eine Rolle, welche, am Bahnsteig geführt, ein Herabsinken verhindert. Für den Güterverkehr dienen mit großer Brücke versehene Wagen, auf denen ein bespanntes Fuhrwerk Platz findet. Ihr Gewicht beträgt im beladenen Zustande etwa 15 t. In den ersten Jahren wurden besondere Lastzüge gebildet, später aber diese Wagen an den gewöhnlichen Zügen angehängt.

Seilbahn von Lyon nach Fourvière und St. Just. Nachdem die Seilbahn von Lyon-Croix-Rousse allen Anforderungen vollkommen genügt, wurde nicht gezögert, auch andere Anlagen nach diesem Muster zu schaffen. 1872 erhielten die Gebrüder Riche die Genehmigung zum Bau einer Seilebene nach Fourvière (Wallfahrtsort) und St. Just. Die zweigleisige Linie von 822 m Länge überwindet einen Höhenunterschied von 97 m und hat eine Mittelstation, deren Höhenlage in der unteren Hälfte 200 v. T. Steigung, in der oberen dagegen nur 61 v. T. zuließ. Die Spurweite beträgt 1,5 m. Fast die ganze Bahn befindet sich im Tunnel. Die Schienen von 35 kg/m Gewicht sind auf tannenen Längsschwellen (240/180 mm) befestigt, welche ihrerseits auf eichenen Querschwellen (220/130 mm) ruhen. Die verschiedene Steigung der beiden Hälften bedingte die Anwendung eines Ausgleichwagens, welcher immer nur die untere Strecke durchläuft.

Die Personenwagen von 9 t Leergewicht haben 8 Sitz- und 92 Stehplätze. Die Güterwagen können einen, mit zwei Pferden bespannten Wagen aufnehmen; ihr Leergewicht beträgt 8,2 t. Die Bremsen sind ähnlich wie diejenigen von Lyon-Croix-Rousse, versagten aber 1889 anlässlich eines Seilbruches, so daß der Wagen nach unten fuhr und zerschellte, wobei fünf Insassen verletzt wurden.

Die ganze Seilbahn ist im Umbau begriffen und wird künftig durch elektrische Lokomotiven auf Abt'schen Zahnstangen befahren werden. Die Lokomotiven, von der Schweiz. Lokomotivfabrik in Winterthur (mit elektrischer Ausrüstung von Brown, Boveri & Co. in Baden) gebaut, dienen sowohl für die Reibungsstrecke von 3 bis 6 v. H. Steigung, als auch für die Zahnstangenstrecke von 19 v. H. Sie haben 2 Reibungstriebwerke von 50 PS und ein Zahnradtriebwerk von 150 PS mit 700 Umdrehungen und 500 V. Auf den Steilrampen arbeiten alle drei Triebwerke gleichzeitig. Das Gewicht der Lokomotive beträgt 12 t, dasjenige des ganzen Zuges 28 t. Die Drehgestellwagen (Trucks) bestehen aus der 7 m langen Brücke mit Führerhaus und sind auf drei Achsen gelagert. Davon ist die obere einfache Laufachse, die beiden unteren sind als Drehgestell angeordnet und werden von zwei Zahnradtriebwerken von 90 PS. betrieben. Reibungsräder und Zahnräder sind mit einander gekuppelt. Diese Wagen wiegen samt Zahnrad- und Bremseinrichtung 9 Tonnen. Die letztere umfaßt eine gewöhnliche Spindelbremse, sowie eine selbstthätige Geschwindigkeitsbremse mit Schwungregler (Centrifugalregulator), welche mit elektrischen Bremsen in Verbindung steht. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 9 bis 12 km/Std.

Die Ofener Seilbahn¹³⁾, dem Grafen Eug. Széchenyi genehmigt, wurde von einer Aktiengesellschaft dem Ingenieur Wohlfahrt zur Ausführung übertragen, 1868 bis 1869 erbaut und im März 1870 eröffnet. Sie dient zur Personenbeförderung und verbindet den unteren Teil der Stadt Ofen mit der etwa 47,4 m höher liegenden Königsburg. Die beiden gleichlaufenden Gleise mit einer Steigung von 577 v. T.

¹³⁾ Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 499.

bestehen aus leichten Schienen, welche auf hölzernen Längs- und eingemauerten Querschwellen ruhen.

Die zwei Wagen mit 3 treppenförmigen Abteilungen zu je 8 Sitzplätzen wiegen leer 2,8 t, voll belastet 4,3 t. Die Betriebsmaschine (Zwillingsdampfmaschine mit Cylindern von 395/632 mm) steht im Kellergeschoß des unteren Bahnhofes. Sie bewegt zwei Seiltrommeln, die abwechselnd Seil aufnehmen und abgeben. Die Seile laufen am oberen Ende um schräg gestellte Umkehrrollen. Für den Fall eines Seilbruches sind zwei Sicherheitsvorrichtungen vorhanden. Die eine besteht in gezahnten Kreisabschnitten, welche mit Hilfe einer Federanordnung im Falle eines Seilbruches unter dem Wagenkasten vortreten und sich gegen feste Holzbalken (Fangbäume) einkleimen, welche zu beiden Seiten jedes Gleises auf die ganze Bahnlänge mit Mauerwerk kräftig verbunden sind. Die andere läßt bei Seilbruch die am oberen Wagenende befindlichen Zahnräder gegen die Fangbäume treten und durch Gewichtshebel festpressen. Der Bremsweg beträgt 250 bis 500 mm; die Gesamtkosten der Bahn betragen 364600 Mk., wovon 38900 Mk. auf die Maschine, 11700 Mk. auf 3 Wagen entfallen.

Seilbahn auf den Leopoldsberg bei Wien¹⁴). Ähnlich wie die Ofener Bahn gebaut, führte diese 1873 eröffnete Seilbahn nach dem berühmten Aussichtspunkt des Wiener Waldgebirges. Die untere Steigung betrug 232 v. T., die obere 373 v. T., die wagrechte Länge 760 m bei 242 m Höhenunterschied. Die auf Langschwellen gelagerte Doppelbahn hatte 1,895 m Spurweite und 6,3 m Gleisentfernung. Die Wagen von 15000 kg Leergewicht faßten bei 9,4 m Länge und 3,29 m Breite in zwei Stockwerken 100 Personen. Die Sitze waren in 5 staffelförmigen Abteilungen untergebracht. Jeder Wagen hing an einem besonderen Seil von 54 mm Dicke, aus 114 Gußstahlstrahlen von 3 mm Durchmesser bestehend. Das eine Seil war von oben, das andere zur Gewichtsausgleichung von unten über die Trommel ($d = 6,9$ m) geschlungen. Ein Spannseil von 20 mm Stärke verband die Wagen an den unteren Enden, während ein Fangseil, dessen obere Rolle mit einer Dampfbremse verbunden war, bei Seilbruch in Thätigkeit treten sollte. Ende 1873 richtete Ingenieur Emil Schrabetz auf Verlangen des österr. Handelsministeriums eine selbstthätige Bremse ein (unter teilweiser Benutzung derjenigen von Lyon). Das Anziehen der Bremszangen erfolgte durch Rollen und Drahtseil von einer auf der Laufachse sitzenden Reibungskuppelung aus. Der Wagenkasten ruhte auf federnden Zwischenlagen. Seit 1875 ist die Bahn nicht mehr im Betriebe.

Seilbahn Galata-Pera (Konstantinopel)¹⁵). Diese vom französischen Ingenieur E. Gavand gebaute Verbindungsbahn der zwei Vorstädte Konstantinopels wurde im Jahre 1875 dem Betriebe übergeben. Sie liegt ganz im Tunnel und hat einen parabolischen Längenschnitt mit 100 v. T. unterer und 149 v. T. oberster Steigung. Die geradlinige, zweigleisige Strecke hat eine wagrechte Länge von 606,5 m; die erstiegene Höhe beträgt 61,55 m. Die beiden oben befindlichen Seiltrommeln haben gemeinsame Achse, so daß ein Wagen heruntergeht, wenn der andere aufwärts fährt. Das Anfahren geschieht durch Lösen der Bremsen am oberen Wagen, die gleichmäßige Bewegung wird durch eine Dampfmaschine unterhalten.

¹⁴) Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 501.

¹⁵) Levy, Les chs. d. f. funiculaires, p. 42.

Die flachen Seile wiegen 8,5 kg/m und bieten bei der Größtlast von 5 t eine 10fache Sicherheit. Flache Seile wurden gewählt, um eine gleichförmigere Fahrgeschwindigkeit zu erzielen, als dies bei der Auf- und Abwicklung eines runden, viel dickeren Seiles in vielen Lagen möglich geworden wäre. Die Geschwindigkeit beträgt 3 m/sek. Jeder Zug besteht aus zwei Wagen, von denen der eine 90 Personen faßt, während der andere Lastwagen und Güter, nötigenfalls auch 60 Personen aufnimmt.

Die leeren Personen- und Brückenwagen wiegen 11, bezw. 8 t. Die ganze Anlage kostete 3 450 000 Mk., wovon 1 590 000 Mk. auf die Enteignung und 810 000 Mk. auf den Tunnel entfallen. Auf das laufende Meter trifft somit 5300 Mk., gegenüber 5100 Mk. für die Seilbahn Lyon-Croix-Rousse.

Die Seilbahn in Pittsburg, Pa., Vereinigte Staaten Nordamerikas¹⁶⁾, genannt Monongahela inclined plane, hat eine wagrechte Länge von 192 m und überwindet bei gleichmäßiger Steigung von 58 v. H. eine Höhe von 111 m. Die ganze Anlage ist derjenigen vom Leopoldsberg ähnlich. Die oben stehende Maschine mit zwei Cylindern (300/600 mm) bewegt eiserne Fördertrommeln von 2,7 m Durchmesser. Das 33 mm dicke Drahtseil besteht aus 114 Drähten; ein Fangseil erhöht die Sicherheit. Die Wagen zu 25 Sitzplätzen fahren mit 2,4 m/sek. Geschwindigkeit. Der unterste Teil der Bahn ruht brückenartig auf eisernen Pfeilern.

Eine neuere Seilbahn in Pittsburg¹⁷⁾ hat eine gerade Strecke von 241 m Länge, T-Eisenschienen von 6 kg/m Gewicht und 1,52 m Spurweite. Der Oberbau hat 6 m Breite. Die Betriebsmaschine von 70 PS. steht oben und es wird der Betrieb von dort aus geleitet. Die Wagen haben wagrechten Boden und 25 Sitzplätze. Der unten entstehende Kasten dient zur Aufnahme von Gepäck. Das Seil bietet 10fache Sicherheit; überdies ist ein Fangseil angebracht. Beide Seile werden durch Holzrollen getragen. Die Wagen sind von keinem Führer begleitet. Der untere Teil der Strecke ruht auf einer 110 m langen Eisenbrücke. Die Baukosten betragen 960 000 Mk., der Fahrpreis 6 cents (24 Pfg).

Die Seilbahn auf den Mount Auburn in Cincinnati¹⁸⁾ wurde 1872 erbaut, sie ist der vorigen ähnlich und verbindet zwei Straßenebenen mit einander. Bei 83,6 m Höhenunterschied der Endpunkte hat sie eine schiefe Länge von 260 m mit 32 v. H. Gefäll im unteren, 26 v. H. im oberen Teile. Die oben stehende Dampfmaschine leistet 60 PS. Ein auf der Kurbelwelle sitzendes Zahnrad greift in die Fördertrommelkränze. Die Umkehrrolle des Fangseiles besitzt eine selbstthätige Bremsvorrichtung. Jeder Wagen faßt 60 Personen.

Die Seilebene zu Jersey-city (New York)¹⁹⁾ wurde 1874 für die Summe von 1 $\frac{1}{2}$ Mill. Mark erbaut. Sie befördert außer Personen auch gewöhnliche Straßenfuhrwerke. Die von der North-Hudson-County-Car-Company erbaute Strecke ist zweigleisig mit 2,38 m Spurweite in einer Steigung von 1:4, der Höhenunterschied beträgt 31,16 m. Wagen mit 2 zweiachsigen Drehgestellen nehmen in gesonderten Häuschen auf der für Fuhrwerke bestimmten Brücke Fahrgäste auf. Unten fährt der Wagen in eine Vertiefung, wodurch die Brücke auf Straßenhöhe kommt. Die zweicylindrige Maschine in der oberen Station leistet 80 PS. Die beiden Seiltrommeln

¹⁶⁾ Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 502.

¹⁷⁾ Schweiz. Bauz. 1881, XIV. Bd., S. 16.

¹⁸⁾ Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 503.

¹⁹⁾ Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 503.

von 3,65 m Durchmesser werden durch Zahnräder angetrieben. Außer den beiden Zugseilen von 44 mm Durchmesser ist noch ein Fangseil vorhanden, das immer gespannt ist und durch seine Umkehrscheibe mit guten Bremsvorrichtungen in Verbindung steht.

Drahtseilbahn (Bauart G. Sigl) nach der Sophienalp. Die im Herbst 1874 eröffnete Versuchsbahn führte vom oberen Ende des Hütteldorfer Thales nach der Sophienalp. Die wagrecht gemessene Strecke betrug 600 m, der Höhenunterschied 108 m bei einer Durchschnittssteigung von 1 : 5,5. In 12 leichten, vierplätzigigen Wagen (Abb. 36), die sich in kurzen Zeiträumen folgten, konnten bei 1,5 m Geschwindigkeit stündlich 200 Personen bergwärts und ebensoviel thalwärts befördert werden.

Die Spurweite betrug 1,2 m. Das endlose Seil trug in Entfernungen von je 50 m kugelförmige Knoten. An diese legten sich die löffelartig ausgebildeten Seilhebel (Abb. 36). Eine 15 pferdige Lokomobile am oberen Ende der Bahn lieferte

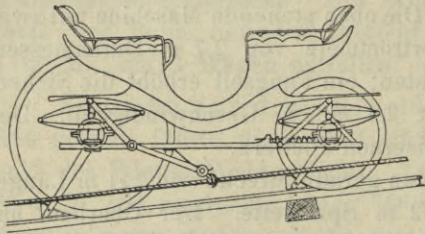


Abb. 36. Wagen der Sigl'schen Seilbahn.

die nötige Triebkraft. Am unteren Bahnende befand sich die Spannvorrichtung für das Seil und eine einfache Schiebebühne zur Verbindung der beiden Gleise. Die nach Art der Straßenwagen gebauten Fuhrwerke hatten eiserne Räder mit Spurkränzen und feste Achsen. Ein deichselartiges, verschiebbares Langholz vermittelte durch eine lange Sprungfeder den Seilzug auf den Wagen. An den löffelartigen Klauen befanden sich beiderseitig Zapfen mit Rollen, welche durch Auflaufen auf

entsprechenden Flächen ein selbstthätiges Abkuppeln der Wagen bewirkten. Die Deichsel schob selbstthätig Keilklötze hinter die Räder, sobald die Seilspannung aufhörte und es war durch Anbringen von Haken und Vorsprüngen an Schwellen und Keilklotz ein Hemmnis geschaffen, welches das Fortgleiten verhinderte. Die Anlagekosten beliefen sich auf 960000 Mk.

Die Eigenart der Sigl'schen Seilbahn besteht in der Verteilung des Verkehrs auf kleinere Gruppen, sowie in dem ununterbrochenen Betrieb, der eine nur kleine Arbeitsleistung fordert. Die Anlage kam bald außer Betrieb.

§ 6. Reibungsbahnen mit Seilbetrieb. Eisenbahn von Dom Pedro San Paulo in Brasilien. — Im Jahre 1860 wurde der Bau einer Eisenbahn von San Paulo (350 km südwestlich von Rio Janeiro) nach Iundiahy begonnen und in etwa acht Jahren vollendet. Die bei Santos beginnende, 140 km lange Strecke, welche bedeutende Bauschwierigkeiten bot, durchzieht zuerst ein Sumpfland und erreicht nach 21,6 km die senkrecht zur Bahn streichende Bergkette Serra do mar, welche schroff bis zu 780 m ü. M. emporsteigt. Die begrenzte Bausumme zwang, vom Lokomotivbetrieb abzusehen und Seilebenen einzurichten, deren 4 an der Zahl, von 1,7 bis 2,1 km Länge bei 1 : 9,75 Gefäll gebaut wurden. Jede ist von der folgenden durch eine 75 m lange Stufe mit abwärts gerichteter Steigung von 1 : 75 getrennt. Die von einem aufwärts und einem abwärts fahrenden Zuge gleichzeitig befahrenen Ebenen haben Krümmungen von 600 bis 1600 m Halbmesser.

Aus Kostenrücksichten hat nur die Hälfte jeder Seilebene zwei Gleise, bestehend aus 3 Schienen, von denen die mittlere gemeinsam ist. Die Kreuzung hat 4 Schienen. Unterhalb dieser Stelle, wo also immer nur ein Zug fährt, ist durch

Vermittlung selbstthätiger Weichen nur ein Gleis vorhanden. Im oberen Teile sind zwei Reihen Seilrollen notwendig, im unteren nur eine mit 14 bis 20 m Rollenabstand. Auf den Stufen zwischen zwei geneigten Ebenen liegen mehrere Gleise, da die abwärts fahrenden Züge ihr Gleis nicht wechseln, die aufwärts gehenden aber rechts und links ausweichen. Die tiefe Anordnung des Seilangriffspunktes sichert das Zurückfallen des Seiles in die Rollenkehlen. Das 32 mm starke Seil dauert etwa zwei Jahre. Am oberen Ende jeder Ebene stehen seitwärts der Gleise zwei wagrechte Hochdruckdampfmaschinen von je 150 PS. mit Cylindern von 660/1520 mm und 12 Atm. Dampfdruck. Die Maschinen machen 22 Umdrehungen in der Minute und treiben durch Zahnräder eine dreikehlige Scheibe von 3 m Durchmesser. Zwischen letzterer und der zweikehligen Vorgelegescheibe ist das Zugseil in Gestalt einer 8 geschlungen und wird durch wagrechte Ablenkungsscheiben ($d = 3$ m) in die Gleisrichtung gebracht. Das Schwungrad ist mit einer kräftigen Bremse versehen, sowie mit einem, die Stellung des Zuges angegebenden Zeigerwerk.

Mit jedem Zuge gehen 6 Tonnen schwere Bremswagen, welche neben Klotzbremsen an jedem Rade noch besondere Sicherheitsbremsen tragen, die zangenartig am Schienenkopf anfassen und den Zug auf wenige Meter zum Stehen bringen können. Ein Hebelpaar, die Zange bildend, wird durch eine Spindel mit Rechts- und Linksgewinde bewegt. Ein in eisernen Gleitstücken geführtes Gegengewicht hält die ruhende, durch Hebel mit Fußtritt bedienbare Bremse hoch. Schon nach kurzer Betriebszeit aber mußte von der Verwendung dieser Zangenbremsen abgesehen werden. Die Bahn hat Telegraph und Drahtzugsignale. Drei beladene Wagen nebst Bremswagen bilden den Zug, dessen Größtgewicht $34 + 6 = 40$ Tonnen beträgt, wovon 21 t Nutzlast sind. Die Fahrzeit auf einer Ebene beträgt etwa 15 Minuten. Die Gesamtbaukosten der Bahn belaufen sich auf 300 000 Mk. für das km, bzw. 400 000 Mk., einschließlich Verzinsung während der Bauzeit. Sie ist von Brunless als Oberingenieur und D. M. Fox als ausführendem Ingenieur erbaut worden. In letzter Zeit wurde sie umgebaut.

Schiefe Ebene von Lüttich. Die Bahn, welche Köln mit Antwerpen und Ostende verbindet, einer der ersten großen Verkehrswege auf dem Kontinent, durchschneidet wichtige Flußgebiete und wäre nur mit großen Geldopfern auf größere Länge mit geringem Gefäll zu entwickeln gewesen. Die Bahnhöfe von Aachen und Lüttich liegen unzumutbar unmittelbar an den Fußpunkten der schiefen Ebenen.

Die 1838 begonnene, 1842 vollendete schiefe Ebene von Lüttich war bis 1871 in Betrieb. Sie war in zwei gleich lange, geradlinige Strecken von 1980 m geteilt, welche unter einem stumpfen Winkel von 148° zusammenstießen. Sie hatten wechselndes Gefäll mit je 55 m Gesamtsteigung, waren zweigleisig angelegt und mit je einem endlosen Betriebsseil versehen. Die wagrechte Verbindungsbahn von 230 m Länge lag größtenteils in einem Bogen von 350 m Halbmesser; das Maschinenhaus *a* (Abb. 37) in deren Mitte seitwärts vom Gleise, das Kesselhaus *b* mit 6 Kesseln demselben gegenüber. Jede der beiden Doppelmaschinen wies 160 PS. auf. Die fünfkehlige Antriebseilrolle hatte 4,8 m Durchmesser. An den großen Seilscheiben waren Bremscheiben angegossen. Die 7000 kg schweren Gewichte der außerhalb des Maschinenhauses laufenden Spannwagen *s* bewegten sich in Schächten.

Auf der freien Bahn wurde das Seil in Abständen von 10 m durch gußeiserne Rollen getragen. Sechsrädrige Bremswagen von 8000 bis 8500 kg Gewicht ermöglichten mittels schnell lösbarer Zangenvorrichtungen (Abb. 38) das Kuppeln der Züge

an das Seil. Sie waren mit vier unmittelbar auf die Schienen wirkenden Schlittenbremsen ausgerüstet. Züge von höchstens acht Wagen (60 Tonnen) wurden mit 20 km/Std. befördert. Zwei mit dem Seil verbundene Bremswagen schlossen den bergwärts fahrenden Zug ein, während bei der Thalfahrt das Seil nicht gefaßt und je fünf Wagen auf einen Bremswagen gerechnet wurden.

Die geneigte Ebene von Aachen (Aachen-Ronheide), wie die vorige nach Maub'scher Bauart ausgeführt, kam 1843 in Betrieb. Sie war geradlinig und bei 1:38 Steigung 2086 m lang. Das Maschinenhaus lag oben, in der Verlängerung der Bahn, während die

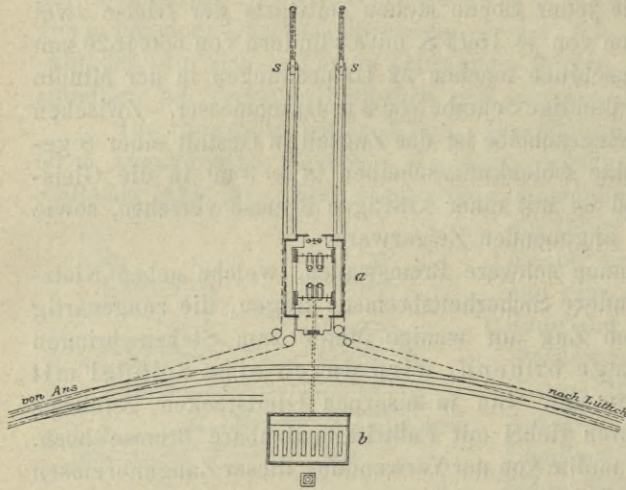


Abb. 37. Antriebsstelle.

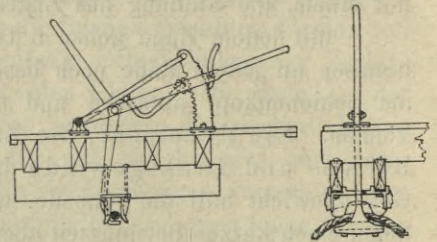


Abb. 38. Seilklemme.

Gleise rechts und links daneben vorbeigingen. Da sich der Lokomotivbetrieb um etwa 50 v. H. billiger stellte als der Seiltrieb, so wurde letzterer schon 1848 verlassen.

Die auf der Strecke Düsseldorf-Elberfeld zwischen den Stationen Erkrath und Hochdahl gelegene Seilebene hatte bei 2450 m Länge eine Steigung von 1:30. Anfänglich (1841) wurden die Züge mittels einer oben stehenden Dampfmaschine emporgezogen. Später zog eine thalwärts fahrende Lokomotive den mit Schiebemaschine versehenen Zug am Seil empor, um dann wieder als Schiebemaschine bergwärts zu fahren. Das Seil lief dabei über eine zwischen zwei Gleisen eingebaute Umkehrrolle. Auf dem dritten Gleise fuhren die Züge mit gewöhnlichen Bremsen (ohne Seil) abwärts. Auf je drei beladene Wagen wurde eine Bremse gerechnet, überdies standen oben in Hochdahl stets einige mit Steinen beladene Bremswagen bereit.

Die meisten im Zuge der Hauptbahnen von Frankreich, England, Deutschland und Italien liegenden Seilebenen sind jetzt verlassen und dem Lokomotivbetriebe übergeben worden.

Zweiter Abschnitt.

Seilbahnen neuerer Bauart.

§ 7. **Schwebende Seilbahnen. Seilbahnen mit unterbrochenem Betrieb. Draht- und Seilriesen. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb englisch-amerikanischer Bauart.** — Unter die vielen Einrichtungen, welche bezwecken, die Ertragsfähigkeit eines industriellen Werkes zu heben, gehören in erster Linie diejenigen Anlagen, welche das Heranschaffen von Roh- und Feuerungsstoffen und das Wegschaffen der fertigen Erzeugnisse, sowie der Abfälle auf billige Weise ermöglichen. Geringe Anlage- und Betriebskosten bei kurzer Bauzeit, dabei Unabhängigkeit von der Bodengestaltung, von Schneefall und Überschwemmung, sowie geringer Grunderwerb, bezw. niedriger Pachtzins sind die Kennzeichen dieser Seilbahnen.

Die zu fördernde Last bewegt sich entweder durch ihr Eigengewicht, oder wird durch ein Seil gezogen. Das Zugseil ist entweder ein endloses und der Betrieb geschieht ununterbrochen, wobei die Wagen auf den beiden Hälften sich in entgegengesetzter Richtung bewegen, oder das Seil ist offen, die Bewegung geht nur in einer Richtung vor sich, während für die entgegengesetzte ein zweites Seil benutzt werden muß, falls der Betrieb nicht durch Schwerkraft geschieht. Ein weiterer Unterschied besteht bei den Bahnen mit ununterbrochenem Betriebe darin, daß das Zugseil entweder zugleich die Schiene bildet, oder daß besondere Zug- und Tragsaile vorhanden sind. Die schwebenden Seilbahnen umfassen alle Förderbahnen, bei welchen das feste Gleis durch ein oder mehrere in der Luft gespannte Drähte oder Drahtseile ersetzt ist. Die einfachsten Formen finden sich in den

A. Draht- und Seilriesen,

auf welchen nur thalwärts gefördert wird. Zu ihnen gehören zunächst

a) Eingleisige Riesen,

bei welchen die Wagen entweder frei oder an einem Zugseil mit Bremsvorrichtung bewegt werden, die sich wieder als Drahtriesen einfachster Art und als eingleisige Seilriesen unterscheiden lassen.

1. Drahtriesen einfachster Art. Ihre Laufbahn besteht aus 6 bis 8 mm starkem Eisendraht, wird aus einzelnen Stücken zusammengelötet, in der oberen Station verankert und unten durch eine Winde gespannt. Zwischenunterstützungen werden nach Erfordernis des Geländes angebracht. Diese Drahtriesen eignen sich zur Förderung geringer Einzellasten, wie Scheitholz, Faschinen, Reisig, Säcke u. dgl. Zum Anhängen dienen einfache Haken mit Gleitsätteln oder Rollen, die von Zeit zu Zeit mit einem leichten Seil wieder hochgezogen werden.

2. Eingleisige Seilriesen. Dieselben haben als Laufbahn ein Drahtseil von 15 bis 35 mm Durchmesser, gewöhnlich aus Drähten von $k_z = 6000$ bis 12000 kg/qcm Zugfestigkeit gewunden. In der oberen Station wird dasselbe verankert, unten durch eine Winde oder selbstthätige Spannvorrichtung bis $\frac{1}{5} k_z$ gespannt. Die Wagen werden an ein Zugseil (in Litzenanordnung) mit Bremsvorrichtung befestigt, das auf eine Trommel aufgewickelt, oder in sich selbst geschlossen ist. In letzterem Fall erhält es unten eine selbstthätige Spannvorrichtung. Die Geschwindigkeit der beladenen Wagen beträgt 4 bis 6 m/sek.; die leeren Wagen werden einzeln oder in größerer Zahl hochgezogen.

Zur Regelung der Geschwindigkeit befand sich bei einzelnen Holzförderanlagen an der oberen Station eine senkrechte Walze, über welche ein leichtes Drahtseil lief. Letzteres war mit dem einen Ende am thalwärts fahrenden Baumstamm, mit dem anderen an den bergwärts zu fördernden leeren Rollen, welche auf einem dünnen Seile liefen, befestigt. Zwei Windflügel hingen anfänglich lotrecht an der Walze, öffneten sich aber bei der Bewegung und regelten den Gang. Überdies war ein Bremshebel an der Walze vorgesehen.

Um eingleisigen Riesen größere Leistungsfähigkeit zu verleihen, hat König bei einer 2100 m langen Anlage zur Ausbeutung des Finsterwaldes im kleinen Schlierenthal (Kt. Unterwalden, Schweiz) eine Wechselstation eingerichtet²⁰⁾. Auf dieser Mittelstation hält die Last an, Arbeiter setzen die von unten kommenden Rollen oberhalb der zu Thal fahrenden Last wieder auf das Seil und lassen dann den Zug seine Bewegung fortsetzen.

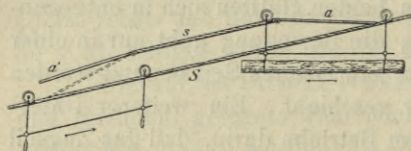


Abb. 39. Selbstthätige Mittelstation.

Das Spiel an der Mittelstation wird dadurch selbstthätig eingerichtet, daß über dem Gleisseil s (Abb. 39) ein gleichlaufendes Seilstück s , länger als die längste Förderlast, eingelegt und mit Weichenzungen a und a' versehen ist. Die Zunge a' wird durch Gegengewicht oder Feder vom Hauptseil abgehalten, sodaß die leeren Rollen vorbeiziehen und a heben können.

Neben eingleisigen Riesen giebt es auch

b) Doppelgleisige Riesen.

Diese haben abwechselnden Betrieb mit zwei gleich starken, parallelen Laufbahnen und zwei Wagen. Das geschlossene, oben gebremste und unten gespannte Zugseil bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von $v = 4$ bis 6 m/sek. Die durchschnittliche Last beträgt 600 kg, bei Holzförderung in Doppelgehängen bis zu 2000 kg.

Bezeichnet:

F die Wagenlast,

L die Länge der Bahn,

so ist die Leistungsfähigkeit derselben:

$$C = \frac{0,9 (3600 Fv)}{L} \text{ kg/Stunde,}$$

welche bei größerer Bahnlänge durch Einschalten von Zwischenstationen vermehrt werden kann. Schon bei einem Gefäll von 8 v. H. können solche Bahnen eingerichtet werden, wobei 500 und mehr Meter lange Spannungen zulässig sind.

²⁰⁾ Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 546.

B. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb.

Diese Bahnen erhielten erst durch Bergrat Freiherrn Franz von Dücker (1861) und den Engländer Hodgson (1867) praktische Bedeutung. Nach ihnen unterscheiden wir zwischen deutscher und englischer Bauart. Bei beiden sind die Tragseile auf Unterstützungen von Holz oder Eisen gelagert, und zwar gewöhnlich ein Seil für die Hinfahrt, das andere für die Rückfahrt. Die deutsche Bauart, bei welcher die Laufseile fest in gußeisernen Schuhen liegen, erfordert ein besonderes, endloses Zugseil, während bei der englischen Bauart das in Rollen liegende Tragseil zugleich als Zugseil dient.

Englisch-amerikanische Bauart.

1. Ältere Ausführungen. Der erste Versuch Hodgson's fand in Richmond auf einer durch ein Pferd betriebenen Seilbahn statt; daraufhin kam die 4800 m lange Bahn in Bardon Hill (Leicestershire) zur Ausführung. Die zur Steinförderung dienenden, hölzernen Wagen faßten 50 kg und waren mit den sattelbildenden Holzklötzen (v. 355/62/98 mm), in deren Rinne sich das Seil klemmte, fest verbunden. Nachträglich angebrachte Blechwangen sollten das Auspringen des Seiles verhindern. Die unbewegliche Verbindung von Wagen und Sattel ließ letzteren auf dem nach einer Seilkurve durchhängenden Gleise abwechselnd mit der vorderen oder hinteren Kante aufsitzen, welcher Übelstand aber durch Anbringung eines Drehbolzens ziemlich beseitigt wurde. Da an Ausweichstellen und scharfen Krümmungen die Wagen das Seil verlassen und von Hand über diese Stellen geschoben werden müssen, so erhalten die Sättel seitliche Rollen zum Auflaufen auf Schienen (Abb. 40). Die seitliche Rollenordnung rief, beim Übergang von Seil auf Schiene oder umgekehrt, infolge der Schwerpunktsänderung um den Abstand der beiden Rinnen, bedeutende Schwankungen hervor. Durch beiderseitige Rollen²¹⁾, welche ohne Rillen waren und auf zwei Winkeleisen aufliefen, deren einer Schenkel die seitliche Führung abgab, wurde dieser Übelstand behoben, dafür aber größere Widerstände erzeugt.

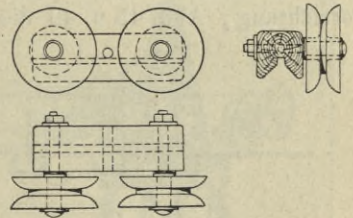


Abb. 40. Sattel mit einseitigen Rollen.

Hodgson's patentierter Kluppensattel ist ein durch eine Querversteifung, an welcher der Wagen hängt, verbundener Doppelsattel mit vier auf der gleichen Seite liegenden Rollen. Seitlich um Zapfen drehbare Kluppen fassen beim Anfahren das Seil.

Der federnde Sattel von Carrington (Abb. 41) hat viereckige Gummikörper *c*, durch deren Drehen um 90° frische Sitzflächen erhalten werden. Damit sich das Seil in einspringenden Gefällsbrüchen nicht von den Tragrollen abhebe, brachte Hodgson²²⁾ Seildrücker zur Anwendung, eine Rollenordnung, wie sie in verbesserter Art bei Kabelbahnen wieder auftritt. Die in Amerika ausgeführte Hallidie'sche (oder amerikanische) Bauart unterscheidet sich von der Hodgson'schen nur durch die fest mit dem Seile verbundenen Fördergefäße²³⁾.

²¹⁾ Vgl. Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 557.

²²⁾ Vgl. Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 561.

²³⁾ Fest verbundene Fördergefäße hatte schon die Danziger Seilbahn vom Jahre 1644.

Unter die schwebenden Seilbahnen englischer Bauart ist auch das Seiltrajekt von Hermann Müller²⁴⁾ (Abb. 42) zu rechnen. Bei demselben werden gewöhnliche Rollwagen mit Klauen auf zwei endlose Seile gesetzt, sie durchfahren das für gewöhnliche Gleise ungünstige Stück und setzen an passender Stelle den Weg auf Schienen weiter fort. Die beladenen

Wagen fahren unten, die entleerten oben. Die Versuchsstrecke der Sigl'schen Fabrik in Wien, auf welcher 20 mm starke Treibseile stündlich 60 Wagen mit 300 bis 400 kg Last hin- und zurückförderten, war die einzige Ausführung. Die größten Schwierigkeiten erwuchsen daraus, daß die Wagen infolge ungleicher Schwingungen der beiden Seile arg geschleudert wurden.

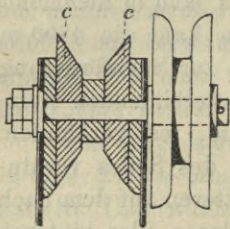


Abb. 41. Federnder Sattel von Carrington.

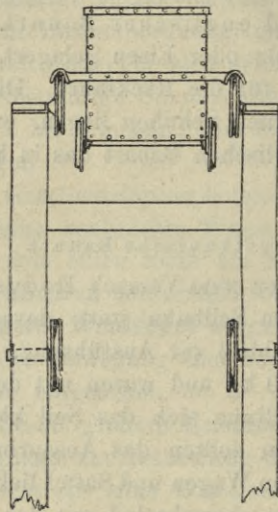


Abb. 42. Stütze zum Müller'schen Seiltrajekt mit Wagen.

2. Neuere Ausführungen. Ein Seil ohne Ende wird auf der einen Station durch irgend eine Kraft in fortlaufende Bewegung gesetzt, während auf der anderen Station die mit einem geführten Schlitten versehene Achse der Umkehrscheibe eine selbstthätige Ge-

wichtsspannvorrichtung trägt. Abb. 43 u. 44 zeigen eine Beladestation mit Spannvorrichtung, Abb. 45 u. 46 die zugehörige Antriebstation. In Abb. 47 u. 48 ist eine

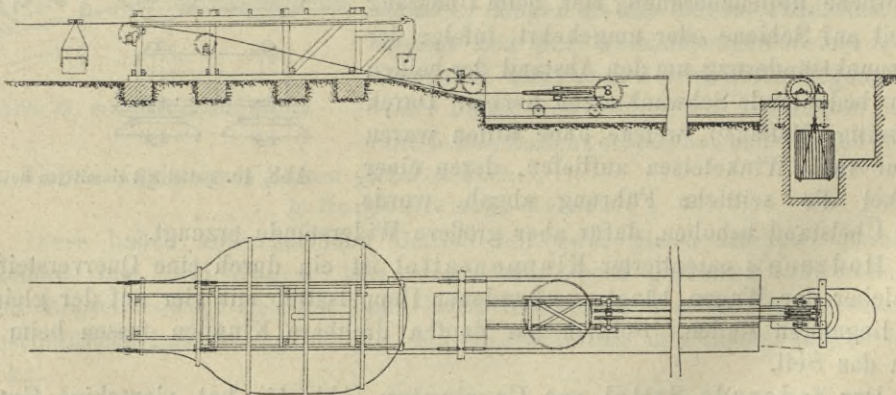


Abb. 43 u. 44. Beladestation mit Spannvorrichtung.

Bremsstation für Bremsbergförderung dargestellt, deren Bandbremse mittels des Handrades *a* angezogen wird. Alle drei Stationen sind Ausführungen des „Ropeways Syndicate Ltd.“.

Die Unterstützungen mit Tragrollen werden je nach Gelände und Bahnanlage in Holz oder Eisen ausgeführt. Abb. 49 giebt eine dreibeinige hölzerne Unterstüzung der Seilbahn A.-G. Mannheim, Abb. 50 eine vierbeinige des „Rope-

²⁴⁾ Vgl. Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik. V. Bd., S. 572.

ways Syndicate Ltd.“ in London. Letztere Stütze hat vier Rollen für das beladene, zwei Rollen für das leere Seiltrum, wobei je zwei auf einem Arme sitzen, der an

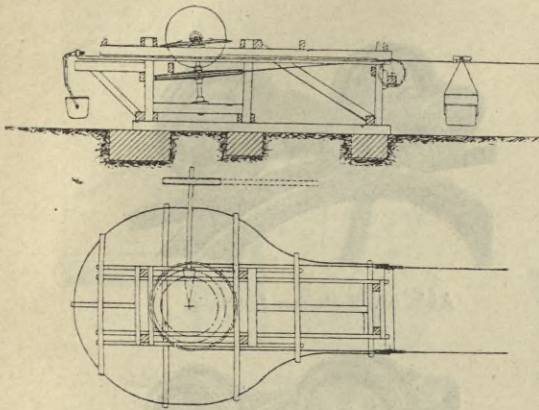


Abb. 45 u. 46. Antriebsstation.

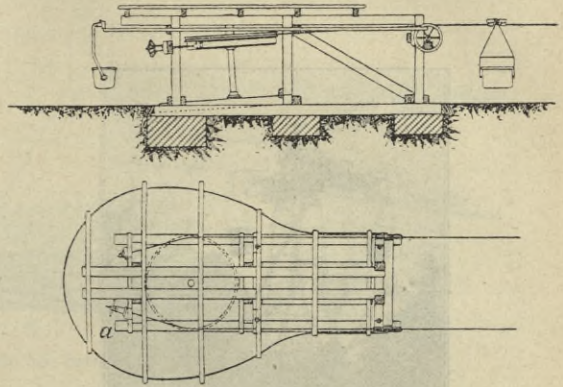


Abb. 47 u. 48. Bremsbergstation.

einem dritten Arm drehbar befestigt ist, sodaß das bewegliche Ganze (Tandemseilscheiben) allen Seildrücken bequem nachgeben kann. Abb. 51 veranschaulicht eine

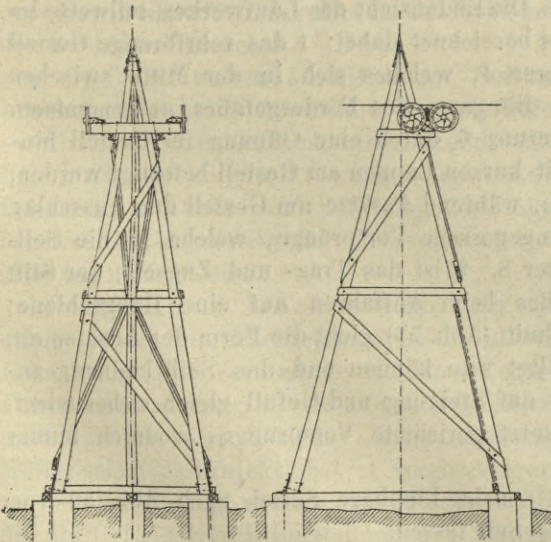


Abb. 49. Seilstütze aus Holz.

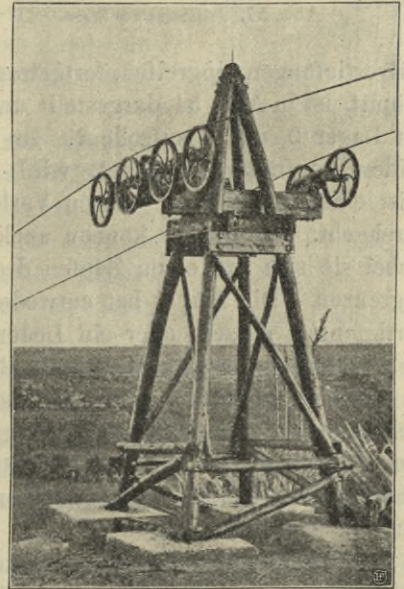


Abb. 50. Seilstütze aus Holz.

zweibeinige eiserne Stütze mit Windstrebe der Seilbahn A.-G. Mannheim. Je nach der Förderlast werden mehr oder weniger Rollen in geeigneter Zusammenstellung verwendet und deren Rillen den Sattelvorrichtungen entsprechend geformt, um ein Abgleiten des Seiles zu verhindern (vgl. Abb. 54 Ziff. 11, S. 123). Die Wagen werden durch Sattelvorrichtungen, deren Art ein Gleiten verhütet, an das Seil gekuppelt und können dasselbe erst wieder verlassen, wenn sie mechanisch abgehoben werden.

Abb. 52 giebt das Bild eines englischen Laufwerkes, Patent Roe (D. R.-P. Nr. 48524), Abb. 53 dasselbe Laufwerk auf einer Hängeschiene mit abgehobenen Sätteln. Die auf dem Seil sitzenden Sättel werden durch kleine Ansätze ihrer Innenfläche, welche in die

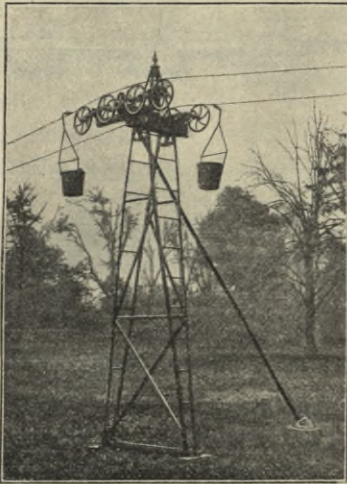


Abb. 51. Seilstütze aus Eisen.

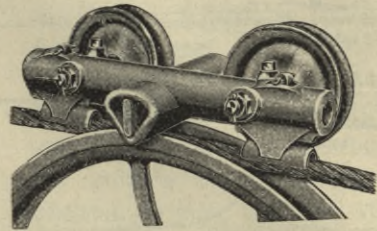


Abb. 52. Englisches Laufwerk.

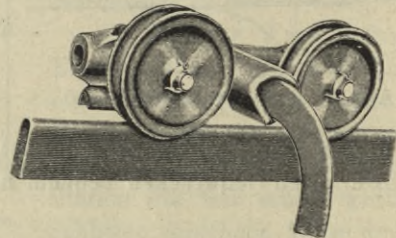


Abb. 53. Englisches Laufwerk.

Seilvertiefungen eingreifen, fortgetragen. Die Endansicht des Laufwerkes, teilweise im Schnitt, ist in Abb. 54 dargestellt und es bezeichnet dabei: 1 das rohrförmige Gestell mit Lager 2 und Laufrolle 3. Im Lager 4, welches sich in der Mitte zwischen beiden Laufrädern befindet, wird der Hängarm des Fördergefäßes aufgenommen. 5 ist einer der Blöcke, dessen Verlängerung 6 durch eine Öffnung im Gestell hindurchgeht. Die Blöcke können auch mit kurzen Lappen am Gestell befestigt werden, wobei sie sich um einen Zapfen drehen, während Ansätze am Gestell den Ausschlag begrenzen. Die Nut 7 hat entweder angegossene Vorsprünge, welche in die Seilvertiefungen passen, oder ein Lederfutter 8. 9 ist das Trag- und Zugseil; der Stift 10 verhindert das Abfallen des Blockes beim Auffahren auf eine Hängeschiene; 11 ist der Rollenrand. Der Sattelquerschnitt (Abb. 55) giebt die Form der Ansätze *aa*, welche auch schraubengangartig gestaltet sein können und das Seil keilartig zusammenpressen. Damit die Vorrichtung auf Steigung und Gefäll gleich sicher wirkt, erhalten die beiden Sättel entgegengesetzt gerichtete Vorsprünge, wodurch immer einer in Thätigkeit ist.

Ein anderes Roe'sches Patent²⁵⁾ sieht kippbare Sättel nach Abb. 56 vor, welche je nach dem Gefällwechsel das Seil fassen.

Die englische Bauart fand in den Minendistrikten von Somorostro bei Bilbao ihre größte Anwendung und es kommen dort verschiedentlich zwei Bahnen über einander und drei neben einander auf denselben Gerüsten bezw. Seilstützen vor. Mit einer schwebenden Seilbahn zur Kohlenförderung zwischen zwei Schiffen auf hoher See hat Spencer Miller 1898 im Hafen von New York Versuche mit guten Erfolgen gemacht; die Sache soll noch weiter studiert werden²⁶⁾.

²⁵⁾ Engineering, Jahrg. 1894.

²⁶⁾ Engineering, Febr. 1900.

Abb. 57 bringt eine amerikanische, zum Holztransport aufgestellte Seilbahn zur Veranschaulichung²⁷⁾. Die Unterstützungen bestehen aus kleinen T-Trägern, welche mittels zweier Haken *h* und dem Bolzen *b* an stehengelassenen Baumstämmen

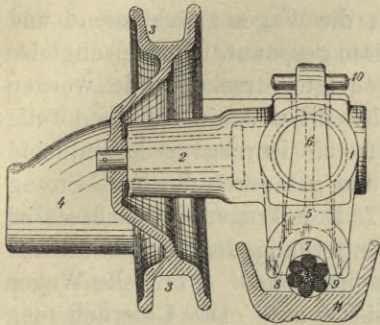


Abb. 54. Englischs Laufwerk.

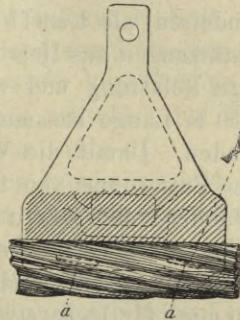
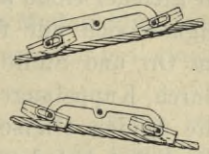


Abb. 55. Sattelquerschnitt.

Abb. 56.
Kippsattel von Roe.

befestigt werden. Zwei Gehänge *d* mit je zwei Rollen *a* und einem Seilblock *c* zum Aufziehen tragen die Stämme. Das endlose Zugseil ruht in den Rollen *e* und *f*, während Flacheisenbänder *g* das Trageisil halten.

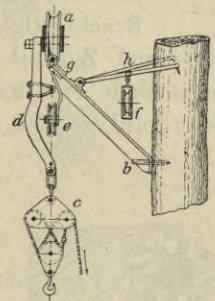
Elektrische Drahtseilbahnen²⁸⁾ oder Telpher-Linien, wie dieselben vom Erfinder, Prof. Jenkin, genannt werden, dienen zur billigen Güterbeförderung in verkehrsarmen oder gebirgigen Gegenden, haben aber nur die aus Rundeisen- oder Drahtseilstücken bestehende Laufbahn mit den schwebenden Seilbahnen gemein.

§ 8. Schwebende Seilbahnen. Seilbahn mit ununterbrochenem Betrieb deutscher Bauart (Otto und Bleichert).

— Obwohl in Deutschland verschiedene Seilbahnen nach englischer Bauart hergestellt wurden, entwickelte sich aus den Dücker'schen Draht- und Seilriesen doch eine eigene Bauart, bei welcher in vorteilhafter Weise gesonderte Trag- und Laufseile angeordnet sind.

Ingenieur v. Dücker verwendete als Laufwerk zwei mit Gehängen versehene, durch ein deichselähnliches Holz verbundene Rollen; ein leicht zu lösender Dorn stellte die Verbindung mit dem Zugseil her. Auch schwebende Bahnen für Personenbeförderung, sowie Doppelseilgleisbahnen, an denen die Förderwagen unmittelbar von den Schienen weg aufgehängt werden sollten (ähnlich wie beim Müller'schen Seiltrajekt) hat er vorgeschlagen²⁹⁾.

Den Anfang zu den eigentlichen Seilbahnen deutscher Bauart machte 1874 die Halle-Leipziger Eisengießerei und Maschinenbau-Gesellschaft zu Schkeuditz mit der 750 m langen Drahtseilbahn im Teuschenthal bei Halle a. S. Die mit Jahresbetrieb arbeitende Bahn förderte täglich 150 t Braunkohlen bei einer Steigung von 1:27. Last- und Leergleis bestanden aus Rundeisen von 30, bzw. 26 mm Durchmesser. Das 10 mm starke Zugseil wurde in Längen von 37,5 m durch Haken gekuppelt und an diesen die Wagen angehängt.

Abb. 57.
Amerikanische Seilbahn.

²⁷⁾ Vgl. Engineering, 1894, II, S. 341.

²⁸⁾ Vgl. Schweiz. Bauz., Bd. III, Nr. 21.

²⁹⁾ Vgl. Handb. f. Spec. Eisenbahn-Technik, V. Bd., S. 549 u. 550.

Von den beim Bau beschäftigten Technikern haben sich A. Krämer, Otto und Bleichert auch fernerhin mit solchen Bahnen beschäftigt und es unterscheiden sich deren Ausführungen lediglich durch kleine Einzelheiten.

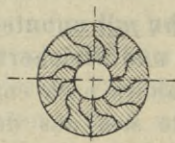
Gleise. Zwischen den einzelnen Stationen der Bahnlinie sind zwei starke Drahtseile (früher auch Rundeisen) als Laufbahn für die Wagen gleichlaufend und in gleicher Höhe auf Unterstützungen aus Holz oder Eisen gespannt. Rundeisengleise eignen sich nur für geringe Belastung und wenig geneigte Strecken. Sie werden an Ort und Stelle bis zu 50 m Länge zusammengeschweißt und die einzelnen Teile durch Kuppelungen verbunden. Damit die Wagen freien Durchgang haben, sind die beiden Gleise in einer Entfernung von 1,5 bis 3 m gelagert; der eine Strang dient den beladenen, der andere den leeren Wagen. Der Trageseildurchmesser ist den vorkommenden Spannungen — welche von der Entfernung der Stützpunkte und der zu fördernden Last abhängen — entsprechend zu bestimmen. Für volle Wagen beträgt derselbe 20 bis 40 mm, für leere etwa 15 bis 30 mm. Die Unternehmung Felten und Guilleaume in Mülheim a. Rh. verwendet:

1. Spiralseile, 19- oder 37drähtig aus Stahldraht ihrer weichen, besten Art mit 55 bis 60 kg Bruchfestigkeit für 1 qmm, sodann ebensolche aus bestem Patent-Gußstahldraht bis zu 145 kg/qmm Bruchfestigkeit;
2. Trageile „patent-verschlossener Konstruktion“ aus Stahldraht mit 55 bis 60 kg/qmm Bruchfestigkeit, Gußstahldraht mit 90 bis 100 kg/qmm Bruchfestigkeit.

Lauf- und Zugseil sollen in einer senkrechten Ebene über einander liegen. An einem Ende erhalten die Trageile Spannungsgewichte, während sie am anderen Ende fest verankert sind.



Abb. 58. „Simplexseil“.



Schnitt *c d*

Abb. 59.

Schnitt durch das Simplexseil.

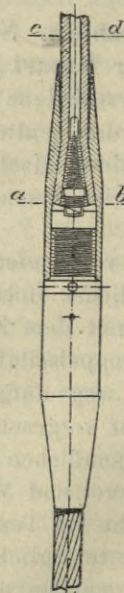
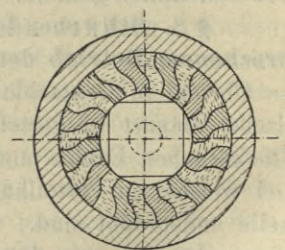


Abb. 60. Kuppelung des Simplexseiles.



Schnitt *a b*.

Abb. 61.

Schnitt durch die Kuppelung.

„Simplexseil“³⁰⁾. Bei den gebräuchlichen Trageilen besteht ein großer Übelstand darin, daß Drähte im Seilinnern brechen, ohne daß diese Brüche von außen bemerkt werden. Wird angenommen — was zwar kaum ausführbar ist — daß die inneren und äußeren Drähte von Anfang an gleich beansprucht sind, so strecken sich durch das fortwährende Darüberfahren der Wagen die äußeren Drähte, worauf den Kerndrähten allein die Aufgabe zufällt, das Spannungsgewicht, für welches sie zu schwach sind, zu

tragen. Das „Simplexseil“ dagegen hat nur eine einzige Lage von Drähten (Abb. 58 u. 59), jeder derselben befindet sich in gleicher Lage, wird in gleichem Maße auf Biegung, Zug, Drehung und Streckung beansprucht und ist der Untersuchung von außen gut zugänglich.

³⁰⁾ D. R. G. M. Nr. 33 714.

Dadurch, daß das Seil aus verschlossenen Formdrähten besteht, somit glatte Oberfläche hat, vereinigt es alle Vorteile des Seiles verschlossener Anordnung, ohne dessen Nachteile zu besitzen.

Kuppelung des Laufseiles. Die Verbindung der in Längen von 200 bis 300 m hergestellten „Simplexseile“ ist äußerst einfach und wird dadurch erreicht (Abb. 60), daß durch Einschrauben eines kegelförmigen Gewindedornes die Drähte gegen die Muffenwand gedrückt und so der kegelförmige Teil der Muffenhälfte ausgefüllt wird. Die entstehenden Lücken zwischen den Drähten werden mit einem Metallgemisch (Komposition) ausgegossen (Abb. 61).

Da die Drähte der gewöhnlichen Laufseile nicht gelötet werden dürfen, erhalten die einzelnen Teile nur Längen von 150 bis 500 m, welche durch leicht befahrbare Zwischenkuppelungen verbunden werden. Die früher häufig ausgeführte Kuppelung durch Verlötung wurde ganz verlassen, weil oft kleinere Mengen der notwendigen Säuren zurückblieben und zu Rostbildung Veranlassung gaben, überdies nur ganz geübte Arbeiter die schwierige Verbindung herstellen konnten.

Abb. 62 zeigt eine der Unternehmung Adolf Bleichert u. Co. in Leipzig-Gohlis geschützte Verbindung für ein 26 mm starkes gewundenes Tragseil, Abb. 63 eine

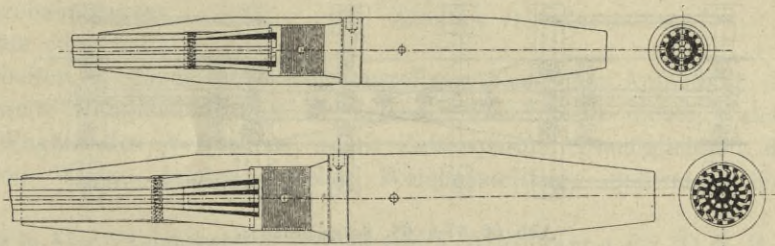


Abb. 62 u. 63. Seilkuppelung.

entsprechende für ein 35 mm Seil verschlossener Anordnung. Bei beiden Kuppelungen sind zwei kegelförmige Stahlhülsen durch ein mit Rechts- und Linksgewinde versehenes Mittelstück verbunden. Drahtumwicklung und eingetriebene kegelförmige Hülsen (Ringkeile) verdicken das Seilende und verhindern dessen Durchrutschen. Die geteilten Ringe werden durch flache Zwischenlagen gegen Drehen gesichert. Abb. 64 zeigt eine Endkuppelung zur Verankerung des Laufseiles, Abb. 65 eine solche zur Aufnahme des Spanngewichtes. George Elliot & Co. stellen beide letztgenannten Kuppelungen in einer ihnen geschützten Art her.

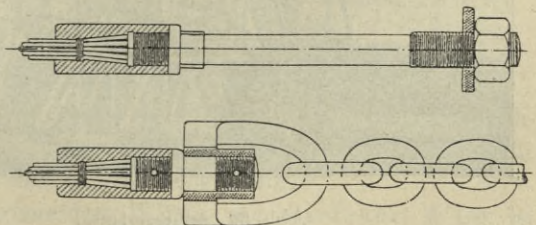


Abb. 64 u. 65. Endkuppelungen.

Mittlere Spannvorrichtung. Beträgt die Entfernung zweier Stationen mehr als $1\frac{1}{2}$ bis 2 km, so werden auf der freien Strecke Spannvorrichtungen besonderer Art errichtet. Dieselben bewirken eine gleichmäßige Spannung der Tragseile, ungeachtet der wechselnden Durchbiegungen durch die Belastung und Wärmeänderungen. Abb. 66 bis 69 zeigen derartigen Anordnungen von Adolf Bleichert & Co. Die eintretenden

Unterbrechungen der Laufseile sind durch Flacheisen, welche sich mittels schlanker Zungen anschließen, ausgefüllt. In der Zwischenstation können alle vier Tragseile verankert werden. Die Größe des Spangewichtes hängt von der dem Laufseil

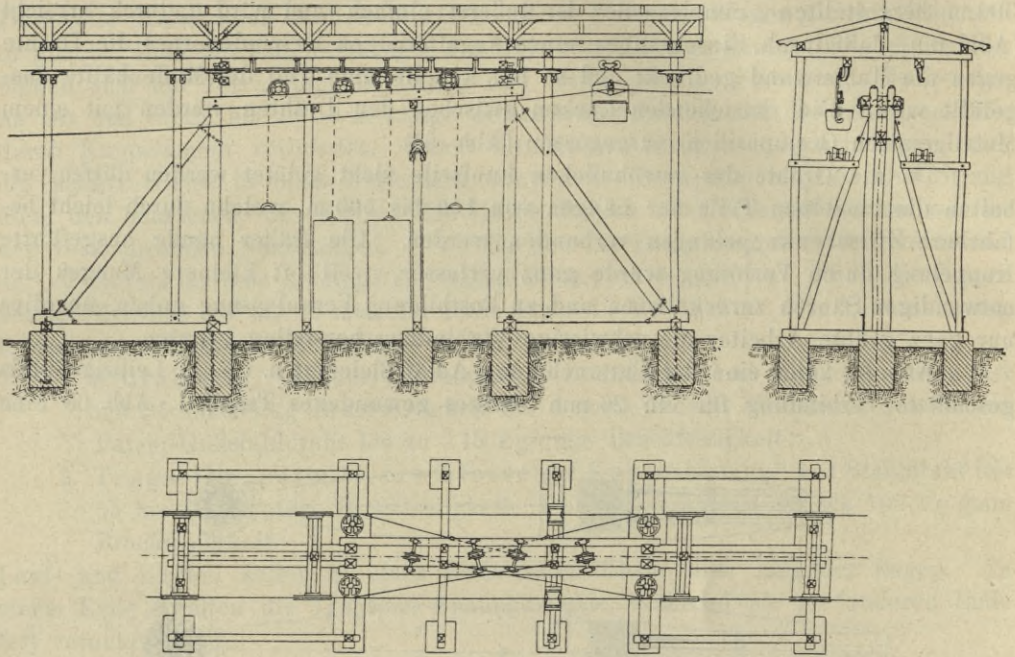


Abb. 66, 67 u. 68. Seilspannstation.

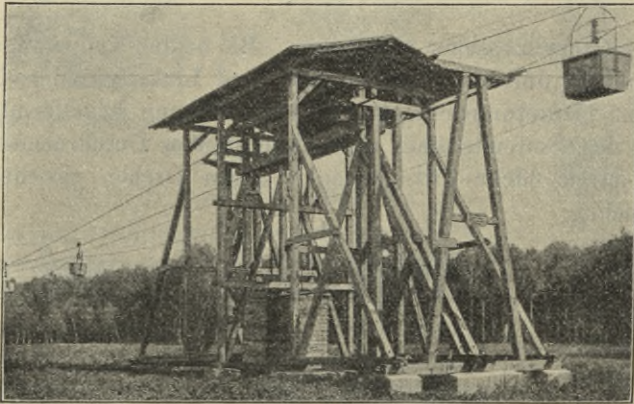


Abb. 69. Seilspannstation.

zu gebenden Spannung, von der Zahl der Unterstützungen des betreffenden Seilstückes und von der Größe der vorhandenen Steigung ab. Cerratti & Tanfani verwenden statt der hölzernen oder eisernen Spangewichtskasten Betonblöcke, die dann, statt an Ketten, an biegsamen Stahlseilen hängen. Gekrümmte Stellen der Fahrbahn sind nach Möglichkeit zu vermeiden und

werden, wenn keine Winkelstation eingerichtet werden kann, mit einer Schiene besetzt, welche den Seitendruck des mit besonderen Führungsrollen versehenen Wagenhalters aufnimmt.

Weichen ermöglichen das Verschieben der Wagen vom Laufseil nach der Belade- oder Entladestelle, bezw. nach dem anderen Laufseil. Dieselben bestehen

aus zugespitzten Flacheisen (Zungen von etwa 1 m Länge), welche sich an die Laufseile derart anlegen, daß ein Übergang der Wagen ohne weiteres stattfinden kann. An die Zungen schließt sich eine aus Flacheisen hergestellte Hängebahn an, auf welcher die Wagen aufgestellt, bezw. weiter befördert werden. Besondere Weichen kommen vor, wenn die Wagen auf Nebengleise gestellt werden müssen. Abb. 70 und 71 zeigen Weichen nach J. Pohlig's Bauart (D. R. P. Nr. 76 550). Dieselben können an jeder beliebigen Stelle in gebogenen oder geraden Strängen der Hängebahn zum Anschluß oder zur Durchkreuzung gebraucht werden. Sie bestehen aus dem geraden, bezw. gebogenen Herzstück *a* und dem gebogenen, bezw. geraden Anschlußstück *b*.

Durch einfaches Drücken des Hängebahnwagens nach rechts oder links

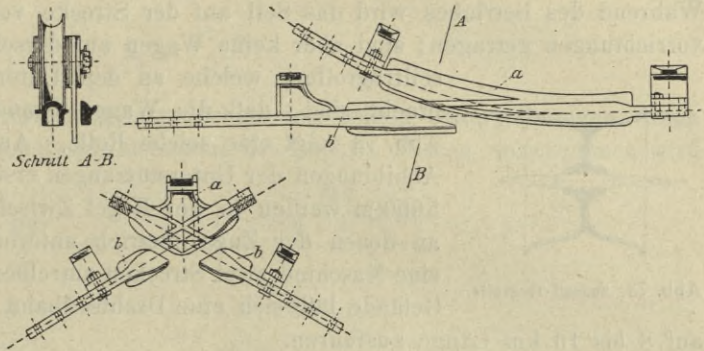


Abb. 70 u. 71. Weiche von Pohlig.

ist der Arbeiter im Stande, ohne Weichenstellung, somit ohne Aufenthalt, den Wagen auf bestimmte Hängebahnstränge zu fahren. Als Vorteile dieser Weiche sind zu nennen: Wegfall des Verstellens, somit Zeitersparnis; Unmöglichkeit des Herabfallens von Wagen infolge falscher Weichenstellung; stoßfreies, leichtes Befahren.

Die in Abb. 72 dargestellte Weiche von A. Bleichert u. Co. (D. R. P. Nr. 86 259) schließt nicht nur, wenn der Wagen in ihrer Richtung fährt, sondern auch dann,

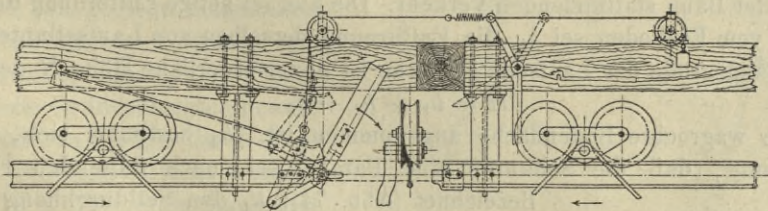


Abb. 72. Weiche von A. Bleichert & Co.

wenn er gegen dieselbe herankommt. Die Bahn kann betriebsmäßig in zwei Richtungen befahren werden, und ein Herunterstürzen von Wagen in der offenen Weiche ist ausgeschlossen. Die Wagen stellen die Weiche selbstthätig.

Eine neue, erst zum Patent angemeldete Weiche von Bleichert & Co. ist eine sich seitlich öffnende und schließende Hängebahnweiche, die sich durch ihr Eigenwicht, durch ein Gegengewicht, oder durch Federkraft selbstthätig schließt. Sie kann sowohl als Zungenweiche, wie auch als Vollweiche ausgebildet und mit einer Vorrichtung verbunden werden, die sie in geöffnetem Zustande festhält.

Zugseil. Zum Fortbewegen der Wagen dient ein besonderes endloses, über oder unter dem Tragseil befindliches, dünnadrätiges (1 bis 2,5 mm) Litzenseil aus

Tiegelgußstahl von 120 bis 180 kg/qmm Bruchfestigkeit³¹⁾. Auf den Stationen wird es um wagrechte Scheiben geführt, deren eine den Antrieb bewirkt. Um genügende Reibung zum Mitnehmen des Zugseiles durch die Antriebscheibe zu erhalten, ist diese oft zwei- und mehrrillig und hat dann eine ihr entsprechende Leitscheibe. Die Seilscheibe auf der anderen Station dient, außer als Umführungsscheibe, zum Spannen des Zugseiles, indem sich ihre Achse in einem Schlitten bewegt, während eine über eine Rolle laufende Kette mit Gewicht die gleichmäßige Spannung erhält. Während des Betriebes wird das Seil auf der Strecke von den Wagenkuppelungs-

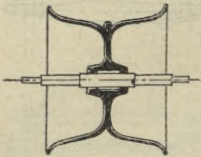


Abb. 73. Zugseil-Tragrolle.

vorrichtungen getragen; sind aber keine Wagen auf derselben, so liegt es auf Zugseiltragrollen, welche an den Unterstützungen so tief angebracht sind, daß die Wagen bequem darüber hinweggehen. Abb. 73 zeigt eine solche Rolle. Andere Formen sind in den Abbildungen der Unterstützungen ersichtlich. Bei Längen über 5000 m werden in der Regel Zwischenstationen eingeschaltet, an denen der Zugseilbetrieb unterbrochen wird, doch kann eine Maschine zwei Strecken antreiben. Bei annähernd ebenem Gelände läßt sich eine Drahtseilbahn auch ohne Unterbrechung

auf 8 bis 10 km Länge ausführen.

Unterstützungen. Die zum Tragen der Seile dienenden Unterstützungen sind in Entfernungen von 30 bis 60 m aufgestellt, ausgenommen bei Überschreitungen von Flüssen und tiefen Thälern, wo Spannweiten bis zu 1200 m ausgeführt werden. Die Unternehmung J. Pohlig in Köln hat in Mexiko eine zur Holzförderung bestimmte Bahn gebaut, welche eine freie Spannweite von 1100 m aufweist. Dadurch daß die Stützen verschiedene Höhen erhalten (gewöhnlich 6 bis 10 m), übertragen sich die Bodenebenen nicht auf die Seillinie, sondern letztere bildet eine gestreckte Wellenlinie. Die Lagerung des Seiles auf den Stützen muß eine solche sein, daß bei Brechpunkten ein Abheben nicht eintreten kann und Knickungen möglichst vermieden werden. Die Höhe der Stützen bestimmt sich nach dem Laufseildurchhang und dem unter der Bahn stattfindenden Verkehr. Die hierbei nötige Entfernung der Wagenunterkante vom Erdboden sei h_1 , die Entfernung derselben von Laufseilunterkante h_2 , die Durchhangsgröße der Laufseile h_3 ; dann ist die erforderliche Höhe H der Stützen:

$$H = h_1 + h_2 + h_3,$$

wobei eine wagrechte Bodenfläche angenommen ist. h_3 bestimmt sich, unter der Voraussetzung, daß die Seilkurve eine Parabel sei, nach folgenden Formeln³²⁾.

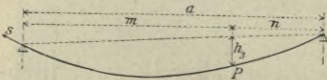


Abb. 74. Seildurchhang.

Bezeichnet (Abb. 74): h_3 den Seildurchhang in Meter, a die wagrechte Stützenentfernung in Meter, m und n die horizontalen Abstände des Punktes P von den beiden Stützpunkten in Meter; p das in P wirkende Gewicht in kg, s die Seilspannung in kg; g das Gewicht für 1 m des Seiles in kg; dann ist:

$$h_3 = \frac{m \cdot n \cdot p}{a \cdot s}.$$

³¹⁾ Felten & Guilleaume in Mülheim a/Rh. verwenden folgende Anordnungen:

6 Litzen zu 4 Drähten und 1 Hanfseele,

7 Litzen zu 7 Drähten und 1 Hanfseele,

6 Litzen zu 5 Drähten und 7 Hanfseelen,

6 Litzen zu 12 Drähten und 1 Hanfseele.

6 Litzen zu 7 Drähten und 1 Hanfseele,

³²⁾ Vgl. Taschenbuch d. Hütte, II. Teil, S. 189 (15. Auflage).

Wirkt das Gewicht p in der Mitte, dann ist

$$h_3 = \frac{a \cdot p}{4 \cdot s}.$$

Bei unbelastetem Seil ist

$$p = \frac{a \cdot g}{2} \quad \text{und} \quad h_3 = \frac{m \cdot n \cdot g}{2s},$$

bezw. für die Mitte

$$h_3 = \frac{a^2 \cdot g}{8s}.$$

Befinden sich mehrere Wagen zwischen den beiden Unterstüzungen, dann ist, wenn die hierdurch entstehende Belastung des Punktes P zu g_1 angenommen wird

$$p = \frac{ag}{2} + g_1 \quad \text{und} \quad h_3 = \frac{mn}{a} \cdot \frac{\frac{ag}{2} + g_1}{s},$$

bezw. für die Mitte:

$$h_3 = \frac{a}{4} \cdot \frac{\frac{ag}{2} + g_1}{s}.$$

Dadurch kann die kleinste Entfernung der Stützpunkte des Laufseiles vom Erdboden u. s. w. festgesetzt werden.

Die Unterstüzungen werden aus Holz (bis zu 25 m Höhe), oder, bei bedeutender Höhe und ungünstigen Bodenverhältnissen, aus Eisen hergestellt. Abb. 75 zeigt eine einfache hölzerne Stütze für zwei-

seitige Bahnen, ausgeführt von der Seilbahn A.-G. Mannheim. J. Pohlig in Köln führte für gewöhnliche Bodenverhältnisse und geringe Einzellasten zuerst die zwei-beinigen Stützen ein, welche entweder eingegraben, oder auf gemauerte Grundsichten gesetzt und bei größeren Höhen durch Zuganker und Streben versteift werden. Die Abb. 76 u. 77 veranschaulichen eiserne Stützen der Unternehmung Adolf Bleichert & Co. in Leipzig-Gohlis, ausgeführt auf der Seilbahn von Crookston Bros. in Bône (Algier). Einzig in ihrer Art sind die von der Unternehmung Ceretti & Tanfani in Mailand ausgeführten

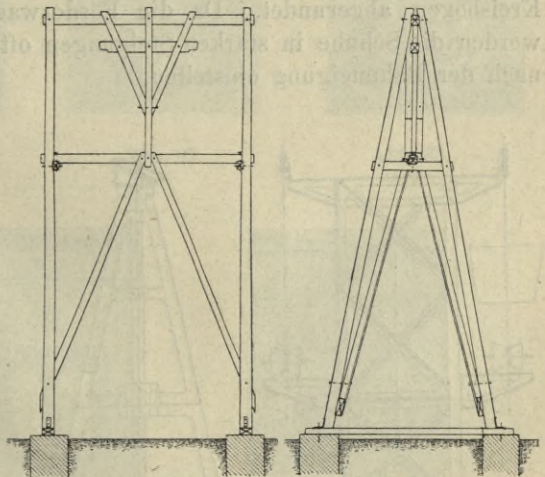


Abb. 75. Hölzerne Stütze.

gußeisernen Unterstüzungen einer Seilbahn auf der Insel Elba (Abb. 78). Bei Berechnung der Stützen sind nicht nur die senkrechte Belastung, sondern auch die Horizontalspannung der Laufseile, der Winddruck auf Stützen und Wagen, sowie sonstige Vorkommnisse beim Betriebe (Reißen des Laufseiles u. dgl.) zu berücksichtigen.

Auflagerschuhe für das Laufseil aus Gußeisen (Abb. 79) werden, um ein Biegen des Seiles zu vermeiden, an der unterstützenden Fläche meist nach einem



Abb. 76. Eiserne Stütze.



Abb. 77. Eiserne Stütze.

Kreisbogen abgerundet. Da die Förderwagen leicht darüber weggehen müssen, werden die Schuhe in starken Steigungen oft schwingend angeordnet, sodaß sie sich nach der Bahnneigung einstellen.

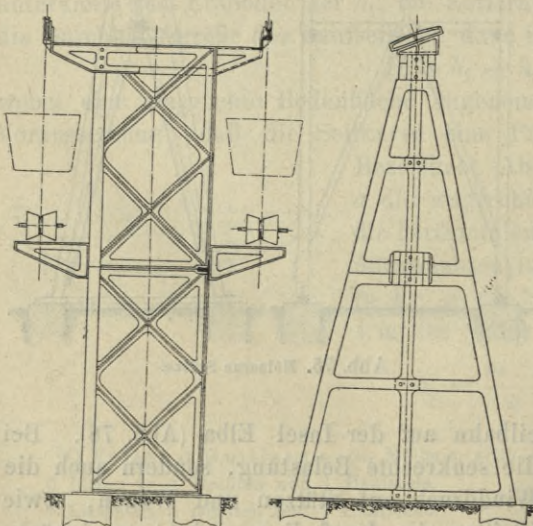


Abb. 78. Gußeiserne Stütze.

Die Wagen bestehen im wesentlichen aus Laufwerk, Gehänge mit Kuppelungsvorrichtung und Fördergefäß. Letzteres hängt senkrecht unter dem Tragseil, das Laufwerk rollt auf demselben und das Gehänge verbindet Laufwerk und Gefäß. Der Inhalt eines Wagens kann bis 1000 kg betragen, obgleich sich im allgemeinen so große Einzellasten nicht empfehlen, da dieselben die Anlagekosten bedeutend erhöhen. Das Laufwerk besteht aus zwei hintereinander, zwischen zwei Stahlplatten gelagerten, gekehlten Stahlrollen. Das Laufwerkgehäuse (die Traverse) verbindet beide Stahlplatten zwischen den Rollen durch Nietung. Die Achsen

der Laufrollen sind in die Platten eingeschraubt und enthalten Fett zur Schmierung. Die halbkreisförmige Rille der Laufrollen sichert die Führung des Wagens auf dem Seil und verhindert ein Schiefstellen des Laufwerkes. J. Pohlig in Köln verfertigt Laufwerke mit Rollen- bzw. Kugellagern, welche bei langen Strecken oder schweren Wagen große Vorteile bieten, und schon bei geringem Gefälle selbstthätigen Betrieb gestatten. Überdies lassen sich schwere Wagen mit solchen Laufwerken auf den Stationen ohne Anstrengung verschieben. Auch bei den Bleichert'schen Wagen sind die aus zwei Stahlplatten bestehenden Querstücke durch ein gußeisernes Zwischenstück in Entfernung gehalten und es nimmt dasselbe den Mittelbolzen für das Wagengehänge auf. Die Laufrollenachsen aus harter Phosphorbronze sind verschraubt und so angeordnet, daß sie, wenn auf der einen Seite abgenützt, um 180° gedreht werden, sodaß sie alsdann nochmals dienen können.

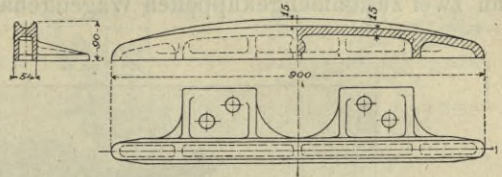


Abb. 79. Auflagerschuh für das Laufseil.

Das Gehänge mit dem Fördergefäß ist einseitig nach außen mittels eines kräftigen Bolzens zwischen den Laufrollen an das Laufwerk gehängt. Das Gefäß



Abb. 80.

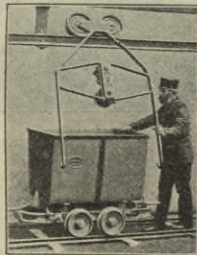


Abb. 81.

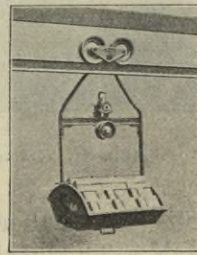


Abb. 82.

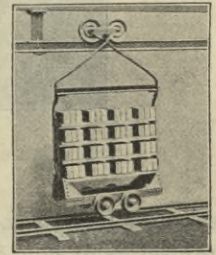


Abb. 83.

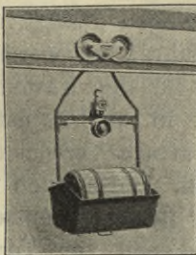


Abb. 84.

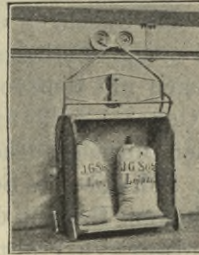


Abb. 85.

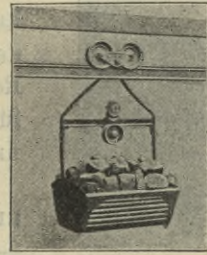


Abb. 86.

erhält je nach dem Fördergut verschiedene Form (Abb. 80 bis Abb. 86)³³⁾. Zur Beförderung von Kohlen, Erzen, Steinen, Sand u. s. w. werden allgemein Kastenwagen

³³⁾ Ausführungen der Unternehmung Adolf Bleichert & Co. in Leipzig-Gohlis.

aus Stahlblech mit kräftigen eisernen Beschlägen angewendet, die sich behufs Entleerung um Zapfen an den Stirnwänden drehen können. Eine am Kasten befestigte Gabel, den einen Schenkel des Gehänges umfassend, verhindert ein willkürliches Kippen. Zur Aufnahme von großen Stücken (Kisten, Fässern, Ballen u. s. w.) dienen Sonderwagen, während lange Stücke (Bretter, Röhren, Stammholz, Eisenstangen) an zwei zusammengekuppelten Wagengehängen befördert werden. Abb. 87 giebt die

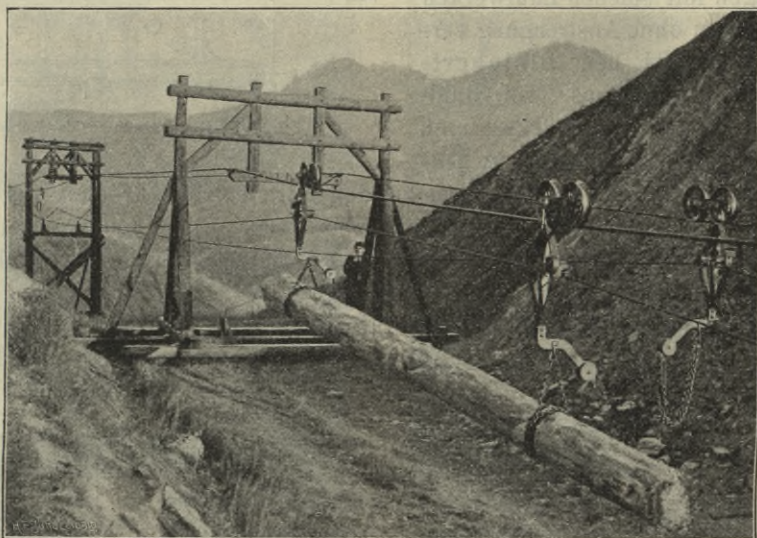


Abb. 87. Fördergehänge für Langholz.

Beförderung von Langholz (bis zu 10 m) auf einem Teil der etwa 20 km langen Drahtseilbahn von J. Baich & Thorotzkai in Cimpa (Ungarn), ausgeführt von der Unternehmung J. Pohlig in Köln. Die Einzellasten betragen bis 1500 kg.

Bei Ziegeleien, Zementfabriken, Steinbrüchen, Kohlenwerken mit Tagbau u. s. w. werden häufig die Seilbahnwagenkasten aus den Gehängen auf Unterwagen gesetzt, um nach der Belade- oder Entladestelle gefahren zu werden. Ein Rollbahnwagen mit Hebevorrichtung für den Kasten, ausgeführt von Ceretti & Tanfani und in Abb. 88 dargestellt, findet in den Marmorbrüchen von Carrara Verwendung.



Abb. 88. Wagen mit Kastenhebevorrichtung.

§ 9. Schwebende Seilbahnen. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb deutscher Bauart (Fortsetzung).

— Kuppelungsvorrichtungen dienen zur Verbindung der Wagen mit dem Zugseil. Im wesentlichen werden zwei Arten unterschieden, nämlich solche, bei denen das Zugseil mit Knoten versehen sein muß, und solche, die auf das Seil geklemmt werden und nur durch Reibung wirken.

Die in gewissen Abständen angebrachten Knoten gestatten nur bei sich ein Ankuppeln, während die Reibungskuppelungen an jeder beliebigen Stelle fassen können. Die Knotenseile sind jetzt ganz verlassen worden.

1. Knotenkuppelungsvorrichtungen. Abb. 89 zeigt die Klinkenkuppelungsvorrichtung (Otto's Patent), die bei einfacher Ausführung sicher arbeitet. Unmittelbar vor dem Tragseil heben sich die Klinken durch Auflaufen der Stifte auf die sogenannte Ausrückerschiene. Beim Weiterschieben legt sich das in passender Höhe geführte Zugseil auf die Leitrolle der Vorrichtung und am Ende der Schiene fallen die beiden Klinken nieder, das Zugseil umfassend. Der mit dem Seil ankommende Knoten gelangt durch Anheben der ersten Klinke zwischen beide und nimmt den Wagen mit. Das Ankuppeln geschieht ohne Stoß, indem der Arbeiter den Wagen vor Ankunft des Knotens, der durch eine Schelle angezeigt wird, etwas vorschiebt. Das Entkuppeln erfolgt durch Auflaufen der Stifte und Heben der Klinke auf der Ausrückeschiene, wodurch der Knoten frei wird. Bei Steigungen von 1 : 1 und Lasten von mehr als 1000 kg arbeitet die Vorrichtung sicher.

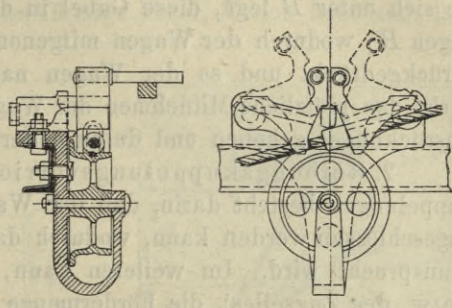


Abb. 89. Klinkenkuppelung.

Muffenkuppelung von A. Bleichert (Abb. 90). Die zum Tragen des Treibseiles dienende Rolle *S* ist mit ihrem Stahlzapfen im Gehäuse *G* gelagert. *E* ist

der die Schenkel des Wagengehänges abstrebbende Steg. In *G* bewegt sich in prismatischer Führung ein Schieber *K*, welcher die mit Fangklauen versehenen Bolzen *B* und *B'* trägt. *B* ist lotrecht verschiebbar und wird durch eine Feder nach unten gedrückt. Die Stahlplatte *A* hält die Bolzen und verhindert deren Drehung. Der Ausrückbügel *R* ist am Schieber *K* um den Zapfen *L* drehbar, der kleine Arm desselben bewegt den Auslösbolzen *F*, welcher gegen den Sperrstift *h* drückt. Ein Druck im Punkte *k* gegen *R* läßt den Sperrstift in Thätigkeit treten. *h* hat einen dreifachen Zweck; er soll den eingerückten Schieber *K* in der tiefsten Stellung sichern, den ausgerückten Schieber in seiner Stellung festhalten und ein Ausheben aus dem Gehäuse verhindern. Der Bolzen *F* drückt den Sperrstift *h* bei eingerücktem Schieber zurück. Kleine Stahlmuffen *M*, in gewissen Abständen auf das Zugseil gebracht, dienen der Kuppelung als Angriffspunkt.

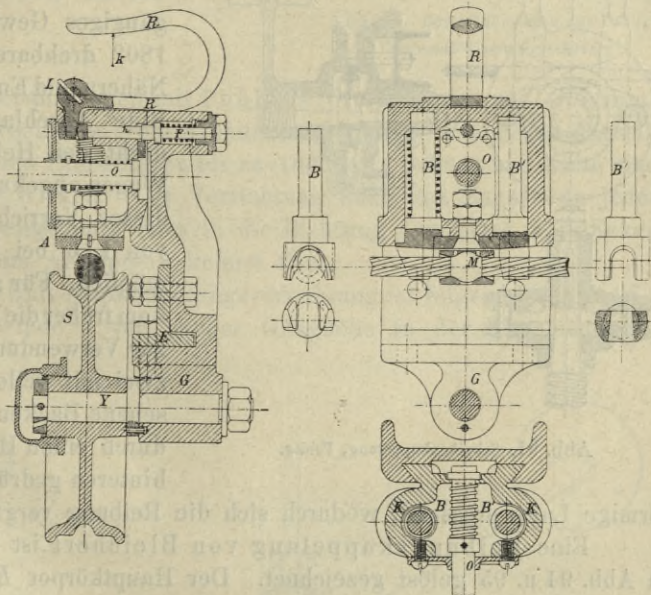


Abb. 90. Muffenkuppelung, A. Bleichert.

Ist der Wagen auf das Seilgleis gebracht und das Treibseil in die Rolle *S* eingelegt, so wird mittels des Bolzens *O* der Sperrstift *h* zurückgedrückt; der Schieber fällt in seine tiefste Lage. Eine mit dem Seil ankommende Muffe *M* hebt, indem sie sich unter *B* legt, diese Gabel in die Höhe und stößt, darunter wegschlüpfend, gegen *B'*, wodurch der Wagen mitgenommen wird. *B* wird durch eine Feder wieder zurückgedrückt und so der Wagen nach beiden Seiten hin gesichert. Nachteilig wirkt das plötzliche Mitnehmen der Wagen. Auf der Endstation wird *R* durch einen Ausrückbügel gehoben und durch *h* der gelöste Schieber festgehalten.

2. Reibungskuppelungsvorrichtungen. Ihr Vorteil gegenüber den Knotenkuppelungen besteht darin, daß der Wagen an jeder beliebigen Stelle des Zugseiles angeschlossen werden kann, wodurch dasselbe auf seiner ganzen Länge gleichmäßig beansprucht wird. Im weiteren kann, bei gleicher Geschwindigkeit der Maschine (bezw. des Zugseiles), die Fördermenge einer Bahn dadurch vergrößert werden, daß die Wagen in kürzeren Entfernungen angekuppelt werden. Unter den verschiedenen Kuppelungsvorrichtungen sei die Scheibenkuppelungsvorrichtung (Abb. 91) von

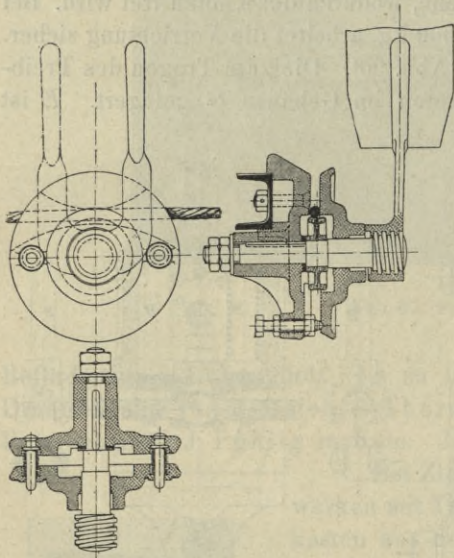


Abb. 91. Scheibenkuppelung, Pohlig.

Pohlig in Köln genannt. Sie besteht aus zwei Scheiben, von denen die eine fest mit dem Wagengehänge verbunden, die andere, als Leitrolle zum Tragen des Zugseiles ausgebildet, auf einem Bolzen drehbar ist. Der vordere Bolzenkopf hat flachgängiges Gewinde, auf welchem ein um 180° drehbarer Hebel sitzt, welcher ein Nähern und Entfernen der Scheiben bewirkt. Eine Anschlagplatte auf der Endstation dreht den Hebel rückwärts, wodurch der Wagen abgekuppelt wird. Die Anwendung dieser Vorrichtung ist bis zu Steigungen von 1:6 bei Wagen von 450 kg Nutzlast möglich. Für größere Steigungen (bis 1:3) kam früher die Wellenbackenkuppelung zur Verwendung, welche statt der Scheiben zwei mit wellenförmigen Vertiefungen versehene Backen trug, von denen der vordere durch einen Hebel mit Excenter gegen den hinteren gedrückt wird, das Seil in wellen-

förmige Lage pressend, wodurch sich die Reibung vergrößert.

Eine Reibungskuppelung von Bleichert ist in Abb. 92 u. 93 geschlossen, in Abb. 94 u. 95 gelöst gezeichnet. Der Hauptkörper *K*, welcher teilweise bewegliche Teile birgt, ist durch einen schmiedeisernen Bügel *BB* am Wagengehänge befestigt und trägt am unteren Ende einen Zapfen zur Aufnahme der Tiegelgußstahlrolle *R*. *S* ist die mit steifem Schmiermaterial gefüllte Kapsel für *R*. Das Zugseil ruht auf der Rolle *R* und wird beim Kuppeln durch den Kreisabschnitt *E* gegen dieselbe gepreßt. Das Bewegen von *E* geschieht durch Drehen des Hebels *H*, welcher vermittels eines in *K* gelagerten Excenters den Kreisabschnitt *E* nach unten oder nach oben bewegt. Letzterer ist nach beiden Seiten hin excentrisch geformt, sodaß bei Steigung oder Gefäll ein selbstthätiges Festklemmen der Kuppelung bewirkt wird.

Die Pressung zwischen Seil und Excenter entspricht immer der mehr oder weniger starken Neigung der Bahn. Das Abkuppeln kann an jeder beliebigen Stelle des Seiles durch Umlegen von *H* erfolgen, wenn durch einen Anschlag ein Stoß in der Pfeilrichtung ausgeübt wird, wodurch das kreisförmige Stück *E* sich hebt und das Seil freigibt.

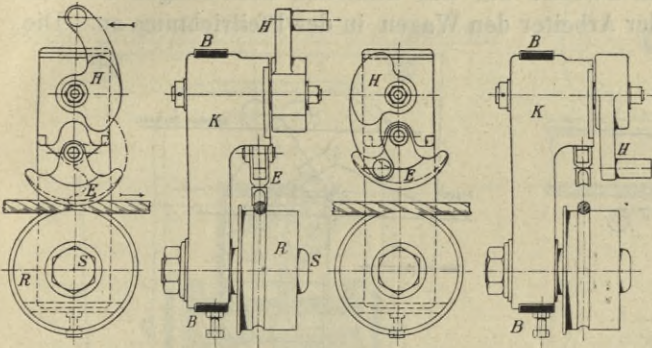


Abb. 92, 93, 94, 95. Reibungskuppelung, A. Bleichert.

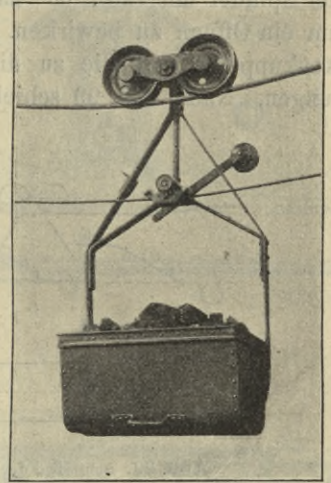


Abb. 96. Hängebahnwagen mit Pohlig's Universal-Klemmvorrichtung.

In Abb. 96 ist ein Hängebahnwagen mit Pohlig's (Otto's) Universal-Klemmvorrichtung dargestellt. Dieselbe ist vom Arbeiter unabhängig, schon das Zugseil, gestattet Steigungen bis 1 : 1 und Einzellasten bis zu 1000 kg. Schnee und Kälte sind ohne Einfluß auf ihr sicheres Wirken. Die Vorrichtung kann das Zugseil an jeder Stelle fassen, sie stellt sich selbstthätig stets in die Richtung des Zuges (kein Ecken des Seiles) und verursacht beim Ankuppeln keinen Ruck.

Die Wirkungsweise der Universalkuppelungsvorrichtung ist folgende (s. Abb. 97): Die Spindel *a* hat Rechtsgewinde *b* von großer Ganghöhe in der Klemmbacke *k*

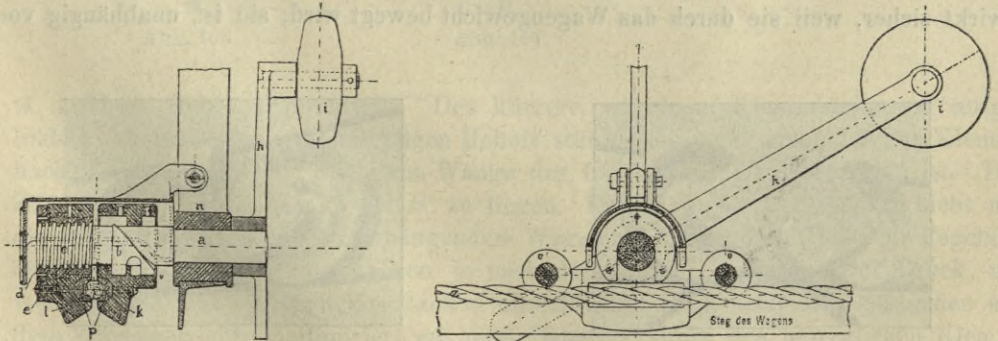


Abb. 97 u. 98. Universalklemmvorrichtung.

und feines Linksgewinde *c* in der Klemmbacke *l*. Die Spindel *a* ist in einfachem Augenlager *n* auf dem Wagensteg drehbar gelagert. Legt man den Hebel *h* mit

Gegengewicht i von links nach rechts, so nähern sich k und l , das Zugseil z zwischen sich festklemmend. Dadurch, daß das Gewinde b sehr steil ist, wirken in einem Teile der Drehung b und c zusammen, wodurch ein schnelles Sichnäher der Klemmbacken stattfindet. Sobald aber das Seil berührt wird, vergrößert sich der Druck auf dasselbe durch Wirkung des feinen Gewindes langsam, aber kräftig. Ein Drehen der Spindel um 120° , 60° nach rechts oder nach links von der Lotrechten, genügt, um ein Öffnen zu bewirken. Abb. 99 u. 100 veranschaulichen die Art des Ein- und Auskuppelns und die zu diesem Zwecke auf den Stationen notwendigen Vorrichtungen. Nach Abb. 99 schiebt der Arbeiter den Wagen in der Pfeilrichtung an. Die

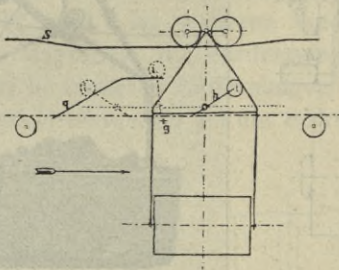


Abb. 99. Schließen der Kuppelung.

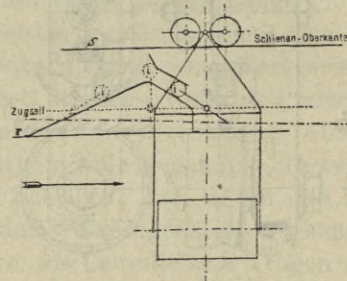


Abb. 100. Öffnen der Kuppelung.

Hängeschiene s hat eine Einsenkung von etwa 90 mm und es setzt sich der in dieselbe hinunterlaufende geöffnete Apparat auf das Zugseil, sodaß letzteres unter die Rollen o (Abb. 98) zu liegen kommt und damit genau zwischen die Klemmfutter p . Das Gegengewicht des weiter geschobenen Wagens läuft auf das schräge Flacheisen q auf, wodurch sich der Hebel senkrecht stellt und sein unteres Ende gegen den Stift g anschlägt. Dadurch legt sich das Gewicht nach vorn und der Wagen ist angekuppelt. Zum Öffnen der Klemmvorrichtung läuft das Gegengewicht i (Abb. 100) auf ein schräggestelltes Flacheisen r auf und dreht sich allmählich nach rückwärts, dadurch das Zugseil freigebend. Das Gegengewicht verhindert ein willkürliches Öffnen der Vorrichtung.

Bleichert's Kuppelungsvorrichtung „Automat“ (Abb. 101 bis 108) wirkt sicher, weil sie durch das Wagengewicht bewegt wird, sie ist unabhängig von

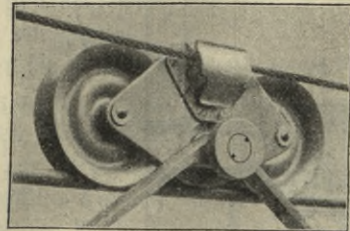
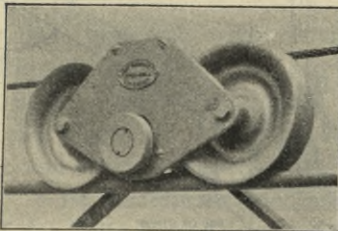


Abb. 101, 102. Kuppelungsvorrichtung „Automat“.

der Aufmerksamkeit des Personals und kann ohne weiteres für beide Fahrrichtungen, sowie in hohlen und erhabenen Krümmungen verwendet werden.

Das Wagengehänge *G* (Abb. 103 bis Abb. 108) trägt an seinem oberen Ende den Mittelbolzen *M*, der in dem Gleitkörper *K* gelagert ist, welcher sich in lotrechter Richtung zwischen den gußstählernen Wangen bewegen kann. An seinem oberen Ende trägt *K* die mit einem Schlitz versehene Druckschraube *D*, in welche der um

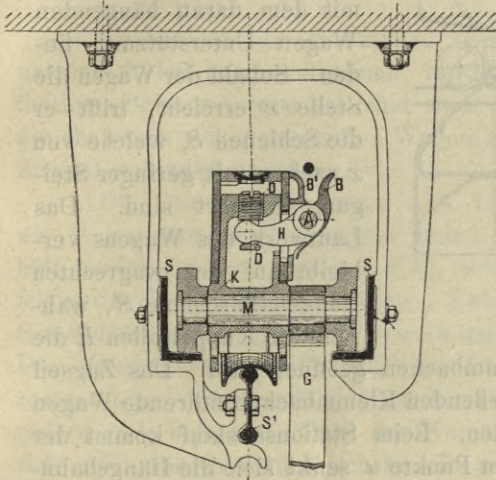


Abb. 103.

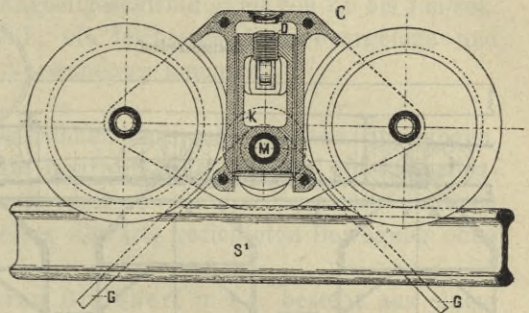


Abb. 104.

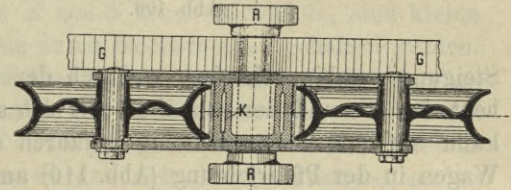


Abb. 105.

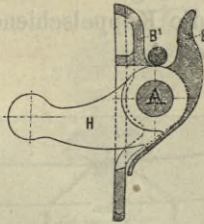


Abb. 106.

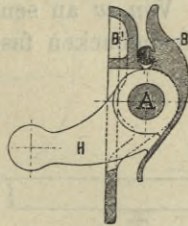


Abb. 107.

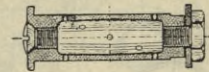


Abb. 108.

A drehbare Hebel *H* eingreift. Der kürzere, zu einem Klemmbacken *B* ausgebildete Schenkel des zangenförmigen Hebels stützt sich gegen einen zweiten Klemmbacken *B'*, welcher mit der einen Wange des Laufwerkes fest verbunden ist. Das Zugseil kommt zwischen *B* und *B'* zu liegen. Die Schraube *D* überträgt nicht nur die Bewegung von *K* mit daranhängendem Wagen auf *H*, sondern dient zur Regelung der Entfernung der beiden Backen je nach dem Seildurchmesser. Der Druck, mit welchem das Seil zwischen den Backen eingeklemmt wird, setzt sich zusammen aus dem Wagengewicht, multipliziert mit dem Hebelverhältnis des beweglichen Klemmbackenhebels. Durch entsprechende Wahl dieses Hebelverhältnisses kann der Druck so gesteigert werden, daß ein Rutschen des Seiles, selbst bei den größten Steigungen, nicht vorkommt. Die Länge der Klemmbacken kann beliebig groß gemacht werden, um das Zugseil günstig zu beanspruchen.

Zum Ein- und Auskuppeln des Wagens dienen die an den Enden des Mittelbolzens befindlichen Kuppelrollen R . Beim Einlauf in die Station gelangt der Wagen auf eine sich mittels Zunge an das Tragseil anschließende Hängebahnschiene S' (Abb. 109). Zu beiden Seiten derselben befinden sich die aus L-Eisen hergestellten Leit- oder Kuppelschienen S , auf welchen an gegebener Stelle die Kuppelrollen R , somit der Mittelbolzen M mit dem daran hängenden Wagen Unterstützung finden. Sobald der Wagen die Stelle x erreicht, trifft er die Schienen S , welche von x nach y mit geringer Steigung geführt sind. Das Laufwerk des Wagens verbleibt auf der wagrechten Hängebahnschiene S' , während die Kuppelrollen R die

Steigung xy hinauflaufen, wodurch der Klemmbacken geöffnet wird. Das Zugseil hebt sich aus und der von Z an mit sich schließenden Klemmbacken fahrende Wagen kann auf der Station beliebig gefahren werden. Beim Stationsauslauf kommt der Wagen in der Pfeilrichtung (Abb. 110) an. Im Punkte u senkt sich die Hängebahnschiene und die Kuppelrollen sitzen auf den wagrecht weitergeführten Kuppelschienen. Das Laufwerk senkt sich, der Neigung der Hängebahnschiene entsprechend und öffnet dadurch die Klemmbacken. In dieser Stellung führt sich das Zugseil zwischen v und w von oben in die Backen ein. Von w an senken sich die Kuppelschienen S , ebenso der Gleitkörper K und die Klemmbacken fassen am Seil fest.

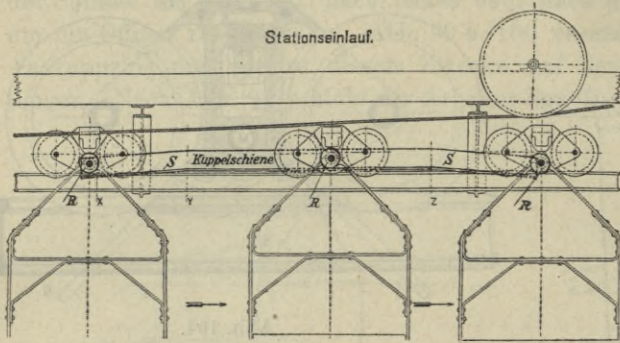


Abb. 109.

Steigung xy hinauflaufen, wodurch der Klemmbacken geöffnet wird. Das Zugseil hebt sich aus und der von Z an mit sich schließenden Klemmbacken fahrende Wagen kann auf der Station beliebig gefahren werden. Beim Stationsauslauf kommt der Wagen in der Pfeilrichtung (Abb. 110) an. Im Punkte u senkt sich die Hängebahnschiene und die Kuppelrollen sitzen auf den wagrecht weitergeführten Kuppelschienen. Das Laufwerk senkt sich, der Neigung der Hängebahnschiene entsprechend und öffnet dadurch die Klemmbacken. In dieser Stellung führt sich das Zugseil zwischen v und w von oben in die Backen ein. Von w an senken sich die Kuppelschienen S , ebenso der Gleitkörper K und die Klemmbacken fassen am Seil fest.

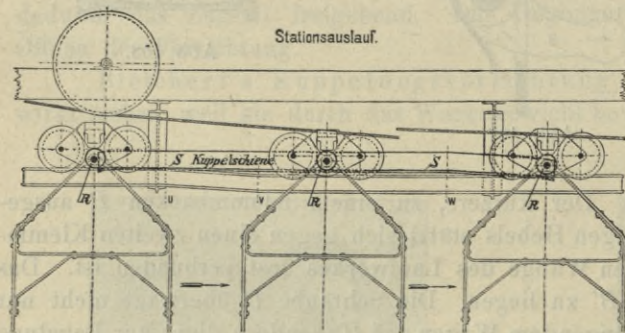


Abb. 110.

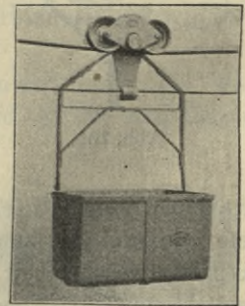


Abb. 111. Kuppelungsvorrichtung mit tiefliegendem Seil.

Außer den vorstehend beschriebenen Kuppelungsvorrichtungen mit hochliegendem Zugseil bringt die Unternehmung A. Bleichert u. Co. noch eine mit tiefliegendem Seil zur Ausführung (Abb. 111). Erstere Anordnung findet vorzugsweise Anwendung bei geringer Zugseilspannung, letztere dagegen bei Anlagen mit großer Seilspannung und schwierigen Bodenverhältnissen. Abb. 108 zeigt einen

zur Aufnahme von Fett eingerichteten Zapfen für Laufrollen. Die unmittelbare Verbindung der Klemmvorrichtung mit dem Laufwerk hat den Vorteil, daß die Achse der Klemmbacken stets gleichlaufend zur Seilachse bleibt, somit eine ungünstige Beanspruchung des Seiles in der Vorrichtung nicht eintreten kann. Ueberdies faßt dieselbe Vorrichtung mit gleicher Sicherheit ein Seil von 15 mm Durchmesser wie ein solches von 18 mm. Da eine Zugseilgeschwindigkeit von 2,5 bis 3 m/sek. zulässig ist, dürfen ein schwächeres Zugseil, ein leichteres Antriebvorgelege und weniger Wagen bei gleicher Leistung zur Verwendung kommen.

Selbstthätige Bremsen. Bei Seilbahnen mit sehr starken Steigungen, namentlich bei Bremsseilbahnen, werden die Laufwerke der Wagen oft mit selbstthätigen Bremsen versehen, und zwar derart, daß sowohl die bergwärts als auch die thalwärts sich bewegenden Wagen an einer abwärts gerichteten Bewegung ohne Zugseil gehindert werden.

Die Vorwärtsbremse (Abb. 112) von Bleichert u. Co. besteht aus einem um O drehbaren doppelarmigen Hebel mit Bremsklötzen. Dieser Doppelhebel enthält im Innern zwei Ansätze KK_1 , welche sich gegen zwei, mit dem Mittelbolzen fest verbundene Stücke SS_1 legen. Zwischen K und S bzw. K_1 und S_1 sind kleine Gummistücke eingelegt, welche nach außen hin durch Blechscheiben gehalten werden. Die Vorwärtsbremse wird nun beim Bau des Wagens so eingestellt, daß bei wagrechter Lage des Querstückes die Bremsklötze in gewisser Entfernung von den Laufrollen sich befinden. Geht der Wagen auf eine geneigte Strecke über, so stellt sich auch das Querstück schräg ein und es werden sich die Bremsklötze um so stärker an die Räder anlegen, je größer die Neigung der Strecke ist.

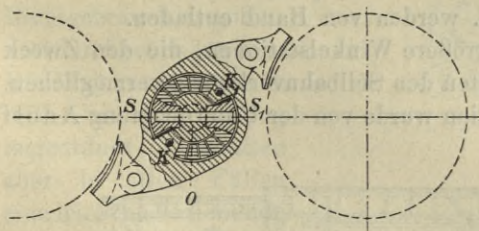


Abb. 112. Vorwärtsbremse.

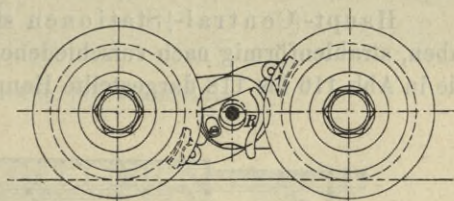


Abb. 113. Rückwärtsbremse.

Bei der Rückwärtsbremse (Abb. 113) ist zwischen den Laufrädern des Gestelles ein exzentrisch geformtes loses Rad R angebracht. Wenn das Zugseil reißt und der Wagen eine entgegengesetzt gerichtete Bewegung annehmen will, so wird sich das lose Rad zwischen die Laufräder einklemmen und die Bewegung verhindern.

Anfangstation, Beladestation. Stationen werden außer an den Endpunkten bei langen Bahnen von 5000 bis 6000 m auf der Strecke auch dort errichtet, wo die Bahnlinie von der geraden Richtung abweicht (Winkelstation). Zum Beladen müssen die Wagen auf besonderen Gleisen (Hängeschiene, die auf Schuhen einseitig etwa 2 m über dem Fußboden gelagert sind) aufgestellt werden und zwar ohne Verbindung mit dem Zugseile. Zu diesem Zwecke werden die Wagen meist selbstthätig vom Zugseile losgekuppelt und durch Arbeiter auf das gewöhnlich aus Flach-eisen hergestellte Beladegleis geschoben.

Die in Abb. 114 u. 115 dargestellte Beladestation eignet sich für Kohlen- und Erzförderung (Ausführung von A. Öhler & Co. in Aarau, Schweiz). Ein Füllrumpf *R* ist zur Aufnahme des von den Gruben gelieferten Fördermaterials bestimmt und

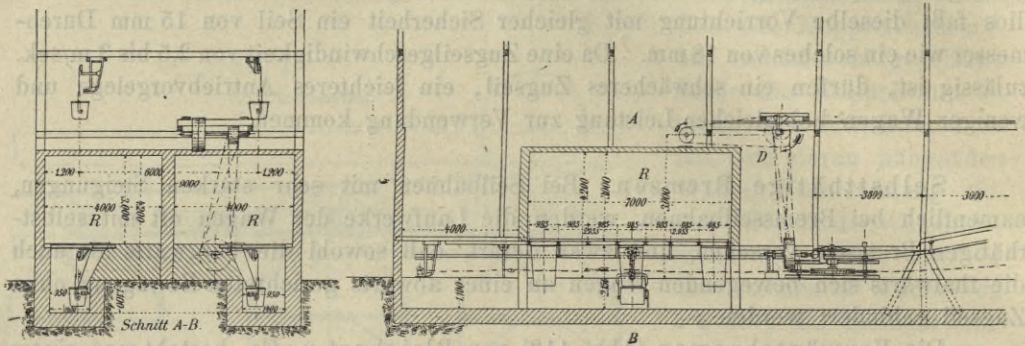


Abb. 114 u. 115. Beladestation.

kann sein Gut durch drei mit lotrecht beweglichem Schieber verschließbare Füllschnauzen an die Wagen abgeben. *D* ist die für den Betrieb erforderliche Kraftmaschine. Ankommende, vom Zugseil gelöste leere Wagen werden durch Weichen an den Füllrumpf gelenkt, alsdann wieder durch Weichen auf das Laufseil gefahren und angekuppelt.

Entladestation. Zum Entladen der Wagen wird die Zugseilverbindung gelöst und es werden die Fahrzeuge auf besonderen Gleisen durch Arbeiter den Entladevorrichtungen zugeführt. Das Entladen gewisser Materialien geschieht am einfachsten durch Kippen der Wagenkasten um ihre Drehzapfen, die in den Gehängen gelagert sind. Säcke, Kisten, Fässer u. dgl. werden von Hand entladen.

Haupt-(Central-)Stationen sind größere Winkelstationen, die den Zweck haben, strahlenförmig nach verschiedenen Seiten den Seilbahnverkehr zu ermöglichen. Die in Abb. 116 bis 118 dargestellte Hauptstation wurde von der Unternehmung Adolf

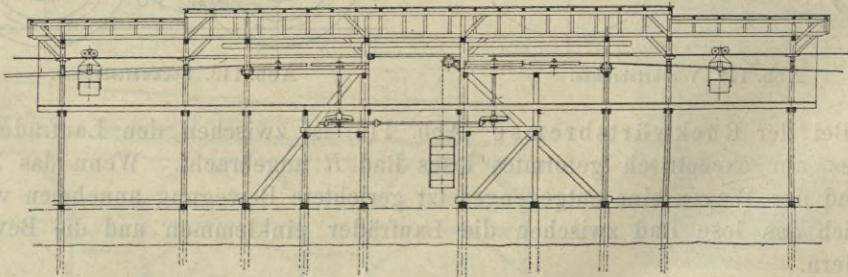


Abb. 116. Haupt-(Central-)Station.

Bleichert u. Co. in Leipzig-Gohlis für die Gewerkschaft „Ludwig II“ in Staßfurt zur Beförderung von Kalisalzen und Rückständen eingerichtet.

Schutzvorrichtungen. Beim Überschreiten von Straßen und Eisenbahnen wird unterhalb der Seilbahn ein hölzernes oder eisernes Schutzdach angebracht, um das etwa vorkommende Herausfallen von Materialien oder Abstürzen der Wagen bei Seilbruch unschädlich zu machen. Abb. 119 u. 120 geben Schutzvorrichtungen

von J. Pohlig in Köln, erstere für einen Straßenübergang einer Doppelseilbahn bei Bochum, letztere für einen Bahnübergang bei Köln.

Zum Zählen der geförderten Wagen können selbstthätige Zählvorrichtungen angebracht werden. Wo es sich darum handelt, das Gewicht der geförderten Stoffe genau festzustellen, werden Schnellwagen aufgestellt, welche ein Wiegen der Seilbahnwagen in einigen Sekunden ermöglichen.

In Abb. 121 ist eine solche Wage dargestellt, wie sie von der Düsseldorfer Maschinenbau-Akt.-Ges., vorm. J. Losenhausen, angefertigt wird. Die Wagen werden in die Hängeschiene eingeschaltet, sodaß die Seilbahnwagen bei Nichtgebrauch ungehindert durchgehen können. Die Wagen werden auch mit Gleisunterbrechung angeordnet, erhalten aber in allen Fällen eine leicht zu bedienende Abstellvorrichtung durch Handhebel mit Patent-Sicherheitsgesperre. In einfacher Weise kann noch ein Zählwerk angebracht werden, welches gestattet, die Zahl der vorgenommenen Wägun-gen zu beobachten.

Da die Wage nur in Laufgewichts-anordnung ausgeführt wird, bedarf sie keiner Gewichtsteine und kann mit einer Gewichtdruckvorrichtung versehen werden, wodurch die ermittelten Gewichte unmittelbar auf einen Wiegeschein gedruckt werden. Der Preis einer Hängebahnwage ohne Gleisunterbrechung beträgt 400 Mk., mit Zähler 85 Mk. mehr.

Die Hängebahnen sind eine besondere Art der Seilbahnen. Die bereits bei

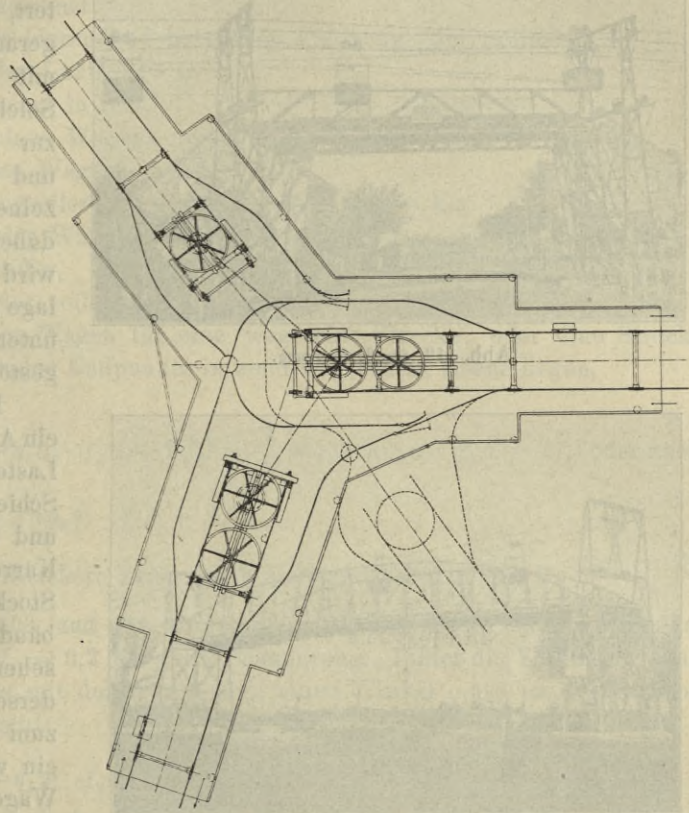


Abb. 117. Centralstation.

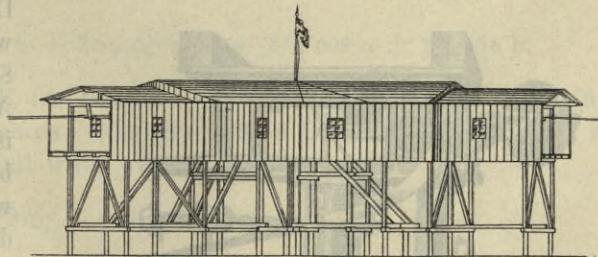


Abb. 118. Centralstation.

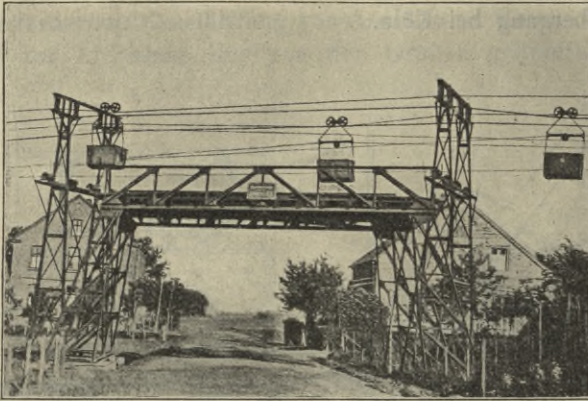


Abb. 119. Straßenübergang.

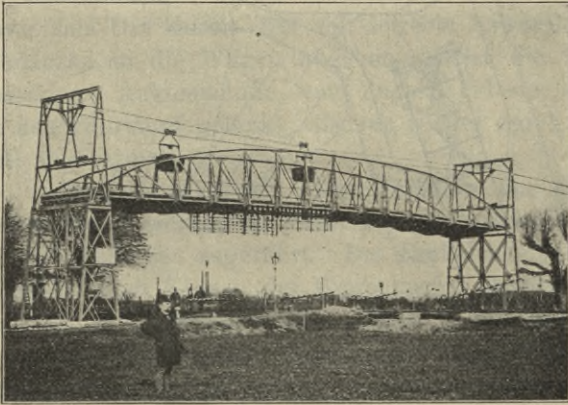


Abb. 120. Bahnübergang.

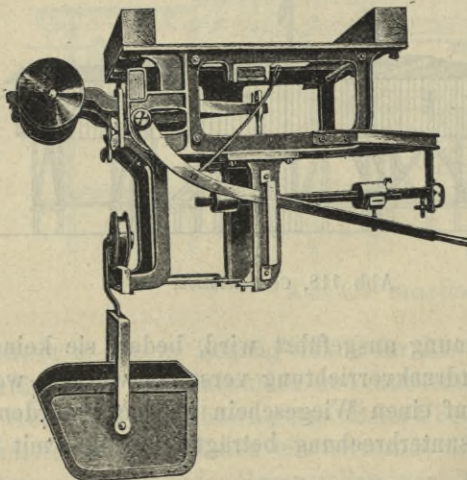


Abb. 121. Wage für Hängebahnen.

den Stationen erwähnten Hängebahnen werden oft als Bahnanlage für Handbetrieb erweitert, bei größeren Längen und geraden Strecken aber auch mit Seilbetrieb eingerichtet. Solche Hängebahnen dienen zur Beförderung in Fabriken und zur Verbindung der einzelnen Gebäude unter sich; dabei bleibt der Boden frei und wird bei entsprechender Höhenlage der Schienen der Verkehr unter denselben in keiner Weise gestört.

Bei einer Hängebahn kann ein Arbeiter doppelt so schwere Lasten fahren, wie auf einer Schienenbahn zu ebener Erde und 4 bis 5 mal soviel als bei Karrenbetrieb. Sind mehrere Stockwerke eines Fabrikgebäudes mit Hängegleisen versehen, so kann die Verbindung derselben von einem Stockwerk zum anderen und, wenn nötig ein vollständiger Kreislauf der Wagen im ganzen Werk, auf einfache Weise mittels Fahrstuhl bewerkstelligt werden. Durch Einführung der Klappweichen (D. R. P. 81 674 und 86 259) der Unternehmung A. Bleichert & Co. in Leipzig ist der Betrieb derartiger Hängebahnen wesentlich vereinfacht worden und es können selbst die schwierigsten Anlagen mit großer Geschwindigkeit befahren werden, ohne ein Entgleisen der Wagen befürchten zu müssen.

Betrieb und erforderliche Arbeit. Die aufzuwendende Gesamtarbeit ist abhängig von der Länge der Strecke, von dem Höhenunterschied,

der Zapfenreibung der Wagenlaufwerke und der rollenden Reibung der Laufräder auf den Seilen. Die Laufseile werden deshalb auf ihrer oberen Fläche von Hand, oder mechanisch durch eine mit dem Laufwerk eines Förderwagens verbundene Vorrichtung geschmiert. Bezeichnet:

- $2n$ die Gesamtzahl der leeren und beladenen Fahrzeuge der Seilbahn,
 D den Durchmesser der Laufrollen in mm,
 d den Zapfendurchmesser in mm,
 q das Eigengewicht eines Wagens nebst Kuppelung und Laufwerk in kg,
 Q das Ladegewicht des Wagens in kg,
 q_s das Gewicht des Zugseiles für das laufende Meter in kg,
 a die Entfernung zweier Wagen im Betrieb in m,
 f_z die Zapfenreibungsziffer,
 f_r die Verhältniszahl der rollenden Reibung für den Durchmesser D in mm,
 W den Widerstand aller Wagen für eine wagrechte Strecke, oder eine Strecke, bei welcher die beiden Endpunkte in einer wagrechten Ebene liegen,

dann ist

$$W = \frac{1}{D} (nq + nQ + nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r) + \frac{1}{D} (nq + nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r) \text{ oder auch}$$

$$W = \frac{1}{D} (2nq + nQ + 2nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r).$$

Nach Angabe von Bleichert kann der Widerstandskoeffizient, also $\frac{f_z d + 2f_r}{D}$ für neue Bahnen zu 1:100 und für eingelaufene Wagen zu 1:250 angenommen werden; $f_z = 0,015$ und $f_r = 0,2$ bei guter Schmierung. Bildet die Verbindungslinie der beiden Endstützpunkte mit der Wagrechten einen Winkel α , so ist der Gesamtwiderstand W_1 aller Wagen:

$$W_1 = \frac{1}{D} (nq + nQ + nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r) \cos \alpha \pm (nq + nQ + nq_s a) \sin \alpha + \frac{1}{D} (nq + nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r) \cos \alpha \mp (nq + nq_s a) \sin \alpha$$

und hieraus:

$$W_1 = \frac{1}{D} (2nq + nQ + 2nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r) \cos \alpha \pm nQ \sin \alpha.$$

Das obere Zeichen gilt für beladene Wagen bergwärts, das untere für dieselben, wenn sie thalwärts fahren. Aus der letzten Gleichung ergibt sich ferner, daß der Zugwiderstand zu Null wird, wenn

$$nQ \sin \alpha \geq \frac{1}{D} (2nq + nQ + 2nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r) \cos \alpha,$$

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \frac{1}{D} \cdot \frac{(2q + Q + 2q_s a) \cdot (f_z d + 2f_r)}{Q}$$

ist. Hat der Winkel α den vorstehenden Wert, so ist keine Kraftanlage mehr notwendig, wenn die beladenen Wagen thalwärts fahren; die Anlage wird zur Bremsseilbahn.

Bezeichnet v die Wagengeschwindigkeit in m/sek., so ist die widerstehende Arbeit in PS gleich:

$$N = \frac{v}{D} \cdot \frac{(2nq + nQ + 2nq_s a) \cdot (f_z d + 2f_r) \cos \alpha \pm nQ \sin \alpha}{75}.$$

Wird $\frac{f_z d + 2f_r}{D} = \frac{1}{250}$ gesetzt, so folgt

$$N = \frac{nv}{250} \left(\frac{(2q + Q + 2q_s a) \cos \alpha}{75} \right) \pm \left(\frac{nv Q \sin \alpha}{75} \right).$$

Für Seilbahnen nach Bleichert'scher Bauart ist die Betriebskraft annähernd:

$$N = \frac{Q}{270} \left\{ \frac{l}{100} [2 + 0,005 (100 - Q)] \pm h \right\} + N_0,$$

wobei

l die Bahnlänge in m,

Q die Leistung in Tonnen für die Stunde,

h der Höhenunterschied der beiden Endpunkte (+ bei aufwärts gehender Last,
- bei abwärts gehender),

N die Betriebskraft in PS.,

N_0 eine Unveränderliche für Reibung in den Endstationen, gleich 0,5 bis 5.

Bremseilbahnen. Wenn die Größe des Steigungswinkels eine solche ist, daß

$$\operatorname{tg} \alpha > \frac{f_z d + 2f_r}{D} \cdot \frac{(2q + Q + 2q_s a)}{Q},$$

so braucht eine besondere Kraftmaschine nicht angewendet zu werden. Die überschüssige Kraft wird auf der Endstation vernichtet. Besondere Windevorrichtungen kommen zur Anwendung, wenn die Bahn nach stattgefundener Ausbesserung wieder in Bewegung gesetzt werden soll. Zum Ankuppeln, Beladen und Entladen der Wagen befinden sich auf den Stationen gewöhnlich zwei Mann. Die Strecke bedarf keines Dienstpersonals zu ständiger Wartung.

Leistungsfähigkeit. Die Drahtseilbahnen eignen sich für eine Förderung von 5 bis 120 Tonnen in der Stunde. Es ist empfehlenswert die Fahrzeuge in Zeitabschnitten von 20 Sek. sich folgen zu lassen (drei Wagen in der Minute). Bei Fördermengen von mehr als 800 t täglich — in zehn Arbeitsstunden — empfiehlt sich die Doppelseilbahn, bei geringen Fördermengen dagegen eingleisige, bezw. einseilige Ausführung. Die Förderkosten belaufen sich je nach Umständen auf 10 bis 2½ Pfennige für das Tonnenkilometer.

Anlagekosten. Dieselben betragen je nach den Bodenverhältnissen, dem in Frage kommenden Fördergut, der Höhe der Förderung und der Größe der Einzellasten u. s. w. etwa 12000 bis 60000 Mk. für das km. Bei Überschreitung fremder Grundstücke wird in den meisten Fällen ein Streifen von 4 bis 5 m Breite längs der Bahnlinie gepachtet. Die Bestellung dieses Streifens bleibt den Besitzern überlassen, nur ist ein Fußpfad längs der Strecke zur Begehung derselben frei zu geben. Der Pachtzins richtet sich nach dem betreffenden Landesteil.

Allgemeine Preisangaben sind nicht gut zu machen, da örtliche Verhältnisse eine große Rolle spielen. Bei flachem Gelände und unter gewöhnlichen Umständen können die Preise nachstehender Tabelle von A. Bleichert & Co. in Leipzig entnommen werden. Die fettgedruckten Zahlen bezeichnen die Kosten der gesamten Eisenteile einschließlich der Wagen in Mark (für 1 m Bahnlänge). Die besonders zu berechnenden Kosten für Holzarbeiten und Einrichtung der Linie, welche von den jeweiligen Verhältnissen abhängen, betragen bei Durchschnittsbahnen etwa 4 Mk. für das laufende Meter. Die zweite Zahlenreihe giebt die Förderkosten für 10 t in Mark, mit Einschluß der Verzinsung des Anlagekapitals, der gesamten Unterhaltungskosten,

der Bedienungsmannschaft, sowie der Bodenmiete für gebräuchliche Durchschnittspreise.

| Länge der Bahnlinie m | Tägliche Förderung in Tonnen zu 1000 kg | | | | |
|--------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 500 | 15,00 | 16,50 | 18,00 | 20,50 | 22,00 |
| | 0,92 | 0,62 | 0,53 | 0,48 | 0,47 |
| 1000 | 12,50 | 14,25 | 16,25 | 18,00 | 19,25 |
| | 1,20 | 0,82 | 0,65 | 0,60 | 0,54 |
| 2000 | 11,25 | 13,50 | 15,50 | 17,00 | 18,75 |
| | 1,70 | 1,12 | 0,90 | 0,78 | 0,75 |
| 5000 | 10,75 | 13,00 | 14,75 | 16,50 | 18,25 |
| | 2,95 | 2,00 | 1,55 | 1,35 | 1,20 |

Nachfolgende Tabelle giebt die notwendige maschinelle Kraft und die ungefähren Kosten (ohne Betriebsmaschine und Beförderung) für das Kilometer Bahnlänge bei deutscher Bauart (Angaben von Ceretti & Tanfani, Mailand).

| Fördermenge in Tonnen in der Stunde | Erforderl. PS. für wagrechte Bahn | Erforderl. PS. für Steigung 1 : 3 | Nötiges Gefäll, damit die Bahn selbstthätig sei | Kosten | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|----------------------------------|
| | | | | für wagrechte Bahn Mark | für eine Steigung von 1 : 3 Mark |
| 10 | 3 L | 15 L | 1 : 9 | $L \times 8800 + 2400$ | $L \times 10000 + 4000$ |
| 20 | 4 L | 30 L | 1 : 15 | $L \times 12000 + 3200$ | $L \times 13200 + 5600$ |
| 40 | 6 L | 60 L | 1 : 22 | $L \times 15200 + 4000$ | $L \times 16800 + 7200$ |
| 60 | 9 L | 90 L | 1 : 23 | $L \times 18400 + 4800$ | $L \times 20000 + 11200$ |

Dabei ist *L* die Länge der Bahn in km. Ceretti & Tanfani geben für Bahnen englischer Bauart, bei Längen bis zu 4 km, einer täglichen Fördermenge von nicht mehr als 20 Tonnen und geringen Steigungen folgende Tabelle:

| Fördermenge in Tonnen in der Stunde | Erforderliche PS. für wagrechte Bahn | Kosten in Mark |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 5 | 2,5 L | $L \times 5200 + 2000$ |
| 10 | 4,0 L | $L \times 6000 + 2800$ |
| 15 | 6,0 L | $L \times 6800 + 3600$ |
| 20 | 8,5 L | $L \times 7600 + 4400$ |

Abb. 122 zeigt als Beispiel größerer Ausführungen eine Spannweite von 800 m, hergestellt von der Unternehmung J. Pohlig in Köln für die Gesellschaft des Thonwerkes zu Friedrichsseggen a/d. Lahn. Die Bahn hat eine gesammte Länge von 2160 m mit einem Gefälle von 1 : 10.

§ 10. Schwebende Seilbahnen. Seilbahnen mit ununterbrochenem Betrieb für Personenbeförderung. — Schwebende Seilbahnen zur Personenbeförderung sind von der Unternehmung Ceretti & Tanfani für die Ausstellungen in Mailand,

Venedig, Genf, Turin und Wien ausgeführt worden. Sie bestanden der Hauptsache nach aus zwei Wagen für acht bis zehn Personen, welche bei Wechselbetrieb auf zwei nebeneinanderliegenden Seilen von 32 mm Durchmesser liefen. Hölzerne Gerüste von 8 bis 15 m Höhe unterstützten in Entfernungen von 160 bis 200 m die beiderseitig im Boden verankerten Tragseile. Das Zugseil von 10 mm Durchmesser erforderte bei 5 m Geschwindigkeit eine motorische Kraft von 12 bis 16 PS.

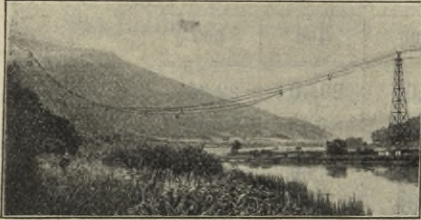


Abb. 122. Seilspannweite von 800 m.

In Turin wurden in sechs Monaten 250 000 Personen über den Po gesetzt. Die 250 m lange Bahn der Wiener Ausstellung ist dadurch bemerkenswert, daß sie bei ununterbrochenem Betrieb, auf vier Stützen von 12 m Höhe ruhend, nach der englischen Bauart angelegt war. Zehn Wagen zu zwei bis vier Personen liefen mit einer Geschwindigkeit von 1 m/sek. Die Betriebskraft betrug 10 PS und ruhte das 28 mm starke Seil auf Scheiben von 2800 mm Durchmesser mit schmiedeeisernen Speichen. Die Kuppelungen waren von der Bauart Bellani. In vier Monaten wurden 400 000 Personen befördert.

Ceretti & Tanfani in Mailand haben auch für die Weltausstellung von 1900 in Paris einen vollständigen Entwurf einer Seilbahn über die Seine ausgearbeitet. Dabei war eine einzige Spannung von 500 m vorgesehen, welche, an 50 m hohen Türmen aufgehängt, von zwei Wagen mit je 32 Personen befahren werden sollte. Gründe, welche mit dem Entwurfe in keinem Zusammenhang standen, ließen denselben nicht zur Ausführung gelangen.

In Zukunft dürften diese Luftseilbahnen vielleicht eine Rolle spielen, wie die Langen'sche Einschienenbahn. Die solchen Anlagen entgegengebrachte Ängstlichkeit ist, vom Standpunkte der Seilerzeugung aus betrachtet, sowie wissenschaftlich und im Hinblick auf die Ausführung nicht zu rechtfertigen.

Eine derartige Bahn zur Personenbeförderung besteht in England über den Devil's Dyke (Teufelsgraben) in Brighton³⁴⁾. Zwei Stützen tragen bei 198 m Entfernung von einander ein Seil, an welchem verschieden lange Stahlgußstücke von Ankerform hängen. Letztere sind so angeordnet, daß die doppelte Fahrbahn, an welcher vierräderige Wagen hängen, wagrecht ist. Die größte Höhe über dem Boden beträgt 70 m. Ein endloses Seil, von einem Petrolmotor betrieben, zieht die Wagen.

§ 11. Kabelbahnen in Städten. — Das Heimatland der Kabelbahnen ist Amerika, wo dieselben zuerst in San Francisco, der hügeligsten aller Städte, durch Hallidie im Jahre 1873 zur Ausführung gelangten. In Europa besitzen nur England, Frankreich und Portugal Kabelbahnen.

In Amerika verwendet man im allgemeinen Seilbahnen für dichten, zu bestimmten Tagesstunden auftretenden Verkehr, künftig aber wohl mehr elektrische Trambahnen. Erstere sind in der Anlage und bei kurzen Strecken auch im Betriebe kostspielig; in großen Anlagen dagegen wird der Betrieb nur den dritten Teil des elektrischen

³⁴⁾ Vgl. Engineering, 1894.

betragen. Bei gut hergestellten Seilbahnen dieser Art kostet 1 km 200 000 bis 260 000 Mk., im Durchschnitt 1 m in gerader Strecke 140 Mk., in Krümmungen 420 Mk. Das Wagenkilometer, 20 bis 30 v. H. billiger als bei Pferdebetrieb, beläuft sich auf 16 bis 17,1 Pfg., gegen 40 bis 60 Pfg. bei elektrischem Betrieb. Der Kraftbedarf für die Seilbahnen ergibt sich verschieden, je nach der Bahnanlage. Krümmungen bedingen große Widerstände, bedeutende Seilabnutzung und beträchtliche Anlagekosten, wogegen in geraden Strecken der Verkehr sich äußerst vorteilhaft gestaltet. Der Straßenschmutz ist für den Seilkanal ein großes Übel.

Das Wesen des Seilbetriebes besteht darin, daß ein endloses Seil in einem in der Mitte zwischen den Laufschiene liegenden und durch einen Längenschlitz zugänglichen Kanal auf Leitrollen von einer Hauptstelle aus bewegt wird. Die Wagen haben einen Mitnehmer (grip), der mit einem flachen Arm durch den Schlitz in den Kanal hineinragt und durch Backen, die vom Wagenführer nach Belieben zusammengepreßt oder geöffnet werden können, die Wagen mitnimmt oder ausschaltet. Die Strecken haben zwei Gleise, das eine für die gehenden, das andere für die kommenden Wagen. Die größte Seillänge (in Chicago) beträgt 8430 m; um kleinere Seillängen zu erhalten, wird die Antriebstation in die Mitte der Strecke verlegt und es müssen die Wagen dort das eine Seil loslassen und das andere fassen. Am Ende der Strecke werden große Schleifen (loops) angeordnet, welche das Umkehren gestatten, des Seilverschleißes wegen aber meist durch besondere Seile betrieben werden.

Seile. Diese sind ähnlich beschaffen wie die Förderseile für Bergwerke. In Chicago z. B. haben sie 33 bis 38 mm Durchmesser bei 6 Litzen zu je 16 Drähten von 1,5 mm Durchmesser. Die größte Seilgeschwindigkeit beträgt 6,6 m/sek. Von den 5 Seilbahnstrecken der Straßenbahn in Cleveland (Ohio), die von einer einzigen Hauptstelle aus betrieben werden, hat eine, des dichten Verkehrs wegen, nur 2,7 m/sek. Geschwindigkeit, während die anderen mit 5,6 und 6,5 m/sek. laufen. Wegen dieses Unterschiedes wurde eine besondere Geschwindigkeitsübersetzung notwendig (Abb. 123).

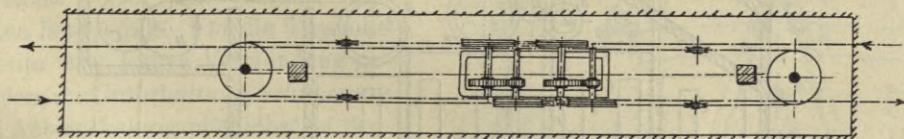


Abb. 123. Geschwindigkeitsumformstation.

Das raschlaufende Hauptseil kommt auf zwei fliegend aufgesteckte Walker'sche Differentialtrommeln (Abb. 128) und geht über eine Kehrrolle zur Hauptstelle zurück. Ein zweites Paar von Trommeln wird durch Stirnräder mit passender Übersetzung angetrieben und bewegt das langsam laufende Nebenseil, das durch Reibungskuppelungen ausgeschaltet werden kann. Tunnel- und Verkehrsschleifenseile müssen oft alle Monate erneuert werden, andere Seile halten 8 bis 9 Monate, selten ein Jahr.

Die regelmäßige Schmierung mit Teer und Leinöl ist von großem Einfluß auf die Abnutzung. Das Meter Seil wiegt etwa 3,72 kg und kostet neu rund 4 Mk. Alte Seile schneidet man in 3 m lange Stücke und verkauft sie zu 25 bis 34 Mk. die Tonne. Jede Nacht wird das Seil zwischen 2 und 6 Uhr, wenn der Verkehr ruht, von der Maschine langsam durchgezogen und untersucht, schadhafte Stellen werden sofort ausgebessert. Um auch während des Betriebes Drahtbrüche sofort

aufzufinden, wird das Seil durch eine beweglich aufgehängte Öse geführt. Die vorstehenden Drähte der Bruchstelle stellen dann Stromschluß her und lassen eine elektrische Glocke ertönen. Ein neues Seil wird dadurch eingeführt, daß es an das alte angebunden und letzteres mittels besonderem Windenwerk auf eine Trommel gerollt wird. Das Einsetzen eines neuen Seiles beansprucht auf diese Weise nur 2 bis 3 Stunden, während das Spleißen durch geübte Arbeiter in $1\frac{1}{2}$ Stunden besorgt werden kann.

Gleise und Schienen. Spurweiten von 1070 und 1520 mm sind die gebräuchlichsten und kommen oft neben einander vor. Das Schienengewicht bestimmt sich weniger nach der darauf rollenden Last, als nach den seitlich darauf ausgeübten Stößen durch Lastwagen. In England kam eine Rillenschiene von 170 bis 180 mm Höhe bei 45 kg/m Gewicht zur Verwendung. Die Schienen ruhen entweder auf Langschwellen, oder auf den Böcken, welche den Seilkanal bilden. Der Schlitz für den Mitnehmer wird gewöhnlich durch \sqcup oder \neg Eisen gebildet und ist 19 bis 28 mm weit. Die Schlitzschiene wiegt 17 bis 33 kg/m.

Seilführung und Oberbau. Die Einführung des Seiles in die Antriebsstation geschieht durch Führungsrollen von 3 bis 3,6 m Durchmesser mit Kompaßaufhängung der Spurlager und stellbarem, oberem Halslager, wodurch der Rollachse jede beliebige Neigung erteilt werden kann. Abb. 124 zeigt die Seileinführung

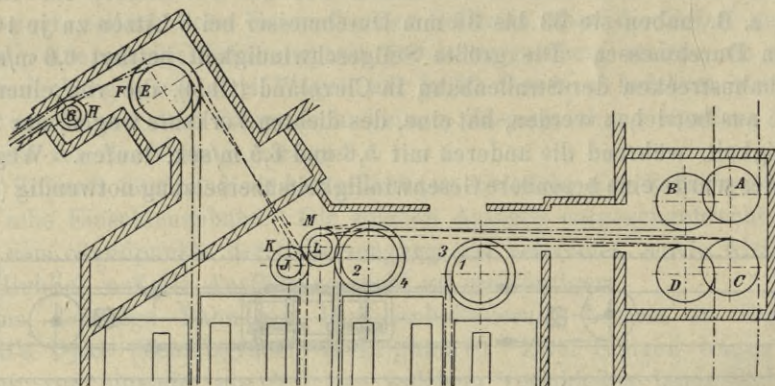


Abb. 124. Seileinführung in die Antriebsstelle.

einer neuen Station in Chicago, Ecke der 12. Straße und Blue Island Av. Es werden drei Kabel betrieben und der eine der vier Seilscheibensätze ist zur Aushilfe für jedes Kabel benutzbar. Das nordöstliche Seil der Blue Island Av. wird über die Scheiben A, B, 4 und 2 den Seiltrommeln zugeführt, das südwestliche läuft über die Scheiben 1, 3 und C, D. Das Seil der Halsted-Straße wird durch die Rollen G, H und die Scheiben E, F dem vierten Seiltrommelsatz zugeführt. Dem dritten zur Aushilfe dienenden Seiltrommelsatz kommen die Seile durch die Scheiben J, K und L, M zu.

Oberbau und Seilführung in der Geraden sind verhältnismäßig einfach. Die Schienen ruhen auf eisernen Böcken, die in Entfernungen von 1 bis 1,5 m von einander auf einer etwa 30 cm hohen Betonschicht aufgestellt sind. In Kalifornien (San Francisco) werden immer noch schmiedeiserne Böcke an Stelle der sonst üblichen

gußeisernen angewendet. Abb. 125 zeigt einen aus alten Eisenbahnschienen hergestellten Bock aus San Francisco. Eine andere alte Anordnung aus derselben Stadt veranschaulicht Abb. 126, wobei der Schlitz durch umgekehrte, gewöhnliche Schienen

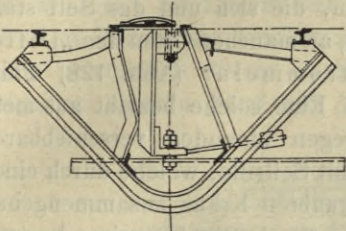


Abb. 125. Seilkanalbock.

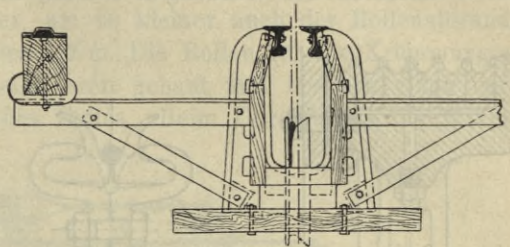


Abb. 126. Seilkanalbock.

gebildet wird. In der Mitte jedes Bockes ist ein eiförmiger Ausschnitt für das Seil, während dasselbe zwischen den Böcken von einem Zementkanal gleichen Querschnitts umschlossen ist. Zwei Schienen, welche etwa 25 mm höher liegen als die Laufschiene, bilden als Mitnehmerschlitz die Wasserscheide für das Tagwasser. Zur Abführung desselben befindet sich z. B. in Chicago zwischen den beiden Gleisen ein besonderer Kanal, der von der Straße zugänglich ist und sein Wasser durch seitliche Abflüsse an den städtischen Kanal abgibt. Wenn zwischen den Schienen keine lose Pflasterung liegt, können die Schlitzschienen im Winter durch Frost zusammengedrückt werden, wodurch der Betrieb gestört wird. Aufseher prüfen die Schlitzweite und regeln dieselbe durch Eintreiben von eisernen Keilen.

Eine von Eckart in Los Angeles, Cal., ausgeführte Anordnung des Seilkanales ist in Abb. 127 dargestellt. Dort ist ein gußeiserner Fuß, welcher zur Aufnahme des einzigen Tragrollenlagers bestimmt ist, durch Flacheisen mit Lauf- und Schlitzschienen verbunden und durch L-Eisen versteift. Der Seilkanal ist aus Beton hergestellt. Für die Tragrolle hat nur ein Lager Verwendung gefunden, um Unterhaltung, Schmierung und Auswechslung möglichst zu vereinfachen.

Seilrollen sind alle 10 m an den Tragböcken angebracht und es erhalten diese Stellen Einsteigschächte. Der Durchmesser der Rollen beträgt etwa 40 cm, fast jede Gesellschaft hat ihren eigenen Rollenquerschnitt. Die Seilrollen sind einfach in Hängelager gelegt, die ohne irgend welche Verschraubung in die Tragböcke eingehängt werden.

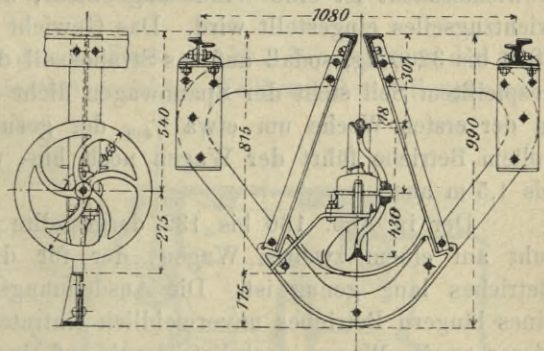


Abb. 127. Seilkanalbock.

Die Lager erhalten eine alle 2 bis 3 Monate zu erneuernde Fettschmierung. Die Rollen halten im günstigsten Falle ein Jahr aus. Sie werden um halbe Mitnehmerbreite aus der Bockmitte entfernt, damit das Seil immer genau in derselben Richtung geführt wird, in welcher es im Mitnehmer liegt.

Seiltrommeln. Ihre Anordnung ist von größter Wichtigkeit; bei neueren Anlagen im Osten werden beide Seiltrommeln angetrieben. Erfolgt der Antrieb nur

auf eine Trommel, so ist ein fünf- bis sechsmaliges Umschlingen des Seiles erforderlich, um die notwendige Reibung zu erzielen. Da das Seil in Folge des wechselnden Betriebes auf den Seiltrommeln selbst beständigen Verlängerungen ausgesetzt ist, somit innerhalb der Windungen rutscht, haben die aus einem Stück hergestellten

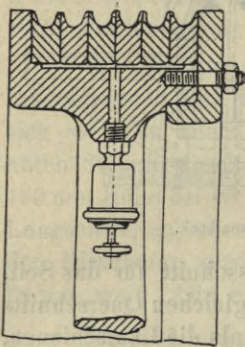


Abb. 128.
Differentialseiltrommel.

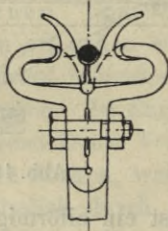


Abb. 129. Selbstspannende Seilscheibe.

selbstspannenden Klammern, nach Art der Fowler'schen Seilscheiben versehen wurden (Abb. 129).

Die Spannwagen dienen dazu, das Seil trotz seiner wechselnden Verlängerungen und Verkürzungen gleichmäßig gespannt zu erhalten. Sie bewegen sich auf Gleisen von 24 bis 30 m Länge. Jeder Wagen trägt eine Seilspannrolle von etwa 3,7 m Durchmesser und erhält das Seil durch ein Gewicht in Spannung, das an einem Zugseil mit zwischengelagerter, etwa 1,2 m langer, kräftiger walzenförmiger Schraubenfeder am Wagen befestigt ist. Auf dem Spannwagen, oder über dem Gewichtschacht ist eine Winde angebracht, auf deren Trommel die Länge des Gewichtzugseiles eingestellt wird. Das Gewicht beträgt je nach der Länge der Bahn 1800 bis 3200 kg, sodaß auf das Straßenseil die Hälfte desselben entfällt. Bei neugespleißtem Seil steht der Spannwagen dicht an der Seiltrommel, bewegt sich aber in der ersten Woche um etwa $\frac{1}{400}$ der gesamten Seillänge nach rückwärts. Bei vollem Betriebe führt der Wagen noch hin- und hergehende Bewegungen von 1,2 bis 1,5 m aus.

Der in Abb. 130 bis 132 dargestellte Spannwagen mit wagrechter Scheibe ruht auf einem zweiten Wagen, der für die Dehnung des Seiles während des Betriebes lang genug ist. Die Ausdehnungsschwankungen jedoch, die im Laufe eines längern Betriebes unvermeidlich eintreten, werden dadurch ausgeglichen, daß dieser zweite Wagen nach Erfordernis auf einem, durch Haken auf einer Zahnstange festgehaltenen Schlitten verschoben wird. Bei neueren Aufstellungen mit senkrechten Scheiben wird der Wagen in seiner Lage jedesmal durch Keile, die in Nuten von je 0,3 m Entfernung eingeschoben werden, gesichert. Die Anordnung mit doppeltem Wagen hat den Vorteil, daß die teuren Gewichtschächte wegfallen, wenn das Gewicht nicht, wie in New York, in einem schmiedeeisernen Turme aufgehängt wird.

³⁵⁾ Zuerst von der Walker Mfg. Co. in Cleveland (Ohio) gebaut und deshalb nach derselben auch Walker'sche Trommel genannt.

Krümmungen sind in der Anlage unbequem, erfordern eine große Zahl von Führungsrollen, sorgfältige Absteifung des Bahnkörpers und bewirken große Seilabnutzung. Gewöhnlich setzen sie sich aus drei Kreisbogen zusammen, von denen die beiden äußeren etwa 30 m Halbmesser erhalten, der innere dagegen 15 m und weniger. Je kleiner der Halbmesser, um so kleiner auch der Rollenabstand, bei 15 m Halbmesser beträgt derselbe etwa 1,2 m. Die Rollen für die Krümmungen haben gewöhnlich 80 cm Durchmesser, sind breit gebaut und besitzen einen vorstehenden unteren Rand zur Aufnahme des Seiles. Beim Durchfahren der Krüm-

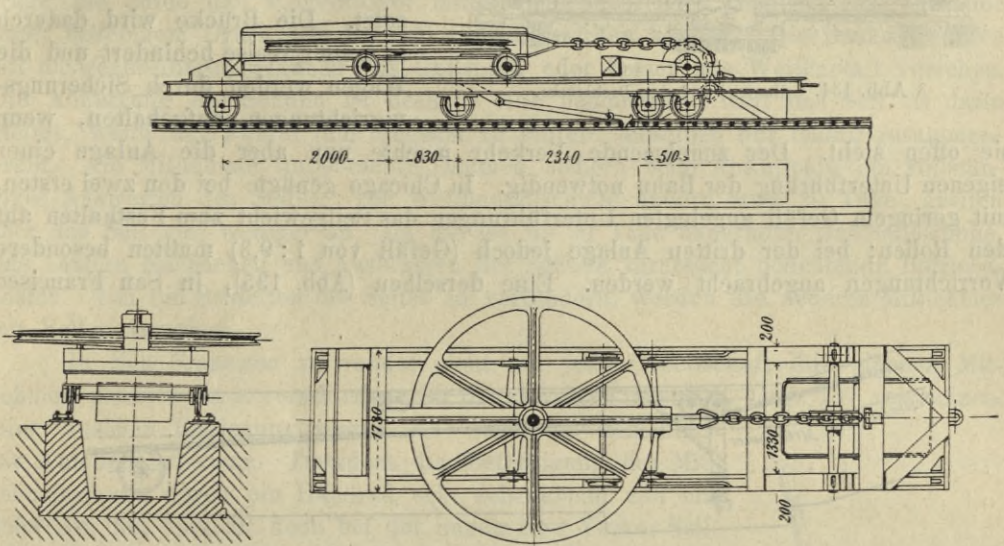


Abb. 130, 131, 132. Spannwagen.

mungen legt sich der Mitnehmer gegen das L Eisen *c* (Abb. 133), welches die nach dem Mittelpunkte des Krümmungshalbmessers gerichtete Teilkraft des Seilzuges aufnimmt, da der Mitnehmer hierzu viel zu schwach wäre. Das L Eisen ist in der ganzen Ausdehnung der Krümmung angebracht und an den Stellen, wo die Umfänge der Rollen liegen, ausgeschnitten. Die Einrichtung der Lager ist so, daß die Rollen leicht ausgewechselt werden können. Die lotrechte Achse steht mit dem unteren Ende in einer Spurbüchse, die mit zwei Drehzapfen versehen ist und einfach in den unteren Kragträger für das Lager eingehängt wird.

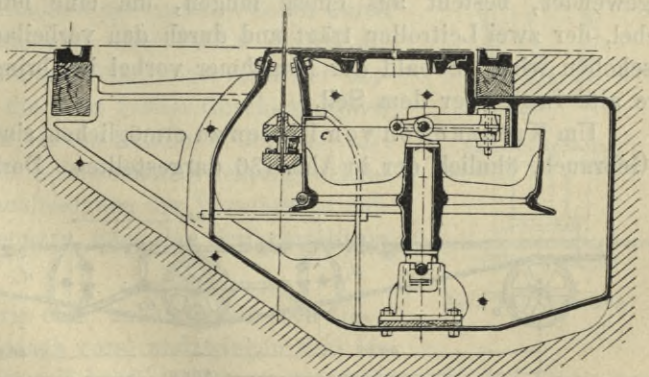


Abb. 133. Seilbock und Rolle in der Krümmung.

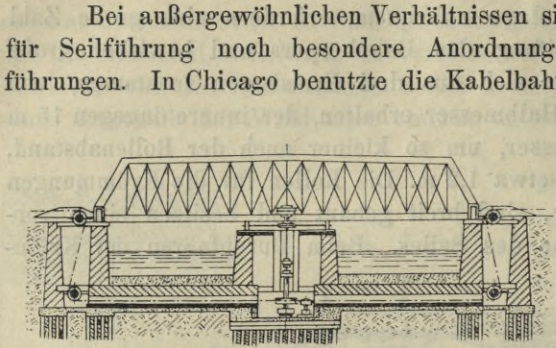


Abb. 134. Seiltrieb auf einer Drehbrücke.

Bei außergewöhnlichen Verhältnissen sind außer den erwähnten Einrichtungen für Seilführung noch besondere Anordnungen nötig, so z. B. für Tunnelunterführungen. In Chicago benutzte die Kabelbahn anfänglich die beiden mit lotrechter Achse versehenen Drehbrücken. Das durch Rollen in einem Kanal unter dem Fluß geführte Seil (Abb. 134) bewegt in der Drehachse eine Welle, die ein auf der Brücke verlegtes Hilfsseil in Bewegung setzt. Die Brücke wird dadurch in keiner Weise behindert und die Wagen werden durch Sicherungsvorrichtungen aufgehalten, wenn sie offen steht.

Der zunehmende Verkehr machte nun aber die Anlage einer eigenen Unterführung der Bahn notwendig. In Chicago genügte bei den zwei ersten, mit geringem Gefäll angelegten Unterführungen das Seilgewicht zum Festhalten auf den Rollen; bei der dritten Anlage jedoch (Gefäll von 1:9,3) mußten besondere Vorrichtungen angebracht werden. Eine derselben (Abb. 135), in San Francisco

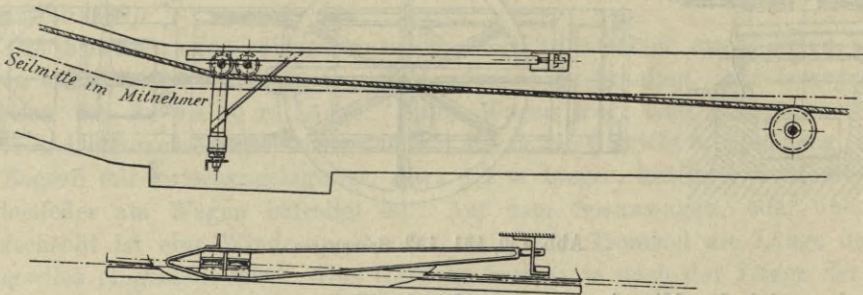


Abb. 135. Seildrücker.

angewendet, besteht aus einem langen, um eine lotrechte Achse schwingenden Hebel, der zwei Leitrollen trägt und durch den vorbeilaufenden Mitnehmer zur Seite geschoben wird. Sobald der Mitnehmer vorbei ist, bringt ein Gewicht die Rollen in ihre alte Lage über dem Seil.

Um Kreuzungen von Linien zu ermöglichen, sind verschiedene Anordnungen in Gebrauch, ähnlich der in Abb. 136 dargestellten. Dort wird das Seil d_3 der einen

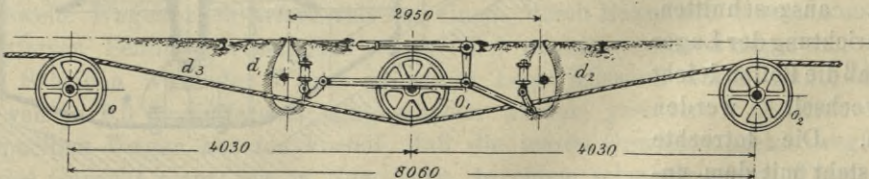


Abb. 136. Seilkreuzung.

Linie durch die Rollen o_1 o_2 aus seiner Höhenlage so weit abgelenkt, daß die Seile d_1 und d_2 der kreuzenden Linien und deren Mitnehmer über d_3 hinweggehen,

ohne zu berühren. Da aber diese Seile d_1 und d_2 durch die Schwankungen, denen sie im Betriebe unterworfen sind, vom Mitnehmer des Seiles d_3 beschädigt werden könnten, so ist eine Hebelvorrichtung angebracht, um d_1 und d_2 beim Kreuzen durch Rollen fest niederzudrücken. Die Hebel sind in die Straße eingebettet und werden nur beim Durchfahren der Kreuzung emporgehoben. Die Mitnehmer des Seiles d_3 müssen vor o loslassen und dürfen erst nach o_2 wieder fassen.

Mitnehmer. Dieselben bestehen meist aus einer 10 mm dicken Blechplatte, welche am unteren Ende zwei Backen oder Rollenpaare in verschiedener Anordnung trägt, die durch den Wagenführer mittels Kniehebel oder Handrad und Schraube unter beliebigem Druck auf das Seil gepreßt werden können. Die Backen werden mit auswechselbaren Schuhen aus Gußstahl, oder besser aus Weißmetall versehen. Die Abnutzung der Schuhe ist deshalb eine bedeutende, weil das Seil oft darin gleitet, wenn der Führer (um langsam zu fahren) dieselben nur mäßig zusammenpreßt. Am Mitnehmer angebrachte Daumen sichern beim Abkuppeln ein vollständiges Auswerfen des Seiles. Die Weißmetallschuhe dauern etwa 20 Tage, greifen aber das Seil viel weniger an, als die 60 bis 90 Tage dauernden Gußstahlschuhe. Das häufige Nachsehen und Ausbessern der Schuhe verursacht bedeutende Betriebskosten. Um ein Schleifen des Seiles zu verhindern, werden die neueren Mitnehmer mit Rollen versehen.

In San Francisco verwendet nicht nur jede Gesellschaft ihre eigenen Mitnehmer, sondern sogar verschiedene für die einzelnen Strecken. Abb. 137 zeigt einen, seiner raschen Bedienung wegen sehr beliebten Mitnehmer mit Kniehebelwirkung. Trotzdem die Bethätigung der Mitnehmerschuhe durch ein Handrad sehr zeitraubend und unsicher ist, hat man sie doch bei der neuen New Yorker Seilbahn eingeführt. Um die von der Wagenfederung herrührenden Bewegungen nicht auf den Mitnehmer zu übertragen, wird derselbe meist am Drehgestell befestigt.

Seilwechsel. Beim Seilwechsel muß der Mitnehmer an gekennzeichneteter Stelle das Seil loslassen und der Wagen die kurze Strecke bis zur Aufnahme des anderen Seiles durch sein Trägheitsvermögen zurücklegen. Die Führer dürfen die Marke nur um wenige Fuß überschreiten, sonst reißt der Mitnehmer das Seil durch. Um die trotz großer Geschicklichkeit seitens der Wagenführer doch vorkommenden Seilbrüche auszuschließen, haben in neuerer Zeit Schutzvorrichtungen Eingang gefunden, die bei Vernachlässigung der Vorschriften entweder den Mitnehmer zertrümmern, oder das Seil gewaltsam aus ihm herausreißen.

Mitnehmerwagen (grip cars) haben immer noch einen oder zwei Anhängewagen (coach cars) und wiegen drei bis vier Tonnen. Jeder Wagen ist mit kräftigen Bremsen versehen, die bei Vereinigung der Wagen zu gemeinsamem Wirken gekuppelt werden können. Die Mitnehmerwagen haben meist doppelte Bremsen und erhalten der scharf ansteigenden Hügel wegen nur geringe Länge, damit das Seil nicht zu sehr abgelenkt werde. Starke, auf die Laufschiene wirkende Schlittenbremsen sollen bei Seilbruch den Wagen auf der

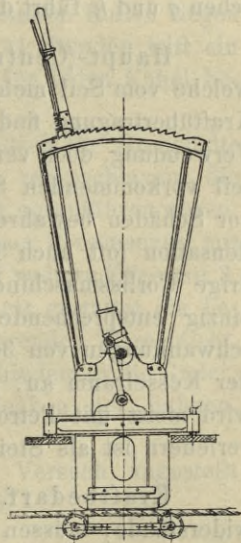


Abb. 137. Mitnehmer.

größten Steigung halten können. Wagen von 4250 kg werden bei einer Geschwindigkeit von 13 km/St. auf 1 bis 2 m Länge zum Stillstand gebracht.

Abzweigungen kommen bei Kabelbahnen auch vor. Abb. 138 stellt die Linienabzweigungen der Market Street (San Francisco) dar. Von den zwei Corlissmaschinen

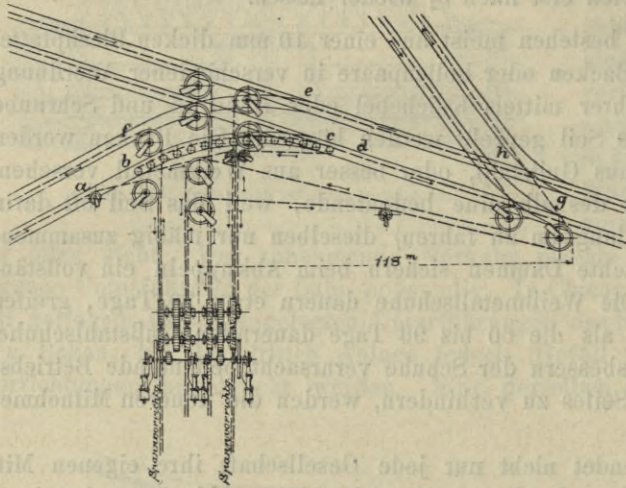


Abb. 138. Linienabzweigungen.

ist eine als Ersatz vorhanden. Die Kurbelwelle treibt durch Räderübersetzung die gemeinsamen Seilscheiben an. Die Station betreibt vier Hauptseile und ein Hilfsseil. Da die Krümmung im Gefäll liegt, durchfahren die Wagen die Strecke *ef* infolge des Trägheitsvermögens ohne Seil. Auf dem Rückweg müssen sie durch ein Hilfsseil hinaufgezogen werden. Bei *a* das Straßenseil loslassend, fassen die Wagen zwischen *b* und *c* das langsam laufende Hilfsseil; bei *d* wird das Hauptseil wieder aufgenommen. Zwischen *g* und *h* fährt der Wagen in beiden Richtungen infolge seiner lebendigen Kraft.

Haupt-(Central-)Stationen. Der Antrieb erfolgt durch Reibungstrommeln, welche vom Seil mehrfach umschlungen und durch Dampf angetrieben werden. Zur Kraftübertragung finden bei Platzmangel Stahlgußzahnräder an Stelle der Hanfseile Verwendung, doch verdienen letztere den Vorzug, weil sie bei den heftigen, im Straßenseil vorkommenden Stößen und möglicherweise eintretenden Brüchen die Maschine vor Schäden bewahren. In Kalifornien finden sich Zweicylindermaschinen mit Kondensation (oft auch Mehrfach-Verbundmaschinen), während im Osten die eincylindrige Corlissmaschine mit Auspuff als die der Regelungsfähigkeit bei Seilbetrieb einzig entsprechende angesehen wird. Innerhalb einer Minute kommen Kraftschwankungen von 300 PS. auf 850 PS. vor. An das Maschinenhaus schließt sich der Kesselraum an, der die in Gruppen aufgestellten Kessel enthält. In Amerika wird meist mit Petroleum geheizt, weil dasselbe viel reinlicher und bequemer zu verfeuern ist als Steinkohle.

Kraftbedarf. Für den Kraftbedarf, ausschließlich Seil- und Maschinenwiderstände, müssen für einen Wagen etwa 4 PS. im Sommer und 5 bis 10 PS. im Winter angenommen werden, für den Gesamtkraftverbrauch im Sommer 10 bis 12 PS. und im Winter 12 bis 18 PS.

Betriebskosten³⁶⁾. Es ist ein Fall aus Chicago behandelt, in welchem stets ein Greiferwagen nebst Anhängewagen den Kabelzug bilden und Dreiminutenbetrieb stattfindet. Die Betriebskosten für diesen Zug betragen für das Wagenkilometer:

³⁶⁾ Vgl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Bd. XXXVII, S. 1453.

| | Pfg. |
|--|-------|
| a) Löhne des Betriebspersonals (ein Schaffner und ein Führer) | 9,875 |
| b) Löhne des Hilfspersonals, Kosten der Beleuchtung und Heizung | 2,650 |
| c) Zugkraft | 2,520 |
| d) Unterhaltung der Gleise und des zum Gleise gehörigen Straßenteils | 4,188 |
| e) Unterhaltung der Gebäude | 0,720 |
| f) Unterhaltung der Fahrzeuge | 3,294 |
| g) Allgemeine Ausgaben: | |
| 1. Betriebsleitung und allgemeine Verwaltung | 0,621 |
| 2. Ausgaben für Hypothekenzinsen und Abgaben | 2,691 |

Zusammen 26,56 Pfg.

Dabei betrug die Geschwindigkeit 16 km/St.

Bei einer anderen Gesellschaft in Chicago fahren Züge von drei Wagen, bei denen das Wagenkilometer 21,1 Pfg. kostet, bei zwei weiteren 32,8 und 34,2 Pfg. In St. Paul, Minn., ist die niedrigste Kostenziffer 23,7 Pfg.; in Denver (Colorado) bei der einen Gesellschaft mit Zweiwagenbetrieb 21,1 Pfg., bei der anderen 39,5 Pfg. In Portland stellen sich bei einem Wagen die Betriebskosten auf 55,3 Pfg., in San Francisco bei Zügen von Greifer- und Anhängewagen auf 53,8 Pfg., bei „combination cars“ auf 47,4 Pfg. Die Anlagekosten von Kabelbahnen werden durch die notwendige Beseitigung und den Umbau alter Abzugsanlagen und Rohrstränge, sowie durch verschiedene Nebenkosten auf eine ganz ungewöhnliche Höhe getrieben.

Das Miller'sche Zwillingsystem, welches in New York Anwendung gefunden hat, bedingt zwei Kabel, welche nebeneinander auf getrennten Rollen liegen und von gesonderten Betriebsmaschinen bewegt werden. Alle 24 Stunden tritt ein Wechsel in der Kabelbenutzung ein und es sind an den Wagen für jedes Kabel besondere Greifer angebracht.

Rettig's Stufenbahn. Als ein besonderes Verkehrsmittel für Großstädte haben die Brüder Rettig in sich selbst zurückkehrende Bahnen vorgeschlagen, die entweder auf vorhandener Straße als Hochbahnen oder unterirdisch auszuführen wären.

Auf dem in sich geschlossenen Gleise soll sich ein endloser Personenzug mit etwa 4,5 m/sek. Geschwindigkeit bewegen, neben demselben zwei weitere Züge mit 3, bzw. 1,5 m/sek. Der äußerste Zug mit Fußgängergeschwindigkeit gestattet ein bequemes Aufsteigen; ebenso ist das Übersteigen auf die rascher fahrenden Züge leicht. Das Absteigen vollzieht sich in umgekehrter Reihenfolge. Verschieden große Räder, den Geschwindigkeiten entsprechend, gestatten ein sich Überdecken der Bahnen. Endlose Seile verbinden die Bühnen eines Wagenzuges.

Bis jetzt ist mit dieser Stufenbahn noch kein größerer Versuch angestellt worden; man geht schon zu den elektrischen Stufenbahnen über.

Beispiele städtischer Kabelbahnen.

1. Kabelbahn in Los Angeles (Kalifornien). Im August 1884 wurde die erste, 2400 m lange Strecke dieser Bahn eröffnet, Mitte der 90er Jahre hatte eine der neuen Gesellschaften bereits 34 km einfaches Gleis. Die Spurweite beträgt 1070 mm und das Kabel bewegt sich in einem Zementkanal, dessen zwei Schlitzschienen 20 kg/m wiegen. Die Laufschiene ruhen auf Eisenschwellen. Die Überschreitung der Eisenbahn von Santa-Fé und des Angelesflusses erforderten große

Kunsthauten nach Art der New Yorker Hochbahnen. Der 450 m lange Viadukt hat Spannungen von 15 m und zwei Krümmungen von 18 m Halbmesser. Die Verbund-Antriebsmaschinen mit Cylindern von $\frac{600 \cdot 1050}{1300}$ entwickeln bei 75 Umdrehungen in der Minute 700 PS. (vgl. Engineering 1891, S. 237).

2. Kabelbahnen in Philadelphia. Im Jahre 1883 wurde ein Versuch mit einer kurzen Linie gemacht, der aber mißlang, weil geschlitzte Gußeisenröhren als Seilkanal benutzt wurden. 1886 folgte ein neuer Versuch mit einem Netz von 19 km Länge, das bei Größtgefällen von 50 v. T. Krümmungen von 10,5 m enthält. Der Seilkanal wird durch ein zusammenhängendes Rohr aus Eisenblech gebildet, welches sich auf Eisenjoche stützt. Es kommen nur Wagen mit Greifer zur Verwendung. Die Anlagekosten betragen etwa 137500 Mk. für das km. Das Kabel der seit 1883 eröffneten, etwa 1800 m langen Strecke auf der Brooklynbrücke ist nicht in eine Röhre eingeschlossen, sondern liegt auf Rollen, wenig über dem Boden. Das Doppelgleis von 1635 mm Spurweite besteht aus Schienen von 27,5 kg/m. Das Kabel hat 37 mm Durchmesser, besteht aus sechs Litzen zu 19 Drähten mit Hanfseele und wiegt 5,2 kg/m. Zwei wagrechte Dampfmaschinen, von denen aber nur eine im

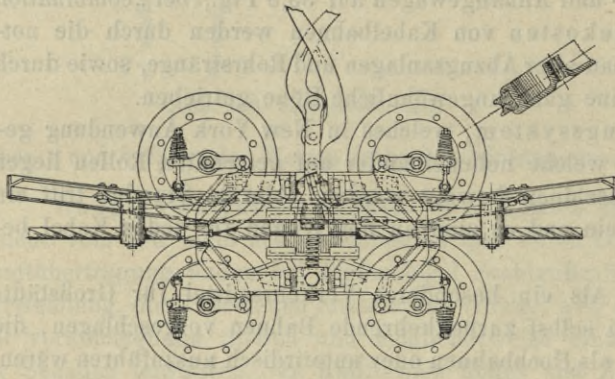


Abb. 139. Mitnehmer.

Dienst ist, haben Cylinder von 650/1220 mm und bewegen das Seil mit 16 km/St. Das Ausfüttern der 10 m von einander entfernten Seilrollen mit Leder und Kautschuk hat sich bewährt. Der Mitnehmer (Abb. 139) besteht aus vier Rollen, die zur Wagrechten etwa um 30° schief gestellt sind. Radial gestellte Leder- und Kautschukstücke füttern die Rollenkehlen aus. Durch Federn werden die Rollen, je nach der Abnutzung, selbst-

thätig nachgestellt. Die Wagen haben bei 14,6 m Länge ein Leergewicht von 10 t, sind mit 80 Sitzplätzen versehen und können im Notfall 150 Personen fassen. Es sind Klotz- und Luftsaugbremse vorgesehen. Die größte innerhalb 24 Stunden beförderte Personenzahl betrug 100 000, die größte Zahl in der Stunde 12 000.

Außer den vielen Kabelbahnen in den größten Städten Nordamerikas giebt es solche in England (Highgate Hill in London, Birmingham, Glasgow u. s. w.), in Schottland (Edinburg), in Portugal (Lissabon, von der Maschinenfabrik Eßlingen in Eßlingen ausgeführt), sowie in Australien (Melbourne).

Bucknall Smith erwähnt in seinem Werke über die Seilbahnen eine neuseeländische, seit 1882 betriebene Kabelbahn, welche nur ein einziges Gleis hat und die Stadt Dundin mit Roselin und Maori verbindet.

§ 12. Agudio's Seilebenen³⁷⁾. — Der italienische Ingenieur Thomas Agudio hat im Jahre 1863 eine eigentümliche Seilebenenordnung getroffen und dieselbe

³⁷⁾ Vgl. Röllin's Encyklopädie d. ges. Eisenbahnwesens I. Bd., S. 85—87.

auf einer Versuchsstrecke der Turin-Genuebahn bei Dusino ausgeführt. Bei dieser Anordnung werden die auf gewöhnlichen Schienengleisen laufenden Wagenzüge durch feststehende Maschinen (Dampfmaschinen oder Turbinen) mit Hilfe von Seilsträngen bewegt, wobei jedoch, zum Unterschied von anderen Seilbahnen, die Kraftübertragung auf den zu befördernden Wagenzug durch Seile ohne Ende vermittelt eines Rollenwagens (Lokomotor) geschieht und zwar in solcher Weise, daß dieser sich erst in Bewegung setzt, nachdem ein besonderer Mechanismus willkürlich eingerückt worden ist, wobei seine Geschwindigkeit wesentlich kleiner ausfällt als die des treibenden Seiles. Hierdurch und bei der besonderen Art der Kraftübertragung von der feststehenden Betriebsmaschine auf das bewegte Seil werden dessen Gewicht und Steifigkeit und folglich die Bewegungshindernisse bedeutend vermindert; eine Überanstrengung desselben kann nicht eintreten und der Wagenzug kann vom Rollenwagen aus angehalten oder in Bewegung gesetzt werden, unabhängig von der Betriebsmaschine. Die Strecke von Dusino, 2400 m lang, war wegen Beweglichkeit des Erdreichs und übermäßiger Unterhaltungskosten verlassen worden. Sie lag in einer Steigung von 27 bis 32 v. T. und war zum größten Teil krummlinig (doppelt S-förmig) mit Halbmessern von 600 bis 350 m. Die eingleisige Bahn beförderte Züge in beiden Richtungen. Ein in sich selbst zurückkehrendes Stahldrahttreibseil, welches an beiden Enden über Rückkehrrollen lief, wurde auf der Strecke durch kleine Rollen getragen. Beide Seilzweige lagen innerhalb des Gleises nahe bei den Schienen. Die Vorwärtsbewegung geschah durch ein starkes Schleppseil, welches, die Mitte des Gleises einnehmend, über ein Paar mit mehreren Kehlen versehene, vom Treibseil bewegte Rollen des Rollenwagens geschlungen war. Es war oben fest verankert und diente lediglich zum sicheren Angriff der Zugkraft, ähnlich wie die Kette oder das Tau bei der Schleppschiffahrt. Die Versuchsstrecke von Dusino verwendete zwei zu gleicher Zeit arbeitende Antriebsmaschinen, nämlich festgelegte, zweiachsige Tenderlokomotiven, von denen an jedem Ende eine das Seil mittels eines mehrmals umschlungenen Rollenpaares antrieb. Treib- und Schleppseil waren mit Spannvorrichtungen versehen³⁸⁾.

Die Treibräder der Lokomotiven wurden durch Hebelbelastung auf die unterhalb liegenden Seilscheiben gepreßt. Die untere Lokomotive trieb den abwärts laufenden, die obere den aufwärts laufenden Zweig des Treibseiles. Der Rollenwagen (Abb. 140) trägt drei Paar Hauptseilrollen, sämtliche zweikehlig und zwar für jeden Zweig des Treibseiles und für das Schleppseil je ein Paar. Das Treibseil bewegt sich n -mal rascher als der Umfang der Schleppseilrollen. Bei der Bergfahrt des Rollenwagens hat der aufwärts laufende Seilzweig in Bezug auf den Wagen eine bezügliche Geschwindigkeit von $nv - v$ oder $(n - 1)v$, der abwärts laufende Zweig dagegen $nv + v$ oder $(n + 1)v$, wenn die

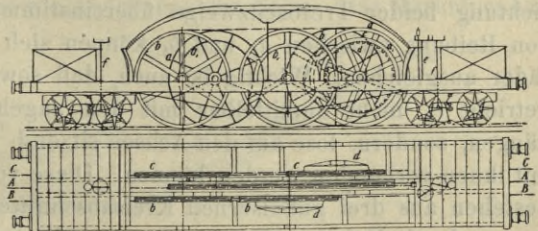


Abb. 140. Rollenwagen (Lokomotor).

³⁸⁾ Vergleichende Berechnungen des Nutzeffektes der Seilebenen mit Lokomotivbetrieb (System Maus) und Bauart Agudio s. Handb. für Spec. Eisenbahn-Technik, I, Bd., S. 768 u. f.

Umfangsgeschwindigkeit der Schleppseilrolle v ist. Die Maschine auf dem Rollenwagen muß daher eine Einrichtung besitzen, daß der Umfang der zum aufsteigenden Treibseil gehörigen Rollen $(n - 1)$ mal, der zum absteigenden Treibseil gehörigen $(n + 1)$ mal so

schnell sich bewegt als die Schleppseilrollen. Die Übertragung der Kraft geschieht für das aufsteigende Treibseil durch Reibungsscheiben, für das absteigende durch Zahnräder. Nebenstehende Abb. 141 u. 142, in denen die Rollen der beiden Treibseilzweige von einander getrennt sind, während sie auf dem Rollenwagen vereinigt den Hauptbestandteil desselben bilden, lassen die Kraftübertragung erkennen. In Abb. 141 ist der aufsteigende Treibseilzweig links des aufsteigenden Zuges, in Abb. 142 der absteigende Zweig des Treibseiles rechts des aufsteigenden Zuges dargestellt. Es bedeuten:

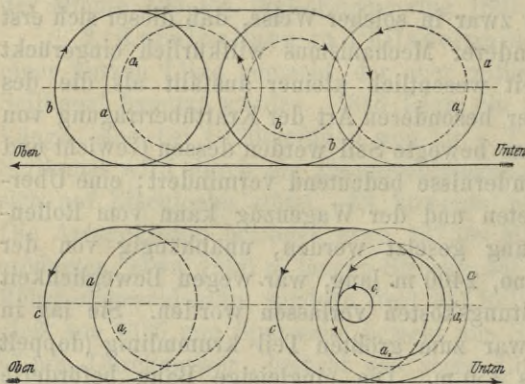


Abb. 141 u. 142. Treibseilrollen.

- a Rollen des Schleppseiles ($d = 2,5$ m);
- a_1 Reibungsscheiben, mit a zusammenhängend, zur Aufnahme der Kraft des aufsteigenden Treibseiles ($d = 2$ m);
- a_2 Zahnrad, mit der abwärts liegenden Rolle a zusammenhängend, zur Aufnahme der Kraft des absteigenden Treibseiles;
- b Rollen des aufsteigenden Treibseilzweiges ($d = 2,5$ m);
- b_1 Reibungsscheibe, mit der abwärts liegenden Rolle b zusammenhängend ($d = 1,6$ m) und mit a_1 im Eingriff;
- c Rollen des absteigenden Treibseilzweiges ($d = 2,5$ m);
- c_1 Zahnrad, mit a_2 im Eingriff, zusammenhängend mit der abwärts liegenden Rolle c .

Zu bemerken ist, daß die zur Kraftübertragung im aufsteigenden Seil auf die Schleppseilrollen a notwendige große Reibung zwischen b_1 und a_1 durch das Schleppseil selbst bewirkt wird, welches sich zweimal über die Rollen a schlingt, ferner, daß für a_2 und c_1 innere Verzahnung gewählt werden mußte, um die Übertragungsrichtung beider Treibseilzweige übereinstimmend zu erhalten. Durch Verwendung von Reibung zwischen a_1 und b_1 können sich kleine Unregelmäßigkeiten der Zahnräder ausgleichen. Wichtig ist auch, daß sowohl Reibungsscheibe b_1 als auch Zahngetriebe c_1 nicht unmittelbar mit den zugehörigen Seilrollen b und c zusammenhängen, sondern, lose auf den Achsen sitzend, durch kräftige Reibungskuppelungen d mit ihnen verbunden werden können. Diese von Köchlin angegebenen Kuppelungen bestehen aus drei gußeisernen Kreisabschnitten, welche, seitwärts der Seilrolle gelegen, durch Hebel und Schrauben genähert oder entfernt werden können und sich in einen entsprechenden Ring der Seilrollen einpressen. Dadurch kann der Zug an jeder beliebigen Stelle anhalten und das Treibseil ist gegen übermäßige Anstrengungen geschützt.

Die zuerst rundlich ausgedrehten Kehlen der Seilrollen auf dem Wagen boten nicht die nötige Reibung gegen Seilrutschen, weshalb sie später trapezförmig, ziemlich tief und mit fest eingeschlagenen, geteerten Hanfseilen ausgeführt wurden. Der auf

zwei zweiachsigen Drehgestellen ruhende Rollenwagen (Abb. 140) hat etwa 12 m Länge und trägt zwei verschiedene Bremsen: Einmal kann ein hölzerner Bremsblock durch e gegen die Reibungsscheibe a_1 des Schleppseiles gedrückt, das andere Mal je ein Paar Schlittenbremsen an den Drehgestellen durch ff in Thätigkeit gesetzt werden.

Die Rollenentfernung beträgt 10 m in der Geraden, 6 bis 8 m in Krümmungen, und die Zapfenreibung der Leitrollen ist durch Lagerung auf Reibungswalzen auf ein Kleinstmaß gebracht.

Seilbahn bei Lang le Bourg. Die am Mont Cenis bei Lang le Bourg ausgeführte Versuchsstrecke von 2,3 km Länge mit größter Steigung von 1:2,6 und Krümmungshalbmessern bis auf 150 m herunter unterscheidet sich von der vorigen hauptsächlich durch die Zahnstange. Da es sich nämlich gezeigt hatte, daß das früher benutzte starke Schleppseil in der Gleisachse durch die gebremst zu Thal gehenden Bahnzüge auf stark geneigten Strecken merklich angegriffen wurde, so ersetzte man dasselbe am Mont Cenis durch eine Zahnstange mit beiderseitigen Zähnen. In diese, der ganzen Länge nach durchlaufende Zahnstange griff der Triebwagen mit zwei liegenden Zahnrädern beiderseits ein, deren Umdrehung durch die am unteren Bahnende aufgestellte Betriebsmaschine (zwei Girard'sche Turbinen) unter Zuhilfenahme zweier Treibseile ohne Ende erfolgte. Im allgemeinen ist die Versuchsstrecke von Lang le Bourg ähnlich gebaut wie die nachstehend beschriebene Supergabahn, welch' letztere aber nur ein endloses Treibseil hat, dessen aufsteigendes, außerhalb der Schienen liegendes Trum zur Kraftabgabe verwendet wird.

Seilbahn auf die Superga³⁹⁾. Diese nach Agudio's Bauart angelegte Bahn wurde im Mai 1884 dem Verkehr übergeben. Die Bahn auf die Superga beginnt bei der Station Sassi der Dampfstraßenbahn Turin-Gassino-Brusasco und führt auf den Gipfel des von König Vittorio Amedeo zum Gedächtnis an die Belagerung Turins (1706) mit einer großen Basilika geschmückten Berges. Sie hat eine Länge von 3130 m und bei 419 m Höhenunterschied der Endpunkte eine durchschnittliche Steigung von 13,4 v. H., die wirkliche Steigung schwankt zwischen 0 und 20 v. H. Die Fahrzeit beträgt bei 2,5 m/sek. 20 Minuten. Infolge des stark durchschnittenen Geländes läuft nur etwa die Hälfte der Bahn geradlinig, die andere Hälfte hat Krümmungen von 1000 bis zu 300 m Halbmesser. Es sind zwei kurze Tunnel von 67, bezw. 61 m Länge, sowie zwei bedeutende Einschnitte von 8, bezw. 10 m Tiefe vorhanden und zwei Haltestellen vorgesehen. Abb. 143 zeigt in Hauptlinien die Anordnung der Bahn. Das Maschinenhaus

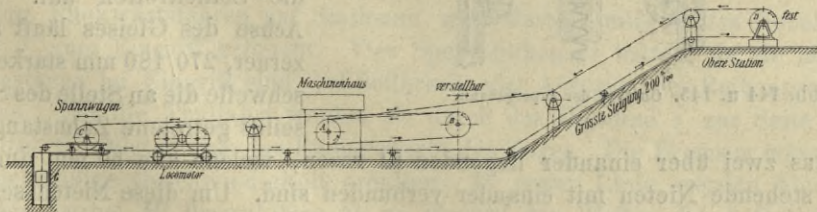


Abb. 143. Supergabahn.

enthält zwei Dampfmaschinen von je 250 PS., welche, bei 55 Umdrehungen in der Minute, zunächst die vierrillige Scheibe A in Bewegung setzen. Die Scheibe B ist in der

³⁹⁾ Vgl. Schweiz. Bauz. 1884, Bd. IV, S. 65.

Längsrichtung der Bahn verstellbar angeordnet und dient zur Regelung der Seillänge für den Fall, daß bei größeren Zügen ein zweiter Triebwagen eingeschaltet wird. *C* ist eine, auf einem Spannwagen ruhende Seilscheibe, während *D* eine einfache, festgelagerte Umkehrscheibe ist. Das Seil läuft mit der zum Treiben dienenden Hälfte an der linken Seite des Gleises auf Rollen von 0,35 m Durchmesser. Die andere, nicht treibende Seilhälfte liegt 4,25 m über den Schienen und wird in der geraden Strecke von 52, auf gemauerten Pfeilern ruhenden Seilrollen ($d = 1$ m) mit wagrechter Drehachse getragen, in den Krümmungen dagegen von Rollen mit lot-rechter Achse ($d = 2,3$ m). Die Entfernung der Pfeiler beträgt etwa 100 m, die Seilrollenentfernung in der Geraden 16 bis 18 m, in den Krümmungen 8 bis 10 m. Die kleinen Rollen für die Krümmungen sind 0,32 m breit und haben nach der erhabenen Seite einen, das Abspringen des Seiles verhütenden Arm (siehe Abb. 144). Das Treibseil von 23 mm Durchmesser wiegt 1,5 kg/m und besteht aus sechs Litzen zu acht Drähten von je 1,8 mm Durchmesser.

Das absteigende Seiltrum ist nicht gleichlaufend mit dem aufsteigenden (treibenden), sondern kreuzt sogar die Linie, um gerade geführt werden zu können. Die Spannung des Seiles beträgt, da es sich $4\frac{1}{2}$ mal schneller bewegt als der Zug, nur 1640 kg, also 13,5 kg/qmm, seine Bruchfestigkeit 140 kg/qmm.

Das Gleis (Abb. 144 u. 145) besitzt 1,49 m Spurweite. Die 17 kg/m schweren breitfüßigen Schienen ruhen auf eichenen 180/180 mm starken Langschwelen.

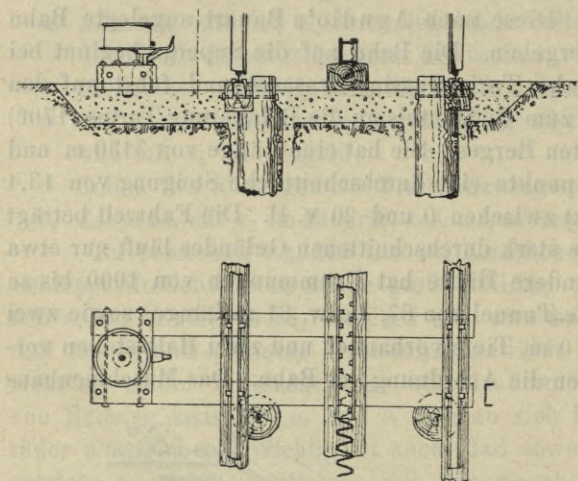


Abb. 144 u. 145. Oberbau der Supergabahn.

□ Eisen von 112 mm Breite und 1,7 m Länge bilden mit nach unten gekehrten Flanschen die Querschwellen und lehnen sich, um ein Rutschen des Gleises zu verhüten, thalabwärts an 1,7 m tief eingeramte Eichenpfähle. Der Abstand der 9,5 kg/m schweren Querschwellen beträgt 1,35 m, im oberen, steilsten Teil mit scharfen Krümmungen dagegen 0,9 m. Zwei längere Schwellen im Abstände von 0,45 m nehmen jeweils die Seileitrollen auf. In der Achse des Gleises läuft auf hölzerner, 270/180 mm starker Langschwelle die an Stelle des Schleppseiles getretene Zahnstange. Sie

besteht aus zwei über einander liegenden □ Eisen, welche alle 50 mm durch verschränkt stehende Niete mit einander verbunden sind. Um diese Niete schlängelt sich ein 12 mm dickes und 110 mm breites Stahlband. Jede neunte Niete ist durch einen Schraubenbolzen ersetzt, welcher die Zahnstange auf der Langschwelle festhält. Die Länge der Stahlbänder beträgt 1,8 m, vermindert sich aber infolge der Falten auf ein Drittel. Die ebenfalls 1,8 m langen □ Eisen gestatten, den Bahnkrümmungen leicht zu folgen. Ihre Stöße sind den Stahlbändern gegenüber versetzt, sodaß die Zahnstange ein Ganzes bildet. Ihr Gewicht beträgt 54 kg/m.

Der Triebwagen ist wesentlich anders als bei früheren Ausführungen und weist folgende Hauptteile auf⁴⁰⁾ (Abb. 146 bis 148). Die beiden wagrechten Wellen E und F tragen an ihrem linken Ende, 1,2 m von der Längsachse des Wagens entfernt, die beiden gekehlten Treibrollen $G G$ ($d = 2,24$ m), über welche das Drahtseil

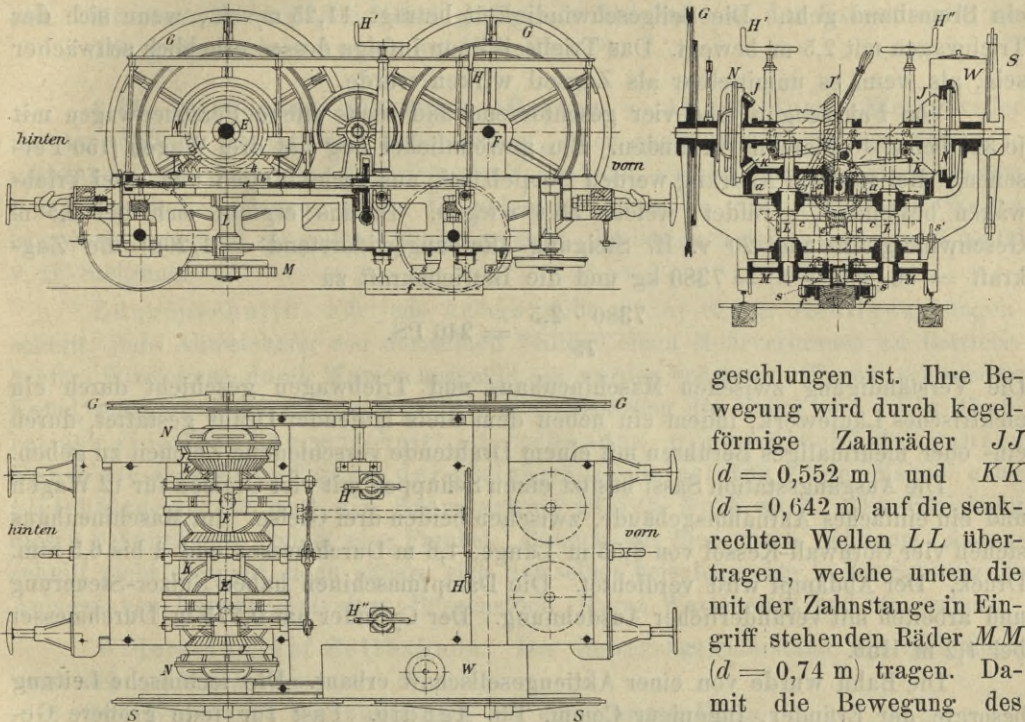


Abb. 146 bis 148. Triebwagen (Superga).

geschlungen ist. Ihre Bewegung wird durch kegelförmige Zahnräder JJ ($d = 0,552$ m) und KK ($d = 0,642$ m) auf die senkrechten Wellen LL übertragen, welche unten die mit der Zahnstange in Eingriff stehenden Räder MM ($d = 0,74$ m) tragen. Damit die Bewegung des Seiles beim Anfahren nur allmählich dem Wagen mit-

geteilt wird und der Führer den Zug unterwegs anhalten kann, sitzen die Zahnräder JJ lose auf der Welle E , können aber an die festsitzenden Reibungsräder NN angepreßt werden. Dies geschieht durch Bewegen des Hebels H , welcher mittels eigentümlicher Übersetzung sechs Klötzchen in der Form von Kreisabschnitten gleichzeitig an die Innenfläche der Räder NN drückt.

Zum Rückwärtsfahren auf Stationen wird durch Umlegen des Hebels H das Zahnrad J' zum Eingriff gebracht. Vier Sperrklinken ss halten, da sie immer mit der Zahnstange im Eingriff sind, bei Seilbruch oder Auslösen der Reibungsräder den Wagen an. Für die Thalfahrt werden sie durch das Handrad s' zur Seite gedreht. Die Thalfahrt erfolgt durch das Eigengewicht des Zuges. Die Bremsen müssen dabei eine gleichmäßige Geschwindigkeit erhalten. In erster Linie werden hierfür vermittels der Kurbel H' Bremsklötze bb an die auf den Wellen LL befestigten gußeisernen Scheiben aa gepreßt. Die Bewegung wird durch zwei Keilräder auf die Welle cc und von dieser durch ein Schneckenrad auf Welle d übertragen, auf welcher sich zwei Gegengewinde befinden. Aus dem Behälter W wird fortwährend Kühlwasser zu den Bremsflächen geleitet. Durch Bewegen des Hebels H können die

⁴⁰⁾ S. Schweiz. Bauz., Bd. IV, 1884, S. 66.

Zahnräder JJ leicht an die Reibungsräder NN gedrückt und so das Treibseil, welches bei der Thalfahrt in Ruhe ist, zum Bremsen verwendet werden. Die eisernen Bremsbacken ff fassen die hölzerne Langschwelle unter der Zahnstange, wenn durch die Kurbel H'' die Hebelarme ee in Drehung versetzt werden. Endlich tragen die Wellen E und F an ihren rechtsseitigen Enden zwei Scheibenräder SS , über welche ein Bremsband geht. Die Seilgeschwindigkeit beträgt 11,25 m/sek., wenn sich der Triebwagen mit 2,5 m bewegt. Das Triebseil kann infolge dessen erheblich schwächer sein, als wenn es unmittelbar als Zugseil wirken würde.

Von Fahrzeugen sind vier geschlossene und sechs offene Personenwagen mit je 32, bzw. 40 Plätzen vorhanden. Ein gewöhnlicher Zug hat drei Wagen (150 Personen). Bei starkem Andrang werden Doppelzüge, aus sechs Wagen und zwei Triebwagen bestehend, gebildet, welche 36 t wiegen. Daraus ergibt sich bei 2,5 m Geschwindigkeit und 20 v. H. Steigung (Reibungswiderstand = $1/200$) die Zugkraft = $36(200 + 5) = 7380$ kg und die Betriebskraft zu

$$\frac{7380 \cdot 2,5}{75} = 246 \text{ PS.}$$

Die Verständigung zwischen Maschinenhaus und Triebwagen geschieht durch ein elektrisches Lätewerk, indem ein neben dem Gleis laufender Draht gestattet, durch ein- oder mehrmaliges Berühren mit einem Drahtende verschiedene Zeichen zu geben.

Die Ausgangsstation Sassi besitzt einen Schuppen mit vier Gleisen für 12 Wagen und ein einfaches Aufnahmsgebäude, zwischen beiden drei Gleise. Im Maschinenhaus stehen vier Cornwall-Kessel von 8,55 m Länge, 1,6 m Durchmesser und 4 bis 6,5 atm. Druck. Der Abdampf wird verdichtet. Die Dampfmaschinen haben Sulzer-Steuerung und arbeiten mit veränderlicher Ausdehnung. Der Cylinder hat 0,575 m Durchmesser bei 1,2 m Hub.

Die Bahn wurde von einer Aktiengesellschaft erbaut. Die technische Leitung besorgte der Erfinder, Ingenieur Comm. Th. Agudio. Fast für jede größere Gebirgsbahn hat derselbe Entwürfe ausgearbeitet, so für die Gotthard-, Arlberg-, Simplonbahn u. s. w., jedoch ohne Erfolg⁴¹⁾.

§ 13. Die Vesuvbahn. — Die Bahn⁴²⁾ war seit 1880 im Betrieb, sie diente zur Personenbeförderung an den Krater, ist aber abgebrannt und durch eine gewöhnliche Seilbahn ersetzt worden.

Die einschienige Bahn (Bauart Treiber) hatte ihren Anfangspunkt etwa 800 m ü. M., war 820 m lang und zeigte Steigungen von 40 bis 63 v. H. Die obere Station liegt 1180 m ü. M., somit beträgt die überwundene Höhe 380 m. Vom oberen Endpunkte aus sind noch 85 m zu Fuß zurückzulegen. Ein endloses Seil ($d = 31$ mm) wurde durch eine unten stehende Dampfmaschine bewegt, während ein zweites Seil als Sicherung bei Seilbruch dienen sollte. Das Gleis bestand aus einem, auf hölzernen Langschwellen (260/470 mm) ruhenden breitfüßigen Schienenstrang, die Langschwellen aus zwei miteinander verschraubten Hölzern. In der Nähe des Stoßes wurde die Schiene durch einen gußeisernen Stuhl mit Keil aufgenommen, sonst in Entfernungen von 1 m festgenagelt. Laschenverbindung war nicht vorhanden.

Die Wagen hatten vorn und hinten ein Laufrad mit doppeltem Spurkranz. Zur Unterstützung in der richtigen Lage dienten zwei Paare seitlicher Rollen, welche

⁴¹⁾ Vgl. Schweiz. Bauz. 1886, Bd. VIII, S. 11.

⁴²⁾ Vgl. Meyer, Grundzüge d. Eisenbahnmasch.-Baues, IV. Bd., S. 278.

sich gegen Winkeleisen beiderseitig der Langschwellen stützten. Um diese Räder möglichst wenig zu belasten, waren die beiden Laufachsen am Wagen so angebracht, daß die Verbindung derselben oberhalb des Wagenschwerpunktes lag. Jeder Wagen bot in zwei Abteilungen Platz für je vier bis sechs Personen und wog rd. 3750 kg. Der am oberen Wagenende sitzende Führer bediente die Bremsen durch ein Handrad. Mit Stacheln versehene Hebel griffen als Notbremse an der Langschwelle an. Die ganze Anlage kostete 1,2 Mill. Mark⁴³⁾.

§ 14. Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen. — Allgemeines. Die entweder im Anschluß an Haupt- und Nebenbahnen, oder auch unabhängig von diesen in verkehrsreichen Gegenden eingerichteten Seilbahnen, welche fast ausschließlich dem Personenverkehre dienen, haben Doppelbetrieb, d. h. es fährt immer ein Wagen bergwärts, während ein anderer thalwärts geht. Es bestehen Seilbahnen von 6 bis 60 v. H. Steigung.

Längenschnitt. Für jede Anlage giebt es nur einen richtigen Längenschnitt; jede Abweichung von demselben bedingt einen Mehrverbrauch an Betriebskraft. Wird diese durch Wasser ausgeübt, so werden schwerere Wagen, schwereres Kabel, stärkere Abnutzung und größere Betriebskosten die Folge sein. Ein theoretisch richtiger Längenschnitt ist vorhanden, wenn während der ganzen Fahrt die Geschwindigkeit der gleichmäßig belasteten Züge (Wagen) eine gleichförmige ist und die Bremsarbeit gleich Null wird. Die Gleichung dieser Schnittkurve ergibt eine Parabel. Bahnen mit theoretisch richtigem Längenschnitt giebt es nicht, doch nähern sich demselben beispielsweise in der Schweiz die Anlagen von Lugano, Salvatore, Bürgenstock, Ragaz-Wartenstein und Stanserhorn.

Widerstand auf Seilbahnen. Der Bewegungswiderstand der Seilbahnen setzt sich zusammen aus

1. dem Widerstand des Fahrzeuges auf der schiefen Ebene;
2. dem Widerstand des in der Richtung der schiefen Ebene wirkenden Seilgewichtes;
3. dem Widerstand des Seiles selbst.

Der Widerstand des Wagens auf der Steigung ist:

$$W = (a + bv^2)Q \pm 1000 Q \sin \alpha,$$

wobei

W den Zugwiderstand in kg;

$a + bv^2$ den Widerstand auf der Wagrechten für die Tonne des Wagengewichtes;

Q das Wagen- (oder Zug-)gewicht in Tonnen;

v die Geschwindigkeit des Zuges in km/Std.;

α den Neigungswinkel der steigenden Strecken mit der Wagrechten bedeutet.

In der Gleichung für W gilt das positive Zeichen vor dem zweiten Gliede der rechten Seite für die Fahrt auf der Steigung und das negative für die Fahrt auf dem Gefälle. Es wird vorausgesetzt, daß Doppelbetrieb vorhanden sei. Die Seilanordnung ist zweierlei Art, entweder ist jeder der Wagen (bezw. Züge) nur nach oben mit dem, um eine Umkehrrolle laufenden Seile verbunden, oder es ist ein Seil ohne Ende angebracht, in welchem Falle auch am unteren Ende der Strecke

⁴³⁾ Vgl. Schweiz. Bauz. 1886, Bd. VII, S. 127.

eine Umkehrrolle sich befindet. Im letzteren Falle verschwindet der unter 2. aufgeführte Widerstand, da sich das Seilgewicht nicht ändert. Ist beim Doppelbetrieb kein durchgehendes Seil vorhanden, dann ist der Widerstand W_s , welcher durch das Seilgewicht in der Richtung der schiefen Ebene hervorgebracht wird, für einen am Fuße der Steigung befindlichen, bergwärts fahrenden Zug:

$$W_s = Fl\gamma \sin \alpha,$$

wobei

F der Seilquerschnitt,

l die Seillänge,

γ das Gewicht für die körperliche Einheit des Seiles,

α der Neigungswinkel der Bahn.

W_s wird nach oben immer kleiner und zuletzt gleich Null.

Für den thalwärts fahrenden Zug nimmt dieser Widerstand von Null bis $Fl\gamma \sin \alpha$ zu und hilft als Seitenkraft des Seilgewichtes den bergwärts fahrenden Zug emporheben. In der Mitte der Steigung, wo beide Züge kreuzen, sind die Einwirkungen des Seilgewichtes auf beiden Seiten gleich groß. Diese vom Seil herführende Veränderlichkeit des Widerstandes kann durch eine, von unten nach oben zunehmende Steigung aufgehoben werden.

Der unter 3. erwähnte Seilreibungs- und Seilbiegungswiderstand nebst den Zapfenreibungen wird für den Doppelbetrieb

$$W_b = \beta l\gamma F \cos \alpha$$

und für das Seil ohne Ende

$$W_b = 2\beta l\gamma F \cos \alpha.$$

Hierbei ist β eine Verhältniszahl, welche der Zapfen- und Seilreibung Rechnung trägt und im Mittel gleich 1:20 anzunehmen ist. Ferner ist noch der Seilbiegungswiderstand auf den Umkehrrollen in Rechnung zu ziehen. Dieser ist⁴⁴⁾, wenn

d den Seildurchmesser in m,

D den Seiltrommeldurchmesser in m,

S die größte Seilspannung bedeutet,

$$W_b = 40 \frac{d^2}{D} \cdot S.$$

Durch Anlage eines stärkeren Gefälles im obersten Teile der Bahnstrecke kann die Zugkraft des abwärts fahrenden Zuges größer gemacht werden, als zur Bewegung des unteren erforderlich ist. Umgekehrt kann auch am unteren Ende die Steigung verkleinert werden (Gießbach und Lugano), um ein gutes Ingangsetzen der Züge zu bewirken, oder oben vergrößertes und unten verkleinertes Gefäll, je nachdem es die örtlichen Verhältnisse erfordern.

In Abb. 149 ist die oberste Strecke mit stärkerem Gefäll auf eine Länge von

$$l' = \frac{h'}{\sin \alpha' - \sin \alpha}$$

dargestellt. Die Höhe h' berechnet sich nach der Formel:

$$h' = \frac{P + P_1 + Q + Lp + G}{2g(P_1 + Q)} V^2.$$

⁴⁴⁾ Fliedner, Bergbahnsysteme u. s. w., S. 72.

Wird ein Ausgleichseil verwendet, so ist an Stelle von Lp zu setzen $2Lp$; dabei ist:

- P das Gewicht des aufwärts fahrenden Wagens,
- P_1 das Gewicht des abwärts fahrenden Wagens,
- Q das Wassergewicht im abwärts fahrenden Wagen,
- L die schiefe Bahnlänge,
- p das Seilgewicht für 1 m.

Gefällsbrüche. Die Ausrundung der einspringenden Gefällsbrüche ist bei Seilbahnanlagen besonders wegen des sicheren Verbleibens des Seiles in den Seilrollen erforderlich und wird meist parabolisch ausgeführt. Mit der Seilspannung wächst auch das Bestreben des Seiles sich zu heben. Kommen erhabene Gefällsbrüche vor, so wird das Seil in denselben fester auf die Rollen gedrückt und dadurch die Seilspannung vermehrt. Zur Bestimmung der Ausrundung der Gefällsbrüche muß vor allem die Kurve bekannt sein, welche das Seil bei seiner stärksten Belastung bildet. Die Seilrollen dürfen dann in dieser Kurve oder darüber, aber niemals darunter angeordnet werden.

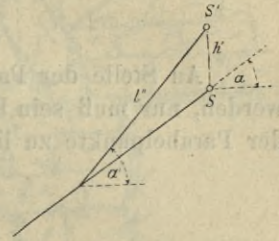


Abb. 149.

Bedeutet SA und SB (Abb. 150) die beiden Gefälle, welche durch eine Übergangskurve von der wagrechten Länge l verbunden werden sollen, d der Höhenunterschied der beiden Punkte A und B , Z und Z_1 der Seilzug in A und B , p das Seilgewicht für das laufende Meter, p_1 das Seilgewicht für 1 m im Grundriß und wird das Seil zwischen A und B sich selbst über-

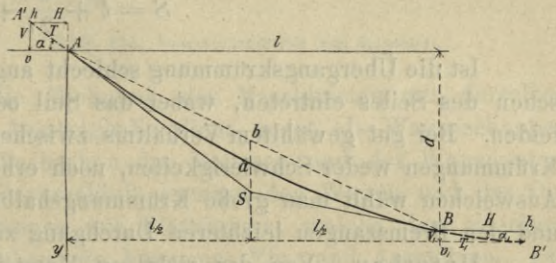


Abb. 150.

lassen, so bildet es eine Kettenlinie, die infolge ihrer geringen Pfeilhöhe als Parabel angenommen werden kann. Die Parabelgleichung lautet:

$$y = \frac{p}{A} \cdot \frac{x^2}{2} + \frac{B}{A} \cdot x.$$

Indem die Parabel in A und B berührt, erhält die Gleichung, wenn die Pfeilhöhe ab mit f bezeichnet wird, die Form:

$$y = (d + 4f) \frac{x}{l} - 4f \frac{x^2}{l^2}. \tag{1}$$

Weiter ist

$$\frac{p_1}{2A} = \frac{4f}{l^2} \quad \text{und} \quad A = \frac{p_1 l^2}{8f} = H. \tag{2}$$

Aus (1) folgt:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d + 4f}{l} \quad \text{daraus} \quad d = \frac{l}{2} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha_1) \tag{3}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d - 4f}{l} \quad f = \frac{l}{8} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_1) \tag{4}$$

und aus (2) folgt:

$$f = \frac{p_1 l^2}{8H} = \frac{p_1 l^2}{8Z_1 \cos \alpha_1};$$

diesen Wert in (4) eingesetzt giebt:

$$l = \frac{Z_1 \cos \alpha_1}{p_1} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_1) = \frac{Z \cos \alpha}{p_1} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_1)$$

und da $p_1 = p \cos \alpha$, auch

$$l = \frac{Z}{p} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_1).$$

An Stelle der Parabel kann nun ein Kreisbogen als Übergangskurve gewählt werden, nur muß sein Halbmesser so groß sein, daß sämtliche Kreispunkte oberhalb der Parabelpunkte zu liegen kommen. Aus den Gleichungen folgt weiter:

$$\overline{SA} = \frac{l}{2 \cos \alpha}, \quad \overline{SB} = \frac{l}{2 \cos \alpha_1},$$

$$\overline{Sa} = ab = f = \frac{pl^2}{8H}$$

und die ganze Seillänge zwischen A und B ist:

$$S = l + \frac{d^2}{2l} + \frac{8f^2}{3l}.$$

Ist die Übergangskrümmung schlecht angelegt, so kann ein Abheben und Peitschen des Seiles eintreten, wobei das Seil oder andere Teile der Anlage Schaden leiden. Bei gut gewähltem Verhältnis zwischen Seilstärke und Rollenabstand bieten Krümmungen weder Schwierigkeiten, noch erhebliche Mehrkosten. Bei selbstthätigen Ausweichen wählt man große Krümmungshalbmesser, um die Seildauer zu erhöhen und den Bremszangen leichteren Durchgang zu gewähren.

Unterbau. Von der richtigen Herstellung des Unterbaues hängt der Bestand der ganzen Seilbahn ab. Erdanschüttungen in größerem Maße sind unstatthaft, da sich beim Setzen des Erdreichs auch Einsenkungen im Oberbau zeigen. Je länger die Bahn wird, um so geringer werden die Kosten des gemauerten Unterbaues. Sind größere Dämme notwendig, so werden dieselben zweckmäßig als Brücken ausgeführt. Wo es möglich ist, werden die Schwellen und Schienen auf zwei Bermenmauern verlegt, deren Zwischenraum mit Schotter ausgefüllt wird. In diesen Mauern eingelassene Bolzen, deren zwei bis drei auf eine Schienenlänge gerechnet werden, verankern einzelne Schwellen. Dem Wandern des Oberbaues wird durch Anlage von Steinsätzen oder Betonblöcken begegnet, welche in 80 bis 100 m Entfernung hergestellt werden. Stützpunkte werden am zweckmäßigsten am oberen Ende der Dämme und so ausgeführt, daß sie bis auf den gewachsenen Boden reichen. Abb. 151 zeigt einen solchen Verankerungspunkt der San Salvatore-Bahn. Straßen werden über- oder unterführt, die Zahl der Wegkreuzungen überdies durch Anlage von Parallelwegen zu vermindern gesucht. Die Seilbahnen werden fast durchwegs eingefriedigt.

Zur Beaufsichtigung der Strecke und um im Notfalle an jeder Stelle aussteigen und zu Fuß gehen zu können, wird auf der einen Seite des Bahnkörpers eine Treppe angebracht. Kommt dieselbe auf Erdreich zu liegen, so werden Längshölzer, auf welche die einzelnen Tritte festgenagelt werden, verlegt. Um bei

Unterwölbungen nicht zu viel Mauerwerk ausführen zu müssen, finden längere Schwellen Verwendung, auf denen sich eine Brücke zur Streckenbegehung anlegen läßt. Für den Bau sind geeignete Fördereinrichtungen von großer Wichtigkeit und finden für längere Anlagen mit Vorteil vorübergehend angelegte Seilbahnen Verwendung.

Hochbau. So verschieden die Hochbauten ausgeführt werden, so ist das Bestreben doch immer dahin gerichtet, dieselben mit wenig Kostenaufwand zweckentsprechend herzustellen. Einfacher Holz- oder Riegelbau kommt vornehmlich zur Ausführung. Ein geschlossener Warteraum, nötigenfalls mit Wirtschaftsraum und Kassazimmer wird in den meisten Fällen genügen. Wo eine Antriebstation vorhanden

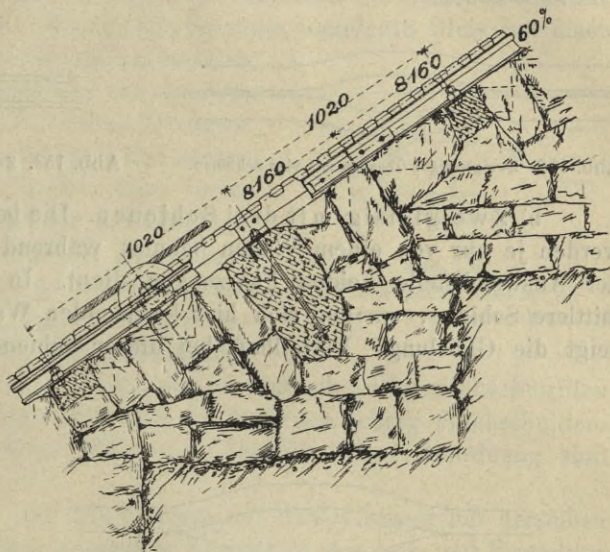


Abb. 151. Verankerungsstelle (San Salvatore).

ist, kann der Warteraum, sowie die Wohnung des Maschinisten mit derselben verbunden werden. Eine gedeckte Aussteighalle dient meist als Wagenschuppen und soll mit einer Putzgrube zum Nachsehen der Bremsen und des Wagenuntergestelles versehen sein. Ein Rollladenverschluß gestattet den Wagen und das Gebäude vollkommen abzusperrern. Treppen mit Plattformen, welche den einzelnen Wagenabteilen entsprechen, ermöglichen ein bequemes Ein- und Aussteigen. Die Bahnhofsgebäude stehen meist in telephonischer Verbindung mit einander, bei elektrischem Betrieb auch mit dem Elektrizitätswerk. Sowohl die untere, als auch die obere Station sind mit Puffern versehen, welche mit den, gewöhnlich in der Mitte angeordneten Wagenpuffern übereinstimmen. Bei Betrieb mit Wasserübergewicht erhält die untere Station einen Auflauf für das Entleerungsventil, sowie einen Abfallkanal.

Ist eine stehende Betriebsmaschine vorhanden, so kommt wohl auch eine selbstthätige Ausschaltvorrichtung zur Anwendung, welche auf der Antriebstation eingerichtet, mittels Hebel und Stangen die Maschine abstellt, sobald der Wagen den höchsten, bezw. tiefsten zulässigen Punkt überschritten hat. Elektrische Läutwerke mit Berührungsschiene am Eingang in die Stationen zeigen dem Maschinisten die Ankunft der Wagen an.

Oberbau. Die Anordnung desselben kann in verschiedener Weise ausgeführt werden.

a) Zweigleisig mit vier Schienen (Abb. 152). Es besteht auf der ganzen Strecke eine doppelspurige Bahn, welche einen breiten Bahnkörper u. s. w. bedingt. Die beiden innen liegenden Schienen werden bisweilen so nahe aneinander gerückt, als es die Befestigung eben zuläßt, wobei aber an der Kreuzungsstelle wieder eine so große Entfernung der Gleisachsen hergestellt werden muß, daß die sich begegnenden

Fahrzeuge nebeneinander vorbei können. Abb. 153 giebt eine Gleisanordnung, bei welcher im oberen Teile vier Schienen, unterhalb der Ausweiche nur noch drei verlegt sind.

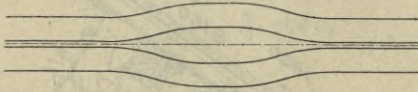


Abb. 152. Zweigleisiger Oberbau mit vier Schienen.

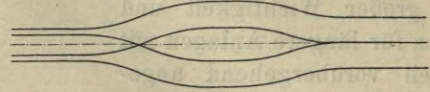


Abb. 153. Zweigleisiger Oberbau mit vier und drei Schienen.

b) Zweigleisig mit drei Schienen. Die beiden äußeren Schienen (Abb. 154) werden je nur von einem Wagen benutzt, während die mittlere ober- und unterhalb der Ausweichstelle beiden Fahrzeugen dient. In der Ausweiche spaltet sich die mittlere Schiene, um den sich hier kreuzenden Wagen Raum zu geben. Abb. 155 zeigt die Gabelung. Vorteilhaft bei dieser Schienenanordnung ist die Platz- und

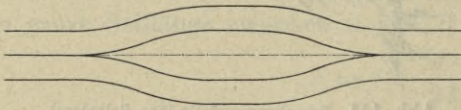


Abb. 154. Zweigleisiger Oberbau mit drei Schienen.

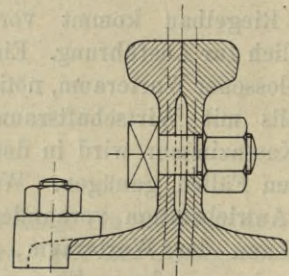


Abb. 155.

Gabelung der Mittelschiene.

Oberbaumaterialersparnis, sowie daß Seil und Zahnstange an keiner Stelle überschritten werden. Das Seil kann höher über den Schwellen gelagert werden als bei eingleisigen Bahnen und ist bessere Fanghakenführung gesichert. Für das Stück oberhalb der Ausweiche kommen auch drei Schienen zur Anwendung, während im unteren Teile nur zwei liegen. Wie die Anlage-, so sind auch die Unterhaltungskosten etwas geringer, als bei zwei getrennten Gleisen. An der Stelle, wo beide Gleise der Ausweiche sich vereinigen, sind zwei Zungen notwendig. Das einfache Gleis in der unteren Hälfte findet Anwendung, weil dort immer nur ein Seiltrum läuft. Bis unterhalb der Kreuzung sind gesonderte Seilrollen notwendig, während im unteren Stück je nur eine Rolle von etwa doppelter Breite der Seilentfernung genügt.

c) Eingleisig mit zwei Schienen. Auf der ganzen Betriebstrecke ist nur ein Gleis verlegt. Dieser Fall tritt ein, wenn für ein zweites Gleis kein Platz vorhanden ist, oder dessen Anlage erhebliche Mehrkosten veranlassen würde. Um bei genügendem Gefälle die leeren Wagen wieder zu heben, ohne einer besonderen Kraftmaschine zu bedürfen, wird mit dem herabzulassenden Wagen ein Gegengewicht verbunden. Dieses Gegengewicht läuft auf einer besonderen Bahn unterhalb der Seilbahnschienen.

d) Eingleisig mit zwei Schienen und Abt's selbstthätiger Ausweiche. Das erste Beispiel einer selbstthätigen Ausweiche ohne Stellvorrichtung finden wir in der, von Ingenieur Roman Abt am Gießbach zur Ausführung gebrachten Anordnung (D. R. P. Nr. 17662). Durch besondere Spurkranzeinrichtung

werden die Wagen gezwungen, immer nach derselben Seite auszuweichen⁴⁵⁾. Die Räder des einen Wagens haben die gewöhnlichen, innerhalb der Schienen angeordneten Spurkränze, diejenigen des anderen dagegen außerhalb der Schienen liegende (Abb. 156). Das mit Ausnahme der Weiche zweischienig angelegte Gleis hat einen durchgehenden Strang, welcher den Rädern mit äußeren Spurkränzen zur Führung dient, während die von ihm abzweigende, ebenfalls durchgehende Schiene die Räder mit inneren Spurkränzen bei Seite drückt. Der andere Schienenstrang muß den Rädern beider Züge freien Durchgang gestatten und ist nach Art der gewöhnlichen Kreuzungen gebaut. Da wo das Rad die Zahnstange überschreitet, ist dieselbe durch ein gußeisernes Stück ersetzt, in welchem eine Rille für den Spurkranz eingehobelt ist. Das Seil, an welchem der aufsteigende Wagen hängt, muß oben von dem in die Kreuzung einlaufenden Wagen überschritten werden und um dies zu ermöglichen, sind dort die Schienen schräg durchgeschnitten. Das Seil legt sich in die entstandene Rille. Die Vorteile dieser Anordnung sind folgende:

1. Das Anhalten der Züge auf den Endstationen findet immer auf derselben Stelle statt, somit kann durch Anlage geeigneter Bahnsteige das Aus- und Einsteigen einfach und bequem bewerkstelligt werden.
2. Es müssen keine Gleise überschritten werden, weshalb alle dabei vorkommenden Gefahren ausgeschlossen sind.
3. Die Wasserleitung kann fest und einfach ausgeführt werden.
4. Die Endstationen beanspruchen einen möglichst kleinen Platz.
5. Der ganze Oberbau (Schwellen, Schienen, Zahnstange u. s. w.) verringern sich auf nahezu die Hälfte der vorhergenannten Bauarten, ebenso der Unterbau (Brücken, Pfeiler, Einschnitte, Dämme u. s. w.).

Die in Abb. 157 dargestellte neuere selbstthätige Ausweiche von Ingenieur R. Abt, welche in Lugano-Stadt-Bahnhof zum ersten Mal ausgeführt wurde und seither bei den meisten neuen Seilbahnen angewendet wird, beruht darauf, daß je der äußere Schienenstrang in der Ausweiche durchgehend bleibt und als Führung

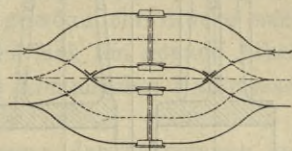


Abb. 156.

Abt's selbstthätige Ausweiche mit äußerem und innerem Spurkranz.



Abb. 157. Abt's selbstthätige Ausweiche mit doppeltem Spurkranz.

für die mit doppeltem Spurkranz versehenen Räder dient. Nur die Räder der einen Wagenseite haben diese doppelten Kränze, während auf der anderen Seite glatte, breite Laufrollen sitzen. Abb. 158 u. 159 veranschaulicht ein solches Rollenpaar, das sogar dem Wagen eine bessere Führung giebt, als die gewöhnlichen Räder. Dabei

45) Vgl. Roman Abt, Seilbahn a. Gießbach, S. 16.

ist ein beinahe beliebig großer, fester Radstand auch bei kleinen Krümmungshalbmessern möglich. Die breite, spurkranzlose Rolle geht über Seil und Zahnstange stoßfrei weg.

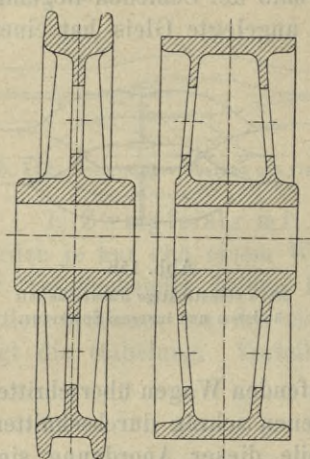


Abb. 158 u. 159.

Räder für die neue Ausweiche von Abt.

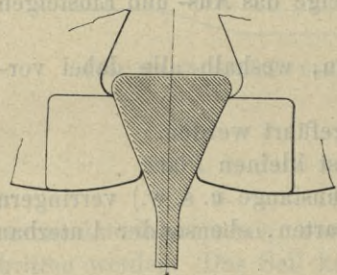


Abb. 160. Schienenkopf mit Zangen.

Schwellen. Die Querschwellen werden in verschiedener Weise hergestellt, früher aus Eichenholz (wenn nicht auf Kunstbauten liegend), jetzt meist aus ungleichschenkligen Γ Eisen oder \wedge Eisen. Die Verankerung der Querschwellen mit dem Mauerwerk ist empfehlenswert, ebenso das Vergießen derselben mit Zement. Schwellen besonderer Art weist die Seilbahn Territet-Glion auf, indem dort alte Eisenbahnschienen zur Verwendung kamen.

Schienen. Alle älteren Seilbahnen, sowie diejenigen, welche sich zum Bremsen der Zahnstange bedienen, haben breitfüßige Schienen von 17 bis 35 kg/m Gewicht. Diese Schienen tragen den Wagen und dienen den Rädern in der Ausweiche als Führung.

Seitdem in neuerer Zeit durch die Unternehmung Bucher & Durrer in Kägiwyl (Kt. Unterwalden, Schweiz) die Zangenbremsen, wie sie schon die Seilbahnen von Lyon-Croix-Rousse und San Paulo (Brasilien) in etwas anderer Form besaßen, zur Anwendung gebracht wurden, war eine besondere Form des Schienenkopfes notwendig. In Abb. 160 kommt neben der Form des Schienenkopfes auch die Art des Zangenangriffes zur Darstellung. Da die Zangen nur wenig geöffnet werden, dienen sie dem Wagen als Anker. Ungleichheiten im Walzen dieser Schienen geben zu unsicherer Wirkung der Bremsen Veranlassung, indem beim Übergang von einer dicken zu einer dünneren Stelle der Wagen trotz angezogener

Handbremse doch abwärts rutschen kann, oder umgekehrt, zu plötzlich anhält. Die durchschnittliche Höhe der Schienen beträgt 125 mm bei 85 mm Fußbreite. Das Gewicht der 10 m langen Schienen beträgt 23,5 kg/m. An der Gurtenbahn bei Bern (Schweiz) sind die Schienenenden unter 60° Neigung geschnitten.

Spurweite. Diese wird fast ausschließlich zu 1 m angenommen. Kommt eine kleinere Spurweite als die von 1 m zur Anwendung, z. B. 750 mm bei der Marzilibahn in Bern, so wird das Ausweichungsgestänge zusammengedrängt und es bleibt nur wenig Platz für die schiefen Seilrollen, sowie für den ungehinderten Durchgang der Seilbüchse, des Seilhebels und der tiefer liegenden Wagenteile. Eine größere Spurweite giebt größeren Widerstand gegen Hebung des Oberbaues, ist somit zu empfehlen.

Zahnstangen. Bei den Seilbahnen kamen bis jetzt nur drei Zahnstangenarten zur Verwendung, nämlich die Leiterzahnstange, bestehend aus \sqsubset förmigen Wangen und trapezförmigen darin eingienieteten Zähnen; die Abt'sche Zahnstange, bestehend aus zwei Flacheisen, deren Zähne und Stöße gegeneinander versetzt sind, und die Strub'sche Zahnstange, bestehend aus einer hochköpfigen Schiene mit eingefräßten Zähnen. Alle drei Zahnstangen haben Evolventenverzahnung.

Die Leiterzahnstange setzt sich aus fertigen, etwa 3 m langen Stücken zusammen, welche unmittelbar auf die Querschwellen geschraubt und in den Stößen außerdem durch Laschen verbunden sind. Die Verlegung erfolgt in der Weise, daß jedes Stück mit seinem unteren Ende fest mit einer Querschwelle verschraubt ist und auf den oberen Stützpunkten sich verschieben kann. Von dieser Zahnstange wiegt das laufende Meter 35 bis 60 kg. Für Krümmungen werden entweder gewöhnliche Stücke nach dem gewünschten Halbmesser gebogen, oder es wird, wo es sich um genaue Arbeit handelt, schon bei der Herstellung auf jeden in Betracht kommenden Halbmesser Rücksicht genommen.

Bei der Abt'schen Bauart erfolgt die Zusammensetzung der Zahnstange aus den einzelnen Teilen an Ort und Stelle. Jedes Flacheisen wird in der Mitte durch außen stehende Stühle festgehalten und kann mit den Enden den Wärmeeinwirkungen folgen. Durch diese Anordnung entsteht zwischen den beiden Flacheisen auf die ganze Länge der Bahn ein etwa 3 cm weiter Kanal, in den die an die Wagen befestigten Anker greifen. Sämtliche Teile für gerade und gekrümmte Strecken sind gleich. Je nach der Steigung erhalten die Flacheisen verschiedene Stärke. Das Gewicht der zweiteiligen Stange beträgt 24 bis 35 kg/m.

Die Strub'sche Zahnstange wird wie eine gewöhnliche Schiene an Ort und Stelle auf die Schwellen befestigt und verlascht. Jeder beliebige Halbmesser ist zulässig, da sich die Schienen leicht biegen lassen. Das Gewicht beträgt 34 kg/m.

Als Material für die Leiterzahnstangen kommt jetzt ausschließlich Flußeisen zur Verwendung, während früher die Zähne aus Feinkorneisen hergestellt wurden. Die Abt'sche und Strub'sche Zahnstange sind aus Flußstahl mit einer Zugfestigkeit von rund 45 bis 50 kg/qmm, einer Dehnung von 20 v. H. und einer Querschnitts-einengung von 35 v. H. Die Abt'schen Flacheisen ruhen auf Stühlen aus Walz- oder Flußeisen. Schrauben und Laschen sind aus Schweißeisen. Die Abnutzung der Zahnstangen ist eine verschwindend geringe, da sie nur den Bremsdruck aufzunehmen haben.

Die Zahnstangen werden immer in die Gleismitte gelegt und das Seil rechts und links davon geleitet, sodaß es dieselbe nirgends kreuzen muß. Eine Ausnahme hiervon bildet die Seilbahn der Lavrastraße in Lissabon, bei welcher die Zahnstange seitlich außerhalb der Schienen angebracht ist. Da diese Seilbahn in einer Straße liegt, wurde die Zahnstangenoberkante auf Straßenhöhe verlegt, sodaß ein unbehindertes Befahren der ganzen Anlage möglich ist. Ein \square Eisen und zwei \perp Eisen bilden mit den eingienieteten Zähnen die Zahnstange und die Zahnoberkante liegt mit den Wangenoberkanten auf gleicher Höhe (Abb. 161).

Wagenanker. Um ein Aufsteigen der Zahnräder beim Bremsen vollständig zu verhüten, werden die Wagen mit Ankern versehen; gewöhnlich an jedem Ende einer, welche entweder von außen oder von innen an der Zahnstange fassen. Die erstere Art, für Leiterzahnstange, zeigt Abb. 162, ausgeführt von der schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik für die Beatenbergbahn. Einen Anker für Abt'sche Zahnstange giebt Abb. 163. Es ist dies eine ältere Ausführung, wie sie schon 1884/85 bei der Seilbahn in Lugano angewendet wurde. Für neuere Anlagen findet der Anker seine Führung in der eingewalzten Rille der Flacheisen (Abb. 164). Wenn keine Ausweichen vorhanden sind, so ist es sehr leicht, einen Anker mit den Zahnstangen in Verbindung zu bringen. Ein Wegfallen der Zahnstange ermöglicht einfachere Ausweichen und leichtere Aufsicht, gestattet bessere Unterbringung der

Drähte in der Hanfseele, Herstellungsfehler u. s. w. sind dem Drahtseil gefährlich. Bei allfälligem Bruch können die heftig zurückschnellenden Enden Personen neben der Bahn gefährden. Gebrochene Drähte, welche im Winter häufiger vorkommen als im Sommer, tragen erst nach viermaliger Länge des Litzenschlages wieder mit. An der am stärksten beanspruchten Stelle soll das Seil noch wenigstens achtfache Sicherheit bieten.

Die Seilbahnen haben meistens nur ein einfaches Zugseil, doch kommen auch solche mit zwei Seilen vor, wobei das zweite entweder als Sicherungsseil bei Seilbruch, oder als Ausgleichseil angeordnet ist. Hanfseile kommen nicht vor. Zuerst verwendete man Eisendraht, ging aber bald zum Stahldraht über. Das Zugseil wird in verschiedenen Formen zur Anwendung gebracht: als Spiralseil mit Kreuzschlag (Litzen und Drähte in entgegengesetzter Richtung gewunden) mit Albertschlag (Litzen und Drähte in gleicher Richtung gewunden) und als verschlossenes Seil von verschiedener Ausführung; letztere Art durch passende Anordnung verschiedener Formdrähte um einen Kerndraht hergestellt.

Die Bauart der Seile nach dem Albertschlag wurde 1879 dem Mr. John Lang durch Patent geschützt, weshalb sie auch Seile nach Lang's Schlag genannt werden.

Mit dem Seildurchmesser wächst der Spannungsunterschied der gegenüberliegenden Drähte bei der Umleitung über eine Rolle, deshalb wird durch Weglassen der Hanfseele eine Verringerung des Seildurchmessers angestrebt. Außerdem lieferte die Hanfseele in bezug auf die für Beurteilung des Zustandes der inneren Drähte wichtige Messung der Seilverlängerung unsichere Ergebnisse. Durch Zurückhalten der Feuchtigkeit begünstigt die Hanfseele die Rostbildung an den inneren Drähten.

Seile im Kreuzschlag sollen die Schlingenbildung erschweren, sie nutzen sich aber ungünstig ab, wie nebenstehende Abb. 165 u. 166 zeigen, da die der Reibung

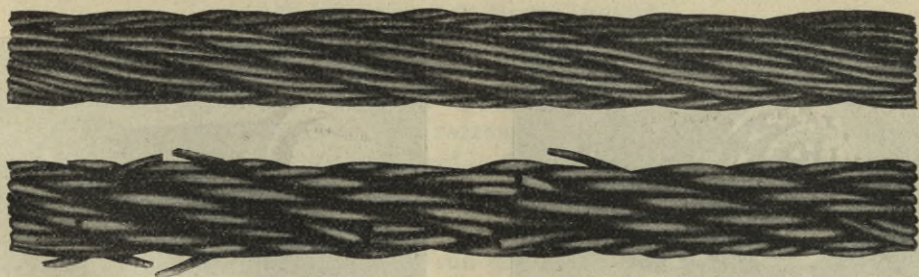


Abb. 165 u. 166. Seil mit Kreuzschlag (neu und abgenutzt).

ausgesetzten Flächen (sog. Kronen) kurz sind und nach einiger Abflachung, besonders auf kleinen Seilscheiben, brechen. Das Drahtmaterial wird nicht voll ausgenutzt.

Das Albert'sche Geflecht, nach Bergrat Albert in Klausthal benannt, welcher schon 1834 als Erster Drahtseile herstellen ließ, bei denen die Drähte und Litzen nach ein und derselben Richtung geschlagen waren, bietet eine größere langgestreckte Arbeitsfläche; Drahtbrüche kommen selten vor und das abgenutzte Seil gleicht mehr einer runden Eisenstange, da sich nur sein Durchmesser verkleinert (Abb. 167 u. 168)⁴⁶⁾. Abb. 169 u. 170 giebt das im Albertschlag ausgeführte Seil der Salvatore-Drahtseilbahn.

⁴⁶⁾ Abbildung von Thos. & Wme. Smith, Hamburg.

Dicht schließende Drähte sind wahrscheinlich besser als runde; sie nützen sich zum mindesten bedeutend weniger ab, da nicht nur runde Buckel anliegen. Da sie keine wasserzurückhaltende Hanfseele besitzen, ist auch eine Verschiebung



Abb. 167 u. 168. Seil mit Albertschlag (neu und abgenutzt).

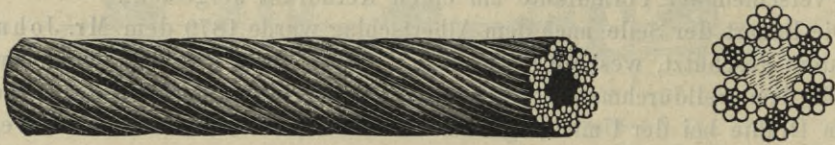


Abb. 169 u. 170. Seil im Albertschlag (Salvatorebahn).

der Litzen in derselben ausgeschlossen und es ermöglicht die gedrängtere Form ein gleichmäßigeres Anspannen der Drähte.

Bei Bahnen mit Sommerbetrieb, wo das Seil den ganzen Winter offen liegt, ist ein Verrosten von innen am ehesten zu befürchten. Abb. 171 zeigt ein Seil „patentverschlossener“ Anordnung (v. Felten & Guilleaume) von 32 mm Durchmesser,

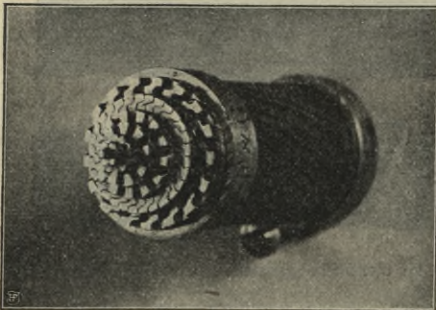


Abb. 171. Verschlossenes Seil.

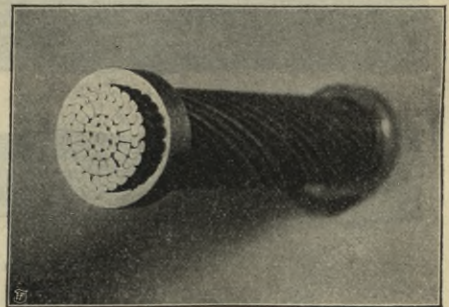


Abb. 172. Verschlossenes Seil.

wie dasselbe in ähnlicher Ausführung am Stanserhorn verwendet wird. Den Kern bildet ein sechskantiger Draht, umgeben von 18 Runddrähten, welche ihrerseits von vier Lagen in abwechselndem Drehungssinn aufgebrauchten Formdrähten umgeben sind. Im ganzen sind 126 Drähte vorhanden. Ein 19 mm-Seil der gleichen Unternehmung mit 69 Drähten giebt Abb. 172 wieder.

Die zur Verwendung kommenden Drähte haben 1,5 bis 3 mm Durchmesser und es wächst ihre Zahl von 12 bis 400 bei einem Seil. Je größer die Drahtzahl, desto kleiner kann deren Durchmesser sein, wodurch das Seil an Biegsamkeit

gewinnt. Soll eine Hanfseele zur Verwendung kommen, so wird dieselbe zuerst in säure- und wasserfreiem Leinöl gekocht, dann gründlich geteert. Der Durchmesser der Seile wechselt von 24 bis 44 mm bei einem Gewicht von 1,93 bis 6,1 kg/m⁴⁷⁾. Die Bruchfestigkeit beträgt 70 bis 180 kg/qmm, doch verwenden z. B. Thos. & Wme. Smith in Hamburg englische Tiegelgußstahlmarken, die bis 240 kg/qmm haben. Bei den schweizerischen Seilbahnen beträgt der Sicherheitsgrad der Seile 6,22 bis 16,8. Ihre Lebensdauer ist von sehr vielen Umständen abhängig und geht von $11\frac{1}{12}$ bis zu $12\frac{1}{2}$ Jahren. Das schweiz. Eisenbahndepartement hat (Febr. 1885) bestimmt, daß die Größtspannung des Seiles einschließlich des Spannungsverlustes auf den Rollen nicht den vierten Teil der Bruchlast übersteigen darf, wobei auf die Querschnittsänderung infolge des Gebrauches Rücksicht zu nehmen ist.

Ausgleichseil. Dasselbe hat gewöhnlich gleiche Stärke und gleiches Gewicht wie das Zugseil und soll die von letzterem herrührende, veränderliche Seitenkraft aufheben. Da es nur die Seitenkraft des eigenen Gewichts in der Bahnrichtung, die Reibungswiderstände und die Summe der Spannungsverluste bei der Bewegung über die Rollen aufzunehmen hat, so beträgt die Größtbelastung viel weniger als beim Zugseil, weshalb der Sicherheitsgrad ein viel größerer ist. In Abb. 173 ist die Verbindung des Zugseiles mit dem Ausgleichseil dargestellt, wie sie

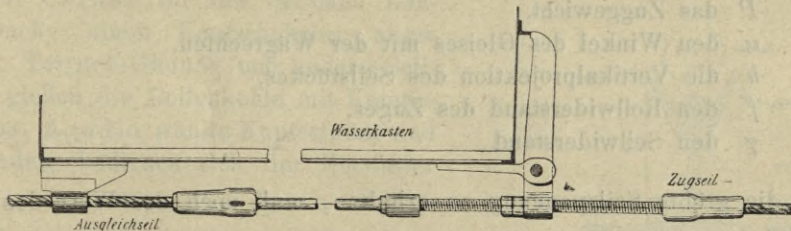


Abb. 173. Kuppelung von Zug- und Ausgleichseil.

an der St. Beatenbergbahn im Berner Oberland ausgeführt ist. Eine Spindel mit Mutter und Gegenmutter gestattet kleine Änderungen der Stellung des Wagens, welche durch Strecken des Zugseiles bedingt werden, vorzunehmen. An der Lauterbrunnen-Grütschbahn wurde an Stelle eines Ausgleichseiles die weniger vorteilhafte Betriebsart mit veränderlicher Belastung gewählt durch allmähliches, dem Seilgewicht entsprechenden Entleeren des Wasserkastens.

Seilunterhaltung. Das Seil, von dessen gutem Zustand die ganze Anlage abhängig ist, soll täglich auf etwa vorkommende Drahtbrüche untersucht werden. Ein Überzug von Teer oder Fett wird beim Durchgang durch die obere Station aufgetragen, wenn sich blanke Stellen zeigen. Die Abnutzung der inneren Drähte beschränkt sich auf Polieren, abgesehen von Verrostung. Eine Aufsicht über die Seile durch die Eisenbahnbehörde findet in der Schweiz jährlich zweimal statt, laut Verordnung des Departements über Seilproben und Unterhaltung. Um dem Seil freie Ausdehnung bei Wärmeänderungen zu gestatten, darf der unten stehende Wagen nie gebremst sein, sondern soll frei in demselben hängen.

Ersatzseile müssen unter Dach aufbewahrt werden und sind gegen Feuchtigkeit, Kälte und Materialbeschädigung durch Stoß, Schlag u. s. w. zu schützen.

47) Vgl. Strub, Schweiz. Bauz. 1892, S. 81.

Seilgewicht und Seildurchmesser. Das Gewicht eines Drahtseiles kann aus dem Gewicht der gleichen Anzahl Drähte berechnet werden, wenn dasselbe mit $\frac{9}{8} = 1,125$ multipliziert wird. Sind im Seil n Drähte von p kg Gewicht für das laufende Meter vorhanden, so beträgt das Gewicht von 1 m Seil:

$$P = 1,125 \cdot n \cdot p.$$

Ist der Seilquerschnitt q in qmm bekannt, so ergibt sich das Seilgewicht in kg für das laufende Meter zu

$$P = 0,0085 q.$$

Das Bergamt zu Dortmund giebt das Seilgewicht für 1 m zu

$$P = 0,0075 n d^2$$

an, wobei d der Drahtdurchmesser in Millimeter. Zur raschen Ermittlung des Seildurchmessers giebt Vautier die Formel

$$D = \sqrt{350 \cdot p}.$$

Seilwiderstand u. s. w. Die Seilspannung in irgend einem Punkte ist gegeben durch die Formel:

$$Z = P \cdot \sin \alpha + p \cdot h + P \cdot f + \gamma,$$

wobei

- P das Zuggewicht,
- α den Winkel des Gleises mit der Wagrechten,
- h die Vertikalprojektion des Seilstückes,
- f den Rollwiderstand des Zuges,
- γ den Seilwiderstand

bedeutet.

Um die größte Seilspannung zu erhalten, muß noch der Wert des Anfahrwiderstandes

$$a = \frac{P + p \cdot L + G}{l} + \frac{v^2}{2g}$$

beigefügt werden.

- L ist die schief gemessene Bahnlänge,
 - G das Gewicht der in Betracht kommenden Seilrollen,
 - l die Strecke, welche zurückgelegt werden muß, bis die Geschwindigkeit v erreicht ist.
- γ , der Reibungswiderstand des Seiles auf den Rollen, kann zu $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{200}$ des Seilgewichtes angenommen werden (nach Vautier für die Gerade 0,008).

Seilführung. Durch gerade und schiefe Rollen, die zwischen den Laufschienen angeordnet sind, wird das Seil in gewissen Abständen getragen.

a) Gerade Seilrollen. Ihre Achse ist wagrecht und es wechselt der Scheibendurchmesser von 120 bis 600 mm. Flacheisen von etwa 70/10 mm tragen in Lagern die Rollenachse. Bei älteren Ausführungen waren Rolle und Achse verkeilt, jetzt läuft erstere meist lose auf letzterer. Für gute Schmierung ist zu sorgen. Die Rollenentfernung muß so bemessen werden, daß das Seil auch bei der geringsten Spannung nicht auf den Schwellen schleift.

Bezeichnet T die kleinste Seilspannung, f die Höhe des Seiles in den Tragrollen über den Schienen in Centimeter, α den Winkel mit der Wagrechten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rollen, p das Seilgewicht für 1 m Länge, p_1 das Seilgewicht für 1 m der Projektion auf die Wagrechte; dann folgt nach Vautier:

$$T \cos \alpha = \frac{p_1 l^2}{8f},$$

woraus

$$l = \sqrt{\frac{8fT \cos \alpha}{p_1}},$$

l = Horizontalprojektion der Entfernung zweier Rollen,

$$p_1 = \frac{p}{\cos \alpha} \quad \text{und} \quad l = \cos \alpha \sqrt{\frac{8fT}{p}}$$

oder

$$\frac{l}{\cos \alpha} = \sqrt{\frac{8fT}{p}}.$$

Bezeichnet l' die wirkliche Entfernung zweier Rollen, so ist

$$l' = \frac{l}{\cos \alpha} = \sqrt{\frac{8fT}{p}}.$$

Die Entfernung der Rollen soll immer kleiner sein, als ein so durch Rechnung erhaltener Wert. In den Krümmungen verringert sich der Rollenabstand.

Abb. 174 zeigt eine Rolle der Bürgenstockbahn, Abb. 175 eine neuere, sehr gebräuchliche Rolle mit Futter. Um dem Seilverschleiß möglichst vorzubeugen, wird die Seilrinne oft ausgepolstert. So hat z. B. Ingenieur Cornaz für die Seilbahn Lausanne-Ouchy einen Kautschukring angewendet; Territet-Glion⁴⁸⁾ und andere Seilbahnen gießen die Rollenkehle mit Komposition aus; Agudio wählte Kupferfutter und noch andere bedienen sich der Holzfutter

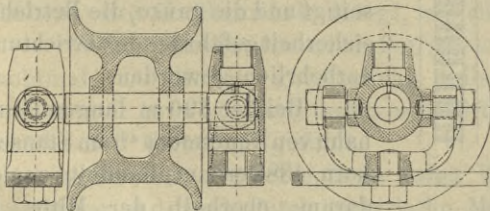


Abb. 174. Gerade Rolle (Bürgenstock).

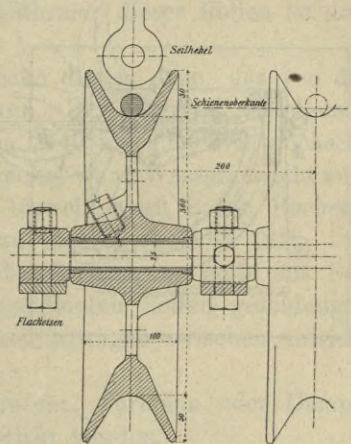


Abb. 175. Gerade Rolle.

(Hirnholz in Stücken). Bei längeren Bahnen müssen die Rollen möglichst leicht gemacht und mit einem das Seil nicht angreifenden Rillenfutter versehen werden. Rollen von etwa 300 mm Durchmesser können aus zwei entsprechend gepreßten Stahlblechen mit Holz- oder Gußeisen-Zwischenlagen von 50 bis 60 mm Breite hergestellt werden.

b) Schiefe Seilrollen. In den Krümmungen können keine Rollen mit wagrechter Achse verlegt werden, weil das Seil durch den seitlichen Zug herauspringen würde. Die in diesem Falle zur Anwendung kommenden Rollen haben ungleiche Ränder (Abb. 176) und werden so eingebaut, daß das Seil gegen den größeren Kranz drückt. Das tiefer liegende Rollenlager hat dabei einer Kraft zu widerstehen, welche

⁴⁸⁾ Gemisch von 10 v. H. Kupfer, 10 v. H. Antimon, 80 v. H. Zinn.

es zu heben sucht. Die Rille ist ebenso ausgefüllt, wie bei den geraden Seilrollen, hat aber größeren Durchmesser. Lagerung und Schmierung sind wie bei den geraden Rollen. Wenn örtliche Verhältnisse keine richtigen Übergangskrümmungen zulassen, so muß das Seil durch Spannrollen auf den Tragrollen zurückgehalten werden. Dies geschah z. B. bei der Territet-Glion-Drahtseilbahn (unterstes Stück) vor dem Umbau durch die in Abb. 177 u. 178 abgebildete Vorkehrung.

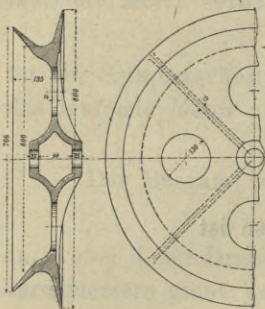


Abb. 176. Schiefe Rolle.

Ein doppelarmiger Hebel *H* war an den Enden mit zwei Rollen *A* und *B* versehen, von denen erstere zur Unterstützung, letztere zur Führung des Seiles im Gefällswechsel diente. Auf der Nabe des Hebels *H* war der Daumen *h* angebracht, welcher die Auslösung einer Klinke bewirkte. Die beiden Mitnehmerdaumen *DD* drehten *H* und zwar stieß der eine bei der Bergfahrt, der andere bei der Thalfahrt gegen eine Stoßvorrichtung am Wagen. Das Gegengewicht *G* bewirkte ein richtiges Einschnappen der Stellfalle. Die Stoßvorrichtung am Wagen berührte zunächst den Daumen *h*, wodurch die Klinke aus dem Einschnitt (Abb. 178) ausgertückt, dann erst einer der Daumen *D* bewegt wurde. Eine Mäßigung der Wagen-geschwindigkeit sicherte die bessere Wirkung der Stoßvorrichtung. Durch Abänderung des Längenschnittes ist der Gefällsbruch beseitigt und die ganze, die Betriebs-sicherheit gefährdende Vorrichtung entbehrlich geworden.

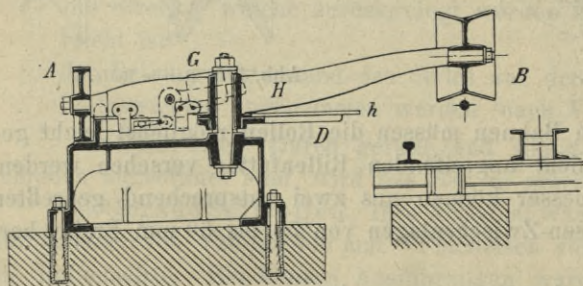
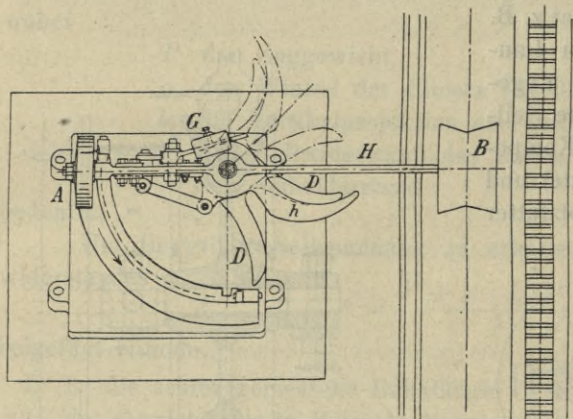


Abb. 177 u. 178. Spannrolle.

Bei der 690 m langen Gipsbahn von Ennetmoos⁴⁹⁾ am Stanserhorn, 1888 erbaut, handelte es sich darum, oberhalb der Mitte, in einer von der natürlichen Seilkurve um etwa 9 m abweichenden Einsenkung, das Seil so zu führen, daß es in der ihm zugewiesenen Stellung verbleibt und außerdem den Wagen ein anstandsloses Darüberwegfahren gestattet. Um das zu erreichen, sind an der tiefsten Stelle der Einsenkung

eine Anzahl Rollen mit wagrechter Achse angebracht, welche einseitig gehalten werden. Von der offenen Seite her legt sich das Seil unter diese Rollen, sobald der Wagen die Stelle hinter sich hat, was dadurch herbeigeführt wird, daß der Seilhebel

⁴⁹⁾ Schweiz. Bauz. 1888, Bd. XII, S. 128 u. 129.

eine bestimmte Form erhält, dann aber auch dadurch, daß die zur Kreuzung notwendige Ablenkung dazu benutzt wird, das Seil selbstthätig in seine neue Lage zu zwingen und dort festzuhalten, bis der Wagen das Seil wieder auslöst. Dies ist die erste Anwendung der festen Rollen in Gefällsbrüchen; sie beweist aber, daß diese mit voller Sicherheit durchfahren werden können.

Abb. 179 zeigt ein Stück der nach diesem Muster erbauten Seilbahn in Hâvre. Drei Rollen, unter welche sich das Seil legt, nachdem sein Befestigungspunkt am Wagen die gestrichelte Bahn durchlaufen hat, verhindern das Abheben

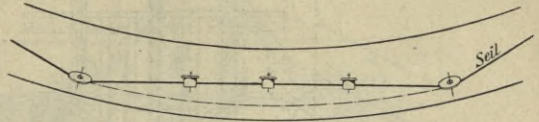


Abb. 179. Druckrollen.

des Seiles in dem mit 120 m Halbmesser vermittelten Übergang von 415 auf 150 v. T. Gefäll. Eine kräftige Verankerung der Rollen ist notwendig.

Ablenkungsrollen, welche meist nur bei Anlagen mit Wassergewicht zur Verwendung kommen, haben den Zweck, das zwischen den Schienen in kleiner Entfernung auf- und abgehende Seil durch ihre schiefe Stellung so abzulenken, daß es auf die meist in der Bahnneigung liegende Umkehrrolle sicher auflaufen kann, ohne aus den obersten Tragrollen gerissen zu werden. Das Seil wird durch sie in die richtige Entfernung zusammengedrückt. Die Ausführung dieser Rollen ist derjenigen der Umleitungsrollen ähnlich.

Umleitungsrollen am oberen Ende der Strecke dienen dazu, das von der einen Seite kommende Seil nach der anderen zu lenken. Der auf- und absteigende Zug hängt an dieser Scheibe, deren Durchmesser von 2740 bis 6000 mm wechselt. Sie erhält meist die Neigung des obersten Teiles der Strecke, wenn Wassergewicht zum Betriebe verwendet wird (Abb. 180). Der Kranz wird bisweilen mit Leder, Buchen-, Eschen- oder Nußbaumholz belegt, um die Reibung zu vergrößern (Abb. 181).

Wenn eine feststehende Betriebsmaschine vorhanden ist, so muß das Seil mehrmals um die als gewöhnliche Seilscheiben ausgebildeten Rollen geschlungen werden und es wird dann meistens in S-förmigen Umschlingungen zwischen Antriebsscheibe und Vorgelege geführt.

Antrieb. Derselbe kann durch Wassergewicht, Turbinen oder Dampfmaschinen und auch durch elektrische Maschinen bewirkt werden.

Das Wassergewicht gewährt die einfachste Betriebskraft, da es nur durch seine Schwere wirkt und keine großen Anlagen erforderlich macht. Die Geschwindigkeit wird vom Führer des thalwärts fahrenden Wagens durch eine Zahnradbremse geregelt. Ein Behälter in der Nähe der oberen Station, mit letzterer durch eine Rohrleitung verbunden, hält das notwendige Wasser bereit und kann mit Schwimmer zur selbstthätigen Nachfüllung versehen werden. Ein von der Wagenbühne aus zu bedienender Schieber verschließt den Wasserauslauf. Auf der unteren Station findet selbstthätige Entleerung des Wasserkastens statt. Abb. 182 zeigt ein diesem Zwecke dienendes Tellerventil, welches von der Schweizer Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur für die Seilbahnen in Nischni-Nowgorod ausgeführt worden ist. Der mittels Regelungsschraube in seiner Ruhelage verstellbare Hebel *a* läuft auf einer schief ansteigenden Schiene (Flach- oder L Eisen) *bc* auf, hebt dadurch die Ventilspindel und verschafft dem Wasser Ausfluß. Die Ventildichtung erfolgt durch den Lederring *d*. — Bei früheren Ausführungen lief die

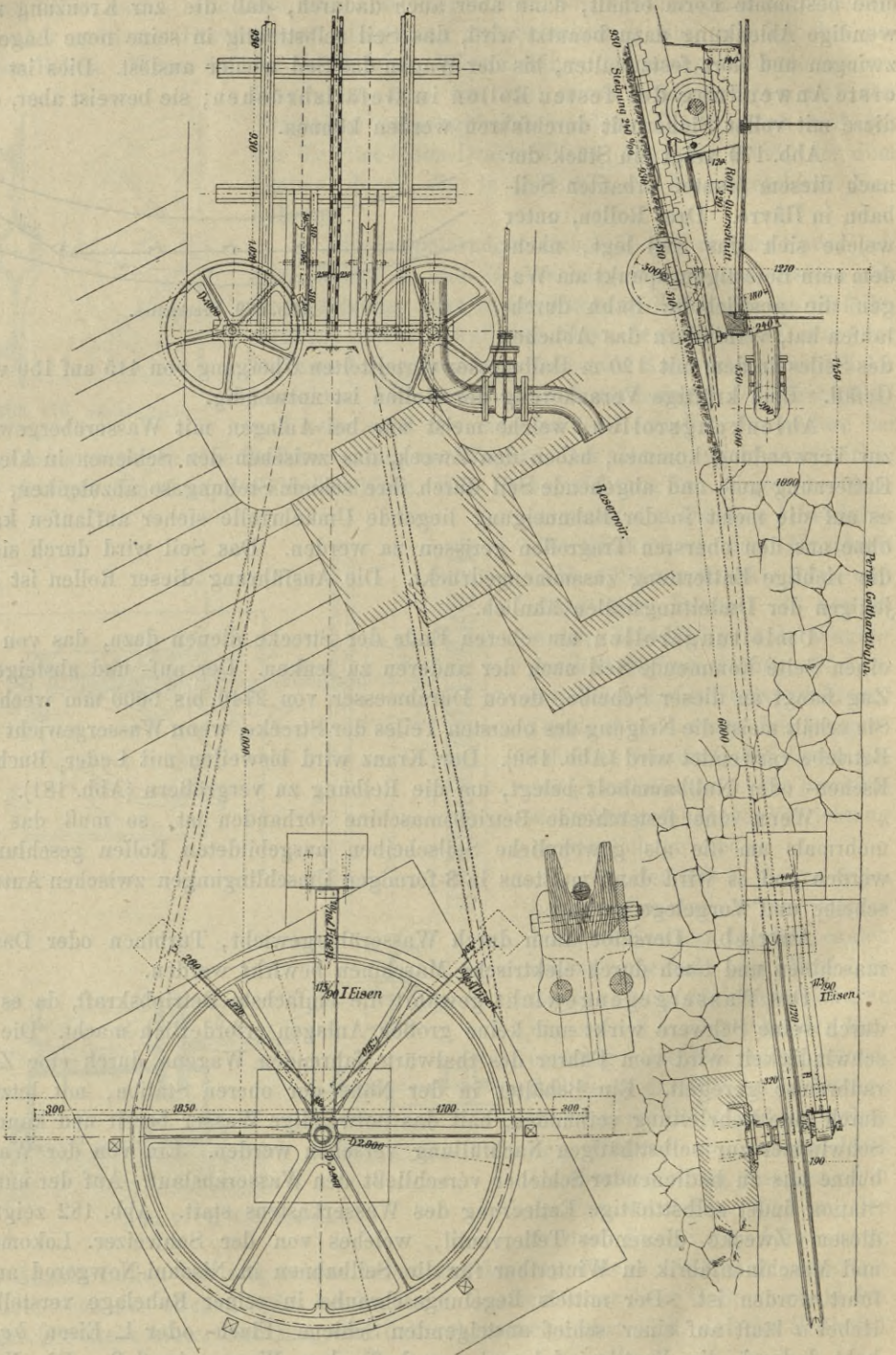


Abb. 180. Umleitungs- und Ablenkungsrollen (Dugano).

Ventilspindel selbst auf der Schiene, während diese neuere Ausführung jede Verbiegung der Spindel vermeidet.

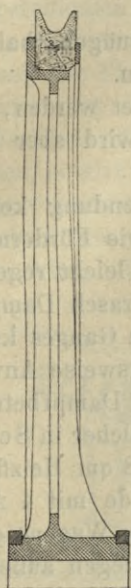


Abb. 181. Umleitungsrolle (Bürgenstockbahn).

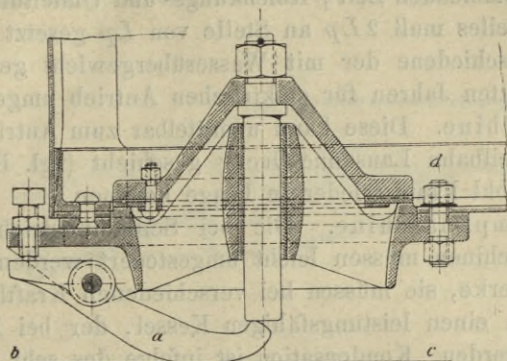


Abb. 182. Ablaßventil.

Wasserverbrauch. Für die Bestimmung des Wassergewichtes, mit welchem der obere, leere Wagen belastet werden muß, ist die ungünstigste Strecke der Bahn maßgebend. Bezeichnet α den Neigungswinkel der Bahn oberhalb der Kreuzungsstelle, β denjenigen unterhalb und γ denjenigen in derselben, so ergibt sich für den Gleichgewichtszustand oberhalb der Kreuzung für den ziehenden Zug ohne Ausgleichseil

$$(P_1 + Q) \sin \alpha - P \sin \beta - ph - (P + P_1 + Q)f - C = 0,$$

woraus:

$$Q = \frac{P \sin \beta - P_1 \sin \alpha + ph + (P + P_1)f + C}{\sin \alpha - f},$$

für die Kreuzungsstelle wird die Gleichung

$$(P_1 + Q) \sin \gamma - P \sin \gamma - (P + P_1 + Q)f - C = 0$$

und daraus:

$$Q = \frac{(P - P_1) \sin \gamma + (P + P_1)f + C}{\sin \gamma - f}.$$

Unterhalb der Kreuzungsstelle folgt dementsprechend

$$Q = \frac{P \sin \alpha - P_1 \sin \beta - ph + (P + P_1)f + C}{\sin \beta - f}.$$

Thatsächlich muß ein Mehrgewicht an Wasser gefaßt werden, um eine gleichförmige Bewegung zu erhalten. In diesem Falle ist es dann möglich, an jeder Stelle der Bahn anzuhalten und wieder anzufahren. Ein vergrößertes Wassergewicht kann auch verwendet werden, um die Bewegung des Zuges einzuleiten, doch ist dieser oft kostspielige Ballast, welcher die Bremsen auf der offenen Strecke unnötig in Anspruch nimmt, für den Betrieb nachteilig.

Die zusätzliche Wassermenge berechnet sich nach der Formel:

$$q = \frac{(P + P_1 + Q + pL + G) V_0^2}{2gl'' \sin \alpha - V_0^2}.$$

V_0 bezeichnet hierbei die unveränderliche Geschwindigkeit, welche das Fahrzeug nach Zurücklegung der Strecke l'' erreicht haben soll; G das Gewicht der in Bewegung kommenden Leit-, Ablenkungs- und Umleitungsrollen. Bei Verwendung eines Ausgleichseiles muß $2Lp$ an Stelle von Lp gesetzt werden.

Verschiedene der mit Wasserübergewicht gebauten Vergnügungsbahnen sind in den letzten Jahren für elektrischen Antrieb umgebaut worden.

Turbine. Diese kann unmittelbar zum Antrieb verwendet werden, wie dies bei der Seilbahn Lausanne-Ouchy geschieht (vgl. Beispiel 1), wird aber bei Neuanlagen wohl kaum wieder in Frage kommen.

Dampfmaschine. Die bei Seilbahnbetrieb zur Verwendung kommenden Dampfmaschinen müssen leicht umgesteuert werden können, wie Fördermaschinen für Bergwerke, sie müssen bei verschiedenen Kraftbedürfnissen leicht regelbar sein und durch einen leistungsfähigen Kessel, der bei Erfordernis rasch Dampf bildet, gespeist werden. Kondensation ist infolge des sehr wechselnden Ganges kaum verwendbar. Die horizontalen Zweicylindermaschinen finden vorzugsweise Anwendung. Ältere Seilbahnen, sowie neuere in Amerika haben hauptsächlich Dampftrieb. Bei der einen Seilbahn in Havre erfolgt der Betrieb durch Dampf, welcher in Serpolletkesseln auf den Wagen selbst erzeugt wird. Die Kessel haben 8 qm Heizfläche und es arbeitet, bei gleicher Belastung der Wagen, der aufsteigende mit 4 Atm., der absteigende mit 1 bis 2 Atm. Das Aufwärtsfahren des beladenen Wagens ohne Seil erforderte 18 Atm. Kesseldruck. Die Cylinder von 160/150 mm liegen außerhalb der Rahmen zwischen den beiden Achsen. Der mittlere Kraftverbrauch beträgt 21 PS. Die Ausführung dieser Anlage ist übrigens ganz verfehlt und hat monatelange Betriebsunterbrechung⁵⁰).

Elektrischer Antrieb findet in neuerer Zeit immer mehr Anwendung, zumal wenn Wasserkraft nicht unmittelbar verwendbar ist. Eine Erzeuger-(Generator-)station, in welcher Turbinen, aushilfsweise auch Dampfmaschinen, die Erzeuger treiben, giebt den Strom ober- oder unterirdisch an die Antrieb- oder Motorenstation ab. Eine solche, die Umsteige- und Antriebstation der San Salvatore-Seilbahn ist in Abb. 183 u. 184 dargestellt. In der Erzeugerstation untergebrachte Akkumulatoren können zum Ausgleichen der Belastungsschwankungen dienen, nötigenfalls auch kürzere Zeit aushilfsweise Betriebskraft liefern. Die Änderung der Bewegungsrichtung erfolgt durch Umschalten des Motors, oder durch Reibungs- oder Zahnkuppelungen.

Auch Gasanlagen (Dowson) können mit ihren Motoren zur Betreibung der Erzeuger verwendet werden (Davos-Platz-Schatzalp-Drahtseilbahn, ausgeführt von der Schweizer Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur).

Wagen. Die Wagen bestehen aus einem, gewöhnlich in Holz ausgeführten Oberkasten und dem meist zweiachsigen eisernen Untergestell. Beide müssen sehr kräftig mit einander verbunden sein, damit bei plötzlichem Bremsen des Untergestelles der Wagenkasten sich nicht verschiebt oder losreißt. Gewöhnlich ist nur eine Wagenklasse vorhanden, doch sind verschiedene Abteilungen gemacht. Eine große Steigung der Bahn bedingt treppenförmige Anordnung der einzelnen Abteilungen. Der Wagenboden wird bei wechselndem Gefäll für eine mittlere Steigung wagrecht liegend angenommen. An den beiden Wagenenden sind meistens Bühnen angebracht, sodaß der Wagenführer bei der Bergfahrt auf der oberen, bei der Thalfahrt auf der unteren

⁵⁰) Näheres s. Génie civil 1895, Okt., S. 339

derselben stehen kann, um das Gleis zu überwachen. Die Wagen sind entweder als offene, oder geschlossene Abteilwagen gebaut, deren einzelne Abteilungen durch ganze oder halbhohle Wände getrennt und während der Fahrt durch verriegelte Türen nach außen abgeschlossen sind. Bei geschlossenen Wagen kann die Verriegelung der Türen z. B. durch beiderseitig längs des Wagens laufende Kettenzüge oder Wellen bewirkt werden, an welchen von oben Bolzen in die Schiebethüren einfallen. Durch Anziehen der Kette,

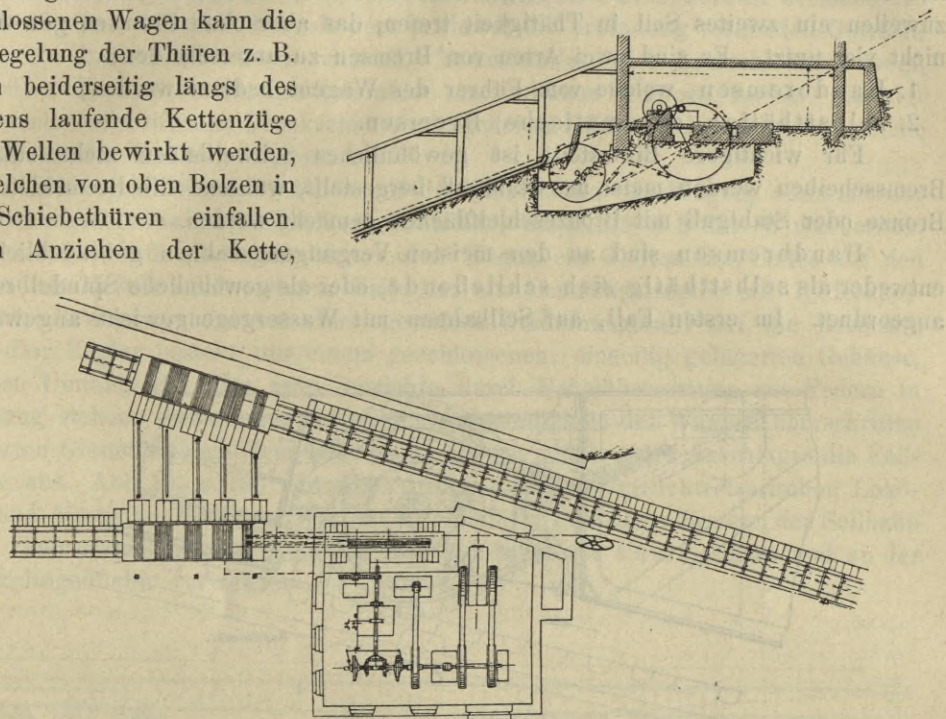


Abb. 183 u. 184. Antriebstation (Salvatore).

bezw. Drehen der Welle, heben sich die Bolzen und lassen die Türen frei bewegen. Seitliche Türen empfehlen sich deshalb, weil sie beim Steckenbleiben des Wagens meist ein bequemes Aussteigen gestatten, bei zweigleisiger Anlage immer auf der gleichen Seite eingestiegen und bei eingleisiger auf einer Seite eingestiegen, auf der anderen ausgestiegen werden kann. Seitliche Trittbretter sind wegzulassen, da sie den erforderlichen Lichtraum verengen und an den Einsteigrampen hindern würden, durchlaufende Bretter sind der verschiedenen hoch angeordneten Abteilböden wegen meist nicht anwendbar. Die Abteile haben eine Länge von 1,4 bis 1,5 m bei einer Wagenkastenbreite von 2,1 bis 2,6 m. Die Wagen fassen 50 bis 60 Personen.

Untergestell. Dasselbe wird entweder durch zwei Längsbleche oder \square Eisen gebildet, welche durch starke Querverbindungen versteift sind. Erstere Anordnung wird überall da Anwendung finden müssen, wo ein Wasserkasten notwendig ist, der infolge seines bedeutenden Inhaltes dazu zwingt, den Platz möglichst auszunutzen. Ein Einlaufrohr am oberen Wagenende dient dann zum Füllen, während ein Wasserstandsglas den Führer über die gefaßte Menge unterrichtet. Das Untergestell wird meist nicht mit Federn versehen. Das Eigengewicht für die Achse beträgt rd. 3,1 t, d. h. 0,179 Tonnen für den Platz. In einzelnen Fällen kann 0,120 bis 0,160 t für den Platz genügen. Um zeitweiligen großen Güterbeförderungen genügen zu können,

haben einige Gesellschaften den einen Wagenkasten abnehmbar gemacht, sodaß dann das leere Untergestell als Güterwagen verwendbar ist.

Bremsen. Die Anwendung der nötigen Sicherheitsvorrichtungen ist namentlich für den Fall eines Seilbruches geboten. Mit Rücksicht auf ihn kann allerdings zuweilen ein zweites Seil in Thätigkeit treten, das aber ohne Bremsen gewöhnlich nicht viel nutzt. Es sind zwei Arten von Bremsen zu unterscheiden:

1. Handbremsen, welche vom Führer des Wagens bedient werden;
2. selbstthätige (automatische) Bremsen.

Für wichtigere Bremsteile ist gewöhnliches Schweißeisen nicht zulässig; Bremsscheiben werden meist aus Stahlguß hergestellt, während die Bremsklötze aus Bronze oder Stahlguß mit Bronzeschleifflächen gemacht werden.

Handbremsen sind an den meisten Vergnügungsbahnen gebräuchlich und entweder als selbstthätig sich schließende, oder als gewöhnliche Spindelbremsen angeordnet. Im ersten Fall, auf Seilbahnen mit Wassergegengewicht angewendet,

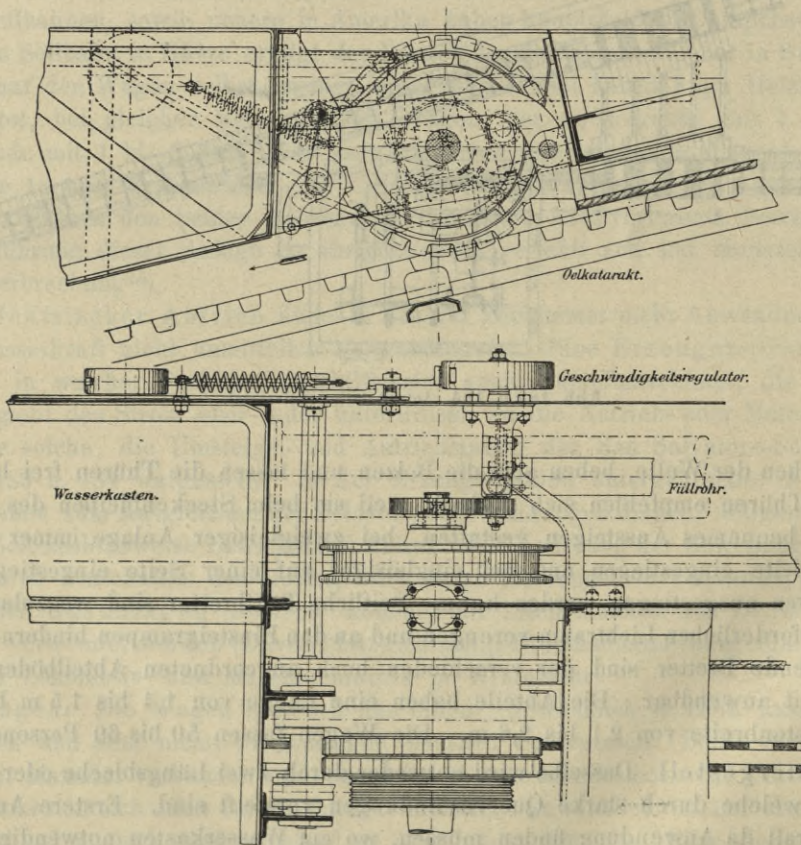


Abb. 185 u. 186. Centrifugalbremse.

muß der bergwärts fahrende Führer seine Bremse offen halten, der thalwärts fahrende durch beständigen Druck auf dieselbe die Geschwindigkeit regeln. Durch einen Druck von etwa 15 kg ist er imstande den Wagen ganz anzuhalten. Die gewöhnlichen Spindelbremsen wirken durch Hebelübersetzung auf Bremsbänder oder

Bremsklötze aus Gußeisen oder Bronze, welche an besonderen, meist geriffelten Bremscheiben angreifen. Handbremsen, welche auf Bremszangen wirken, können nur zum Anhalten im Notfalle, nicht aber zur Geschwindigkeitsregelung benutzt werden.

Selbstthätige Bremsen. Die selbstthätigen Fallbremsen bestehen aus einem durch einen Winkelhebel mit dem Seilhebel in Verbindung stehenden Gewicht, welches, an langem Hebelarm wirkend, Bremsbänder oder Bremsklötze bewegt, welche über die beiderseitig der Zahnräder angeordneten Scheiben laufen. Auf der Führerbrücke wird oft eine Druckschiene mit Hebel und Gestänge angebracht, welche das Auslösen der Fallbremse gestattet.

Centrifugalbremsen stehen mit den Laufrädern der Wagen, oder mit der Seilumlenkungsscheibe in Verbindung. Letzteres empfiehlt sich für Winterbetrieb, vorausgesetzt, daß die Belastung der beiden Wagen ein Gleiten des Seiles auf den Scheiben ausschließt. Im ersteren Falle ist ein Centrifugalregler mit Räderübersetzung in Bewegung, der bei einer gewissen Umdrehungszahl auf die Bremsen, wirkt. Der Regler besteht aus einem geschlossenen, einseitig gelagerten Gehäuse, an dessen Umfang ein oder zwei Gewichte durch Hebelübersetzung mit Federn in Verbindung stehen. Sobald die zulässige Geschwindigkeit des Wagens überschritten wird, treten Gleitstücke aus dem Gehäuse und lösen mittels eines Anschlages die Fallgewichte aus. Abb. 185 u. 186 veranschaulichen eine von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur gelieferte Centrifugalbremse der Seilbahn Lugano. Die erste derartige Bremse wurde von Ingenieur Pauli gebaut und an der Biel-Maggingenbahn verwendet.

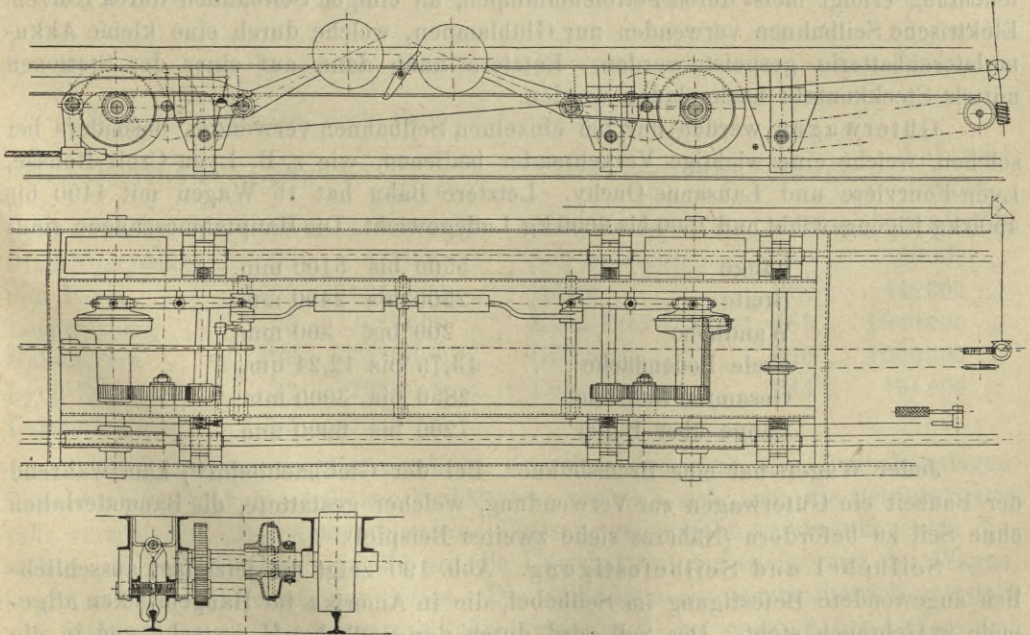


Abb. 187 bis 189. Zangenbremse mit Auslösung.

Zangenbremsen. Abb. 187 bis 189 zeigen die Bremsanordnung der Stanserhorn-Drahtseilbahn. Die Zangenbremse ist wohl das roheste Bremsmittel, das bei dem Fehlen eines elastischen Zwischengliedes in kürzester Zeit die ganze lebendige

Kraft des Fahrzeuges auf Ober- und Unterbau überträgt. Da der Bremsweg, einschließlich Schließweg, d. h. der Weg, welcher nötig ist, um die Schrauben so zu drehen, daß die Bremszangen sich anlegen, kaum 2 m beträgt, werden einzelne Schienen der bleibenden Verbiegung nicht entgehen und die Ankerschwellen gelockert werden.

Bremskühlwasser wird gewöhnlich in einem besonderen Behälter mitgeführt und gelangt durch geeignete Röhren, welche in durchlöchernten Enden über den Bremscheiben münden, auf letztere. Die Territet-Glion-Drahtseilbahn faßt z. B. 350 l Kühlwasser, welches aber im Winter die Linie oft derart vereist, daß der Betrieb eingestellt werden muß.

Schneepflug. Die Drahtseilbahn Davos-Platz-Schatzalp, die höchst gelegene Seilbahn der Schweiz, deren untere Station neben dem Kurhaus auf 1559 m liegt, während sich die obere neben der neu erbauten Heilanstalt auf 1873 m befindet, hat Jahresbetrieb vorgesehen und ist deshalb genötigt die Wagen mit Schneepflügen zu versehen. Der Schnee wird nur nach links gedrückt, da auf der rechten Seite stellenweise hohe Böschungen sind. Erst im Dezember 1899 eröffnet, konnte in Ermangelung eines außerordentlichen Schneefalles noch nicht bestätigt werden, ob die Einrichtung sich bewährt, doch fuhr die Bahn immer und es genügten drei Mann zum Wegräumen des Schnees auf der 718 m langen, meist in einer Steigung von 47 v. H. liegenden Bahn.

Heizung und Beleuchtung. Mit Ausnahme der Dolderbahn in Zürich, welche Warmwasserheizung hat, werden die Seilbahnwagen nicht geheizt. Die Beleuchtung erfolgt meist durch Petroleumlampen, an einigen Seilbahnen durch Kerzen. Elektrische Seilbahnen verwenden nur Glühlampen, welche durch eine kleine Akkumulatorenbatterie gespeist werden. Letztere kann dann auf einer der Stationen mittels Steckkontakt nachgeladen werden.

Güterwagen werden nur bei einzelnen Seilbahnen verwendet, besonders bei solchen, welche eine wichtige Verkehrsader bedienen, wie z. B. Lyon-Croix-Rousse, Lyon-Fourvière und Lausanne-Ouchy. Letztere Bahn hat 15 Wagen mit 4400 bis 4500 kg Eigengewicht und 7500 bis 8000 kg Ladegewicht. Die Hauptabmessungen sind:

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Länge | 5500 bis 5100 mm. |
| Breite | 2500 bis 2400 mm. |
| Wandhöhe | 200 bis 300 mm. |
| Freie Bodenfläche | 13,75 bis 12,24 qm. |
| Gesamter Radstand | 2850 bis 3000 mm. |
| Länge über Buffer | 7200 bis 6900 mm. |

Jeder Wagen hat eine Bremsbühne. Bei der Gießbachbahn⁵¹⁾ kam während der Bauzeit ein Güterwagen zur Verwendung, welcher gestattete, die Baumaterialien ohne Seil zu befördern (Näheres siehe zweites Beispiel).

Seilhebel und Seilbefestigung. Abb. 190 zeigt die jetzt fast ausschließlich angewendete Befestigung im Seilhebel, die in Amerika für Hängebrücken allgemein in Gebrauch steht. Das Seil wird durch den Seilhebel *H* gesteckt und in die kegelförmig ausgedrehte Büchse *B* eingeführt, alsdann auf Büchsenlänge vom Ende entfernt mit weichem Eisendraht fest umwickelt und die Enden der Drähte nach Entfernen der Hanfseele umgebogen und verzinkt. Hierauf wird die Hülse mit einer

⁵¹⁾ Vgl. R. Abt, Seilbahn a. Gießbach, S. 41.

Mischung von Kupfer, Zinn und Antimon ausgegossen und dadurch die Drähte festgehalten. Wenn das sich streckende Seil von Zeit zu Zeit verkürzt werden muß, ist der Seilkopf abzuschneiden und neu zu machen. Um nicht jedesmal einen neuen

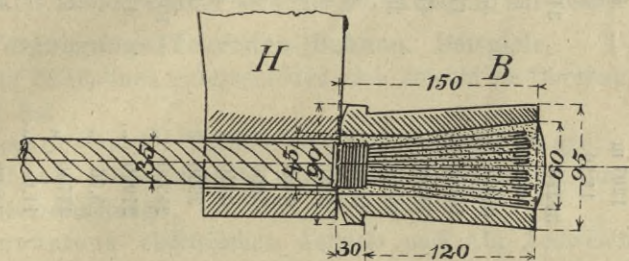


Abb. 190. Seilkopf.

Kopf machen zu müssen, wurde an der Gütsch-Drahtseilbahn bei Luzern eine Regelungsschraube (Abb. 191) mit dem Seilende in Verbindung gebracht.

Wegen der Einnahmen und Betriebskosten siehe Tabelle S. 188.

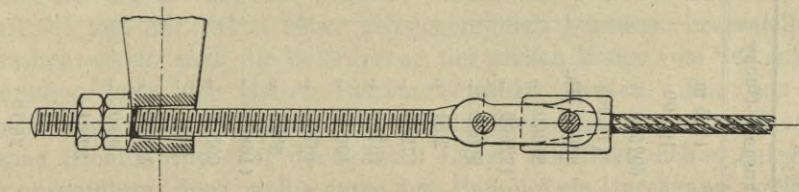


Abb. 191. Seilbefestigung.

Hier sei außerdem noch Folgendes bemerkt:

| Drahtseilbahn | Länge | Anlagekosten | Drahtseilbahn | Länge | Anlagekosten |
|---------------------|--------|---------------|---------------------|--------|--------------|
| Lyon-Croix-Rousse | 489 m | 2 480 000 Mk. | Bürgenstock . . . | 940 m | 295 000 Mk. |
| Ofen-Königsburg . | 90 „ | 377 000 „ | San Salvatore . . . | 1644 „ | 480 000 „ |
| San Paulo . . . | 7865 „ | 31 200 000 „ | Hâvre | 360 „ | 448 000 „ |
| Leopoldsberg . . . | 725 „ | 687 000 „ | Lyon-Croix-Paquet | 483 „ | 1 840 000 „ |
| Galata-Pera . . . | 606 „ | 3 540 000 „ | Gießbach | 326 „ | 1 200 000 „ |
| Lyon-Fourvière. . . | 822 „ | 2 960 000 „ | Lugano-Stadt . . . | 244 „ | 151 000 „ |
| Lausanne-Ouchy . | 1795 „ | 2 725 000 „ | | | |

Betriebskosten. Entsprechend der Verschiedenheit der Seilbahnanlagen, ihres Betriebes und der örtlichen Verhältnisse gestalten sich auch die Betriebskosten sehr verschieden. Bei Anwendung von Wassergegengewicht beschränken sich dieselben, abgesehen vom Personal, auf die Unterhaltung der Gleise und der Wagen, sowie auf die Erneuerung des Seiles. Die Seilbahnen mit Sommerbetrieb gestalten sich ungünstiger als diejenigen mit Jahresbetrieb, weil bei ersteren das Aktien- und Obligationenkapital zwölf Monate verzinst werden und das Personal für das ganze Jahr gelohnt werden muß.

Einnahmen und Betriebskosten einiger Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen der Schweiz im Jahre 1897.

| | Zürichbergbahn | Lausanne-Ouchy | Territet-Glion | Lauterbrunnen | Beatenberg |
|--|----------------|----------------|----------------|---------------|------------|
| Länge der in Betrieb stehenden Linie | 163 m | 1795 m | 553 m | 1207 m | 1600 m |
| Zahl der Züge an einem Tage | 259,92 | 105,00 | 61,74 | 11,16 | 14,50 |
| Zahl der Reisenden | 442249 | 692539 | 147749 | 37216 | 34261 |
| Zahl der Tonnen Last, Waaren u. dgl. | 99,6 | 110,265 | 604,4 | 959,0 | 997 |
| von Reisenden | 33500 Mk. | 84000 Mk. | 81000 Mk. | 65000 Mk. | 33800 Mk. |
| für Gepäck, Waaren u. dgl. | 2620 " | 87000 " | 8150 " | 14300 " | 11500 " |
| Einnahmen insgesamt | 34800 " | 172500 " | 95000 " | 79500 " | 47800 " |
| für 1 km der Linie | 213000 " | 96000 " | 173000 " | 65600 " | 30000 " |
| für das Zugkm | 2,26 " | 2,51 " | 7,64 " | 16,10 " | 5,65 " |
| Allgemeine Verwaltung | 36800 " | 7950 " | 3550 " | 5480 " | 5590 " |
| Unterhaltung und Gleisüberwachung | 3215 " | 13700 " | 6580 " | 4950 " | 4850 " |
| Beförderung und Zugdienst | 6090 " | 40000 " | 17400 " | 7800 " | 4795 " |
| Fahrdienst | 7880 " | 46700 " | 4230 " | 3140 " | 2700 " |
| Verschiedene Ausgaben | 2970 " | 8800 " | 7500 " | 3920 " | 1455 " |
| Gesamte Ausgaben | 23900 " | 116800 " | 39000 " | 25300 " | 194000 " |
| Ausgaben für 1 km der Linie | 146300 " | 65500 " | 70600 " | 21000 " | 12100 " |
| Ausgaben für das Zugkm | 1,55 " | 1,715 " | 3,13 " | 5,16 " | 2,29 " |
| Ausgaben für 1 km der Linie. | 66800 " | 30800 " | 102500 " | 44700 " | 17820 " |
| für das Zugkm | 0,703 " | 0,80 " | 4,55 " | 11,0 " | 3,37 " |
| Prozente der Betriebseinnahmen | 31,22 | 32,01 | 59,23 | 68,08 | 59,55 |
| Zahl der Angestellten | 8 | 47 | 10 | 13 | 9 |
| Zahl der Angestellten für 1 km. | 49,08 | 26,18 | 18,08 | 10,77 | 5,62 |

Die Leistungsfähigkeit der Seilbahnen kann trotz ihrer verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit ganz bedeutend sein, wie dies beim Verkehr zwischen Stadtteilen der Fall ist. Bei Seilbahnen mit Wassergegengewicht, welche infolge des schweren Wagens und Seiles nur geringe Geschwindigkeit zulassen, wird die Leistungsfähigkeit immer kleiner sein als bei Anlagen mit fester Betriebsmaschine.

§ 16. Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen. Beispiele. — Die nachstehend beschriebenen fünf Seilbahnen unterscheiden sich sowohl im Oberbau, als auch im Antrieb und zwar hat

1. Lausanne-Ouchy Turbine und vier Schienenstränge;
2. Gießbach Wassergewicht und Abt-Ausweiche mit innerem und äußerem Spurkranz; Leiterzahnstange;
3. Bürgenstock elektrischen Antrieb und Abt-Ausweiche mit doppeltem Spurkranz; Abt's Zahnstange;
4. Territet-Glion Wassergewicht und drei Schienenstränge; Leiterzahnstange;
5. Stanserhorn elektrischen Antrieb, Abt-Ausweiche; Zangenbremse.

1. Drahtseilbahn Lausanne-Ouchy. Diese älteste der schweizerischen Seilbahnen hat den Zweck, eine bequeme Verbindung zwischen dem Hafentort Ouchy am Genfersee und der 102 m höher gelegenen Stadt Lausanne herzustellen. Neben dem Personenverkehr muß die Beförderung der großen Menge vom See ankommender Baumaterialien nach der oberen Station bewältigt werden. Für den gewählten Längenschnitt war die Höhenlage der beiden Zwischenstationen maßgebend. Der theoretische Schnitt wäre auf der ganzen Länge der Bahn höher gelegen als der wirklich ausgeführte, doch mußte unter dem Bahnhof ein Durchgang erreicht werden, weil eine andere Kreuzung unmöglich gewesen wäre. Große Nachteile erwachsen dem Betriebe daraus nicht, indem je nach dem Gefällswechsel die Geschwindigkeit der Antriebsmaschine geändert wird. Das Gefälle wechselt von 5,8 bis 11,6 v. H.

Unterbau. Die schief gemessene Betriebslänge beträgt 1463 m. Zwei Tunnel, einer zwischen Stadt und Hauptbahnhof, der andere unter letzterem haben 255, bezw. 112 m Länge. Die Lichtweite des ersten Tunnels, der überdies ein Gleis der Bahn Lausanne-St. Luce aufnimmt, beträgt 9 m. Er ist in 102 einzelnen, halbkreisförmigen Ringen von 2,5 m Länge gewölbt, deren Scheitel je um 0,29 m tiefer liegen, dadurch sichelförmige Sichtflächen bildend. Die Widerlager sind 1,6 m hoch, ihre Stärke beträgt 0,9 m, die Gewölbstärke 0,65 m. Der zweite, schwächer geneigte Tunnel nimmt nur die vier Schienenstränge der Bahn selbst auf. Im weiteren sind sechs Überbrückungen und zwei Unterführungen aus Eisen von 3 bis 15 m Länge, sowie eine 6 m lange Überführung vorhanden. Das beträchtliche Tagwasser der fast ganz im Einschnitt liegenden Bahn wird durch gemauerte Gräben einem 1,5 m hohen, in den See mündenden Kanal zugeführt.

Oberbau. Mit Ausnahme der Ausweichstelle liegt das Gleis in gerader Linie. Oberhalb der Ausweiche besteht es aus drei Strängen und 129 mm hohen, 33 kg/m schweren Schienen von 6 m Länge. Der mittlere Schienenstrang ist gemeinsam und gabelt sich in der Bahnmitte auf 142,04 m Länge bis zu 1,9 m Entfernung; 52,5 m der Ausweiche liegen in der Geraden. Die Krümmungshalbmesser betragen 400 m. Das Gleis unterhalb der Ausweiche hat vier Schienenstränge, von denen die inneren noch 0,2 m Abstand haben. Die Spurweite beträgt 1,435 m; Zahnstange ist keine

vorhanden. An dem unteren Teile der Ausweiche werden die inneren Schienen vom Seil überschritten. Die Kronenbreite beträgt im unteren Teil 3,2 m, im oberen 4,5 m, in der Ausweiche 7,2 m. Die Eichenholzswellen von 2,6, bzw. 3,8 m Länge sind in 0,8 m Entfernung in Schotter gebettet. Das Gewicht des Oberbaues in der geraden Strecke beträgt 180 kg/m.

Seil. Seit der Eröffnung der Bahn ist dasselbe schon achtmal ausgewechselt worden. Die alten Seile bestanden aus sechs Litzen zu 19 Drähten von 1,95 bis 2,2 mm Stärke, einer mittleren Querschnittsfläche von 3,46 bis 4,33 qcm und einem Durchmesser von 30 bis 32 mm. Bei einem Gewicht von 3,1 bis 3,43 kg/m beträgt der Sicherheitsgrad 5,1 bis 9,9. Die Bruchfestigkeit ist zu 7,5 bis 17,45 Tonnen/qcm bestimmt. Der schwerste, bergwärts fahrende Zug soll 44 t haben. Da die ersten Seile Hanfseelen hatten, rosteten sie in den Tunneln rasch, trotz Anstrich mit einem Gemisch von norwegischem Teer, Öl und Kolophonium, weshalb Versuche mit Seilen verschlossener Anordnung ohne Hanfseele und entgegengesetzten Windungen angestellt wurden.

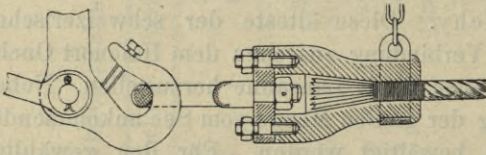


Abb. 192. Seilbefestigung.

Die Seilbefestigung erfolgt in der Wagenmitte und es kann sich das Seil beim Abwickeln von der Trommel frei drehen, da es mittels eines im Deckel der kegelförmigen Büchse drehbaren Zapfens am Zughaken hängt (Abb. 192). Eine Kette hält die Drahtseilhülse so hoch, daß sie weder an Rollen, noch sonst irgendwo anschlägt.

Seilumleitung. Bei den beträchtlichen Gewichts- und Gefällsunterschieden würde bei Umleitung des Seiles um eine Rolle die Reibung nicht genügt haben, um ein Gleiten zu vermeiden. Das Seil ist $4\frac{3}{4}$ mal über eine Trommel von 6 m Durchmesser geschlungen. Die dreiteilige, 3,8 m lange Trommel besitzt einen Hagenbuchholzmantel mit Rillen von 40 mm Entfernung. Zwei Ablenkungsrollen von 3 m Durchmesser, mit Leder besetzter Rille, stehen in einem Abstand von vier Rillendurchmessern (160 mm), drehen sich entgegengesetzt und werden durch Zahnräder und Schrauben der Seilabwicklung entsprechend vor der Trommel verschoben. Die gleichen Schrauben verschieben einen Zeiger, der die Wagenstellung erkennen läßt und dadurch eine Regelung der Bremsen gestattet.

Tragrollen. Im unteren Teile der Bahn sind dieselben 400 mm breit, da das Seil in der Mitte des Gleises läuft und abwechselnd das eine und andere Seiltrium die Rollen benutzt. Weiter oben sind getrennte Rollen aus Gußeisen, die zwischen den Schwellen auf Eisentragrahmen ruhen. Der Rillendurchmesser beträgt 300 mm. Zu Anfang der 90er Jahre belegte man die Rillen mit Kautschuk, um die Seilabnutzung zu verringern. Die äußere Breite der oberen Rollen beträgt 180 mm, die Rollenentfernung je nach Standort und Gefäll 9 bis 15 m, in den Krümmungen 10 m. Bei letzteren kommen auch gußeiserner senkrechte Cylinder von 400 mm Höhe bei 250 mm Durchmesser zur Verwendung, um das Anlegen des Seiles an die Rollen zu sichern.

Antriebsmaschine. Da zum Betrieb mit Wasserübergewicht viel zu große Wasserkasten erforderlich gewesen wären, was die Anbringung der Bremsen erschwerte hätte, wurde eine feste Maschine aufgestellt. Die Bahngesellschaft hat es mit der

Einrichtung ihrer Anlage übernommen, ein Wasserwerk zu bauen, das die Stadt mit Trink- und Brauchwasser, die Kleinindustrie mit Betriebswasser versorgt. Dem See von Brenet entnommen, wird das Wasser mit 180 m Gefäll den Turbinen zugeleitet. Die 14 km lange Leitung leistet 9000 Liter in der Minute. Eine doppelt wirkende Girard-Turbine auf wagrechter Achse, mit 2,25 m äußerem Durchmesser und zwei mit entgegengesetzt gerichteten Radkanälen für Vor- und Rückwärtsbewegung versehenen Kränzen wird durch eine Wassersäule von 400 mm Stärke und 142,5 m Höhe betrieben. Eine Zahnradübersetzung giebt der Seiltrommel 79 Umdrehungen, wenn die Turbine 230 macht. Für den schwersten Verkehr reichen 200 PS mit einem Wasserverbrauch von 4000 Liter in der Minute aus.

Hochbauten. Größere Bahnhofbauten sind nur an der oberen Station ausgeführt. Im Anschluß an den dort beginnenden, 9 m breiten Tunnel ist eine offene Halle bis zu den rechts und links von den Gleisen, am Ende der Betriebsstrecke erstellten Bahnhofs- und Verwaltungsgebäuden erbaut. An den Zwischenstationen, sowie an der unteren Endstation sind einfache Holzbauten ausgeführt.

Wagen. Es sind drei Arten von Wagen im Betrieb und zwar zunächst bei jedem Zug am unteren Ende ein Bremswagen, welcher zur Hälfte für 20 Personen in zwei Abteilen und zur Hälfte für Gepäck bestimmt ist. Die 2,8 m breiten Wagen haben bei 3,2 m Radstand zwei Achsen und sind geschlossen gebaut. Auf der oberen Endbühne am Gepäckabteil steht der Bremsler, welcher eine Spindel- und eine Schlittenbremse zu bedienen hat. Die außer dem Bremswagen im Zug noch verwendeten Personen- und Güterwagen von 40 Sitzplätzen I. und II. Klasse, bezw. 7500 kg Tragfähigkeit haben keine Schlittenbremse, sondern nur je eine Spindelbremse, welche indessen mit Bremsbacken auf die Räder wirken. Ein Bremsler kann zwei Plattformen bedienen.

Die maschinelle Anlage hat ausschließlich einer inzwischen, weil überflüssig, wieder beseitigten Aushilfsdampfmaschine 76000 Mk. gekostet. Die Turbine ist in Paris gebaut, die Einrichtungen sind von Bell in Kriens bei Luzern geliefert.

An Personal sind 20 Beamte und Angestellte vorhanden. Die Fahrtaxen für Berg-, Thal-, sowie Hin- und Zurückfahrt betragen bezw. Mk. 0,20, 0,20, 0,32 in der zweiten Klasse, das doppelte in der ersten Klasse.

2. Gießbachbahn. Seit dem Hochsommer 1879 befindet sich im Berneroberrand (Schweiz) eine kleine Vergnügungsbahn im Betrieb, welche von Natur und Technik in gleich hervorragender Weise bedacht wurde. Die dort zur Ausführung gelangte Bauart vereinigt zum erstenmal die Vorzüge einer Seilbahn mit der Sicherheit der Zahnstangenbahn und zeichnet sich überdies durch geringe Anlagekosten aus. Es bewegen sich im Betriebe stets ein Wagen aufwärts, ein anderer abwärts, beide an einem auf dem höchsten Punkte der Bahn um eine Rolle geschlungenen Drahtseil befestigt. Als Triebkraft dient entweder das Gewicht der oben eingestiegenen Personen, oder das von dort zu fassende Wasser. Die auf der ganzen Länge der Strecke verlegte Zahnstange gestattet mittels Bremszahnrad die Fahrgeschwindigkeit zu regeln. Mit Ausnahme einer in der Mitte der Bahn gelegenen selbstwirkenden Ausweichstelle von 50 m Länge ist die Anlage einspurig.

Im Sommer 1878 entschloß sich der Besitzer der Gasthöfe am Gießbach diese Verbindungsbahn zwischen dem Dampfschiffsteg am Brienersee und seinen 100 m höher gelegenen Gasthäusern herzustellen. Die damalige Maschinenfabrik Aarau (Direktor N. Riggerbach, Konstrukteur Roman Abt) erhielt auf Grund ihrer Pläne

die Ausführung des ganzen Baues. Im Oktober 1878 wurden die Bauten an Ort und Stelle begonnen und am 19. Juli 1879, nach vorausgegangener Prüfung durch die schweizerischen Behörden, dem Betriebe übergeben.

Bau. Anlage. Mit Ausnahme der beiden Endstücke hat die 346 m lange Bahn eine gleichmäßige Steigung von 280 v. T. Um das Ingangsetzen und Anhalten der Züge zu erleichtern, wurde, unter Zuhilfenahme einer Übergangskrümmung, das obere Ende mit 320 v. T., das untere mit 240 v. T. angelegt. Die Bahnachse bildet eine Gerade. Die beiden in der Mitte angebrachten Ausweichgleise sind symmetrisch dazu angeordnet, haben 75 m Halbmesser und einen Abstand von 2,666 m. Am unteren Ende hat die Bahn ein kleines Zweiggleis mit 50 m Halbmesser zur Aufnahme des Güterwagens und der zur Aushilfe dienenden Fahrzeuge. Die Spurweite beträgt 1 m.

Unterbau. In ihrem unteren Teile hat die Bahn einen Einschnitt von 1 m größter Tiefe, sowie einen 30 m langen Damm von 6 m größter Höhe. Die Schlucht des Gießbaches wird mittels fünf, auf Stein Pfeilern von 9 bis 13 m Höhe ruhenden, eisernen Bogenbrücken von je 38 m Länge übersetzt. Die Züge kreuzen auf der untersten Öffnung, welche durch drei Träger überdeckt wird. Die Querverbindungen des Streckbaumes, Zoreseisen von 120 mm Höhe und 15,5 kg Gewicht, bilden gleichzeitig die Schwellen zur Oberbaubefestigung und tragen auf der einen Seite der Bahn einen 600 mm breiten Fußsteg mit leichtem Gelände.

Oberbau. Da die Züge am nämlichen Seile befestigt sind, kreuzen sie stets auf derselben Stelle der Bahn. Hier muß die Bahn unvermeidlich doppelgleisig, auf dem ganzen übrigen Teile kann sie eingleisig angelegt sein. Das sichere, selbstthätige Ausweichen ist hier zum ersten Mal nach Ingenieur Roman Abt's Patent eingerichtet worden (Abb. 155) unter Anwendung von inneren und äußeren Spürkränzen. Ober- und unterhalb der Brücke ist der Oberbau auf eichenen Schwellen befestigt. Die breitfüßigen Schienen von 87 mm Höhe und 17 kg/m Gewicht sind auf die Holzschwellen genagelt, auf die Zoreseisen unter Benutzung gußeiserner Plättchen geschraubt.

Die Zahnstange besteht aus zwei \sqsubset Eisen von 100 mm Höhe als Stege und dazwischen gesteckten, trapezförmigen Zähnen mit 100 mm-Teilung. Das Gewicht der 3 m langen Zahnstangenstücke beträgt 96, somit 32 kg/m. Die Enden zweier Stücke sind auf 10 mm dicke Bleche und diese selbst auf ihre Unterlage geschraubt. Zwischen den Stößen wird die Zahnstange noch an zwei Stellen festgehalten. Auf den Holzschwellen sind außerhalb der Schienen Langschwellen von \sqsubset Eisen angebracht; außerdem ist dem Wandern des ganzen Oberbaues durch eine Anzahl Mauersätze (Mauerwerk oder Betonguß) vorgebeugt.

Hochbau. Das Aufnahmegebäude am Landungsplatz der Dampfschiffe ist einstöckig, 30 m lang, 15 m tief, im Stile der Gegend gefällig aus Holz gebaut, aber mit Ziegeln gedeckt. Auf der Bahnseite beanspruchen die Warthallen I. und II. Klasse beinahe die Hälfte des Gebäudes, in dessen Mitte das Kassenzimmer mit Fahrkartenausgabe, daneben ein Raum für unten verbleibendes Gepäck sich befinden. Die andere Gebäudehälfte enthält den Warteraum III. Klasse nebst kleiner Wirtschaft mit Küche und Speiseraum. Über diesen letzteren sind die Schlafräume für den Wächter und den Lagerverwalter. Ein gedeckter Gang führt vom Aufnahmegebäude zu der leichten, schindelbedeckten Halle am unteren Bahnende.

Betrieb. Verkehr. Die Züge bestehen aus je einem Personenwagen mit fünf Abteilungen zu acht Sitzplätzen und einem Gepäckraum.

| | |
|--------------------------------|---------|
| Wagengewicht | 5300 kg |
| 40 Personen zu 75 kg | 3000 „ |
| Gepäck | 500 „ |
| Gesamtes Zuggewicht | 8800 kg |

Dazu kommen noch 700 kg vom Drahtseil, das zu heben ist, sodaß die größte aufwärts zu bewegende Last 9500 kg beträgt. Zur Beförderung derselben ist ein Gewicht von 10800 kg notwendig, das sich bei leerem, oberem Wagen aus dem Wagengewicht und 5500 kg Wasser zusammensetzt. Zur Überwindung sämtlicher Reibungswiderstände ist also ein Übergewicht des treibenden Wagens von 1300 kg erforderlich.

Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 1 m/sek., also die Fahrzeit für die ganze Strecke 6 Minuten. Die Züge können sich in Zwischenräumen von zehn Minuten folgen, da vier Minuten für Wasserfassen u. s. w. gerechnet werden müssen.

Betriebsmittel. Der ganze Wagenpark besteht aus einem Güterwagen und zwei Personenwagen. Ersterer ist mit starkem Zahngetriebe und Handkurbeln versehen, wird ohne Seil durch vier Mann bewegt und befördert 3000 bis 3500 kg mit 50 m/Std., einschließlich der Ruhepausen, bergwärts. Abwärts kann jede beliebige Schnelligkeit gegeben werden. Während des Baues leistete dieser Wagen vorzügliche Dienste. Die offenen Personenwagen haben Seiteneingänge und besitzen in jeder Abteilung zwei einander gegenüberstehende Sitzbänke, welche auf gleicher Höhe sind. Die einzelnen Abteilungen sind stufenförmig gebaut, während Dach und Wasserkasten unter den Sitzen der Bahnrichtung gleichlaufen. Der Wasserkasten faßt 6,5 cbm. Sechs Laufräder, von denen die vier hinteren ein Drehgestell bilden, tragen den Wagen. Die vorderen Räder stecken auf einer festen Achse, welche das Zahnrad mit Bremscheiben trägt. Der Führer befindet sich stets auf der oberen Seite des Wagens, faßt von dort Wasser und regelt die Zuggeschwindigkeit.

Bei gewöhnlichem Betrieb werden mittels Spindel und Hebelübersetzung zwei Bronzebremsklötze auf die geriffelte Stahlbremsrolle gepreßt. Die zweite Bremsrolle hat ähnliche Klotzanordnung, die aber erst bei Seilbruch durch einen Hebel mit Gewicht in Tätigkeit gesetzt wird.

Mechanische Einrichtung. Das Drahtseil aus englischem Tiegelgußstahl hat 23 mm Durchmesser, besteht aus einer Hanfseele und fünf Litzen von je 14 zwei Millimeter starken Drähten. Seine Bruchbelastung beträgt rund 30 Tonnen. Das Seil ist nur einmal um die große gußeiserne Rolle ($d = 3$ m) geschlungen und läuft in einem Kranze von Nußbaumholz, der in Stücken von 300 mm Länge aufgeschraubt ist. Im geraden Teile der Bahn wird das Seil in Entfernungen von 14 bis 16 m von kleinen, gußeisernen Rollen ($d = 240$ mm) mit 80 mm hohen Rändern getragen. In der Kreuzung sind schräg gestellte Rollen eingelegt, was eine einfachere und billigere Anordnung ergibt als stehende und liegende Rollen. Das aus der Gasthofwasserleitung bezogene Wasser steht unter einem Drucke von über 100 m, weshalb es zuvor in einen Behälter und von dort erst durch Rohr und Schieber von 200 mm lichter Weite in die Wagenwasserkasten gelangt. Die Entleerung der Kasten ist selbstthätig, indem die Tellerventilspindel unten auf ein L Eisen aufläuft und dadurch das Ventil hebt, um dem Wasser Abfluß zu gestatten. Ein Läutewerk auf jedem Endbahnhof dient zur Verständigung der beiden Wagenführer über das zu fassende Wasser, Abfahrt u. s. w.

Kosten. Die Baukosten betragen nicht ganz 120 000 Mk. Hiervon entfallen auf die Anlage des neuen Landungsplatzes . . . 15 000 Mk.
für Unterbau und Hochbau 45 000 „
Eisenwerk, Betriebsmittel, mechan. Einrichtung . . 60 000 „

Die Fahrtaxen betragen 80 Pfennige für Hin- und Rückfahrt (einfache Fahrkarten werden nicht ausgegeben), 20 Pfg. für kleineres, 40 Pfg. für größeres Gepäck nach jeder Richtung. Die größte während eines Tages bei gewöhnlichem Betrieb beförderte Personenzahl betrug 800. Zur Besorgung des Betriebsdienstes sind zwei Führer, eine Fahrkartenausgeberin und zwei Gepäckschaffner notwendig. Die gesamten Betriebsausgaben belaufen sich auf rund 3000 Mark. Die Bahn, nach jeder Richtung wohl gelungen, diene allen späteren derartigen Anlagen als Vorbild.

3. Drahtseilbahn auf den Bürgenstock⁵²⁾. Die Bürgenstockbahn wurde am 17. Juli 1888 dem öffentlichen Verkehr übergeben und verbindet die Dampfschifflande am Vierwaldstättersee mit den etwa 440 m höher, nämlich 1134 m ü. M. auf dem Stock liegenden Gasthöfen. Vorstudien und Entwurf für den Unterbau besorgte Ingenieur Leu in Luzern, die gesamte mechanische Anordnung mit den verschiedenen neuen Einzelheiten lieferte Ingenieur Roman Abt. Oberbau, Wagen, mechanische Einrichtung und Turbinenanlage waren an das Haus Theodor Bell & Cie. in Kriens vergeben. Die Bauausführung hatten die Herren Bucher und Durrer unter der Leitung des Herrn Abt selbst übernommen. Der Längenschnitt nähert sich dem theoretischen. Die Bahn ist die erste ihrer Art, welche bedeutende Krümmungen aufweist, die aber trotz der gehegten Bedenken sicher durchfahren werden. Abb. 193 gibt die Gleisanlage in den Hauptteilen.

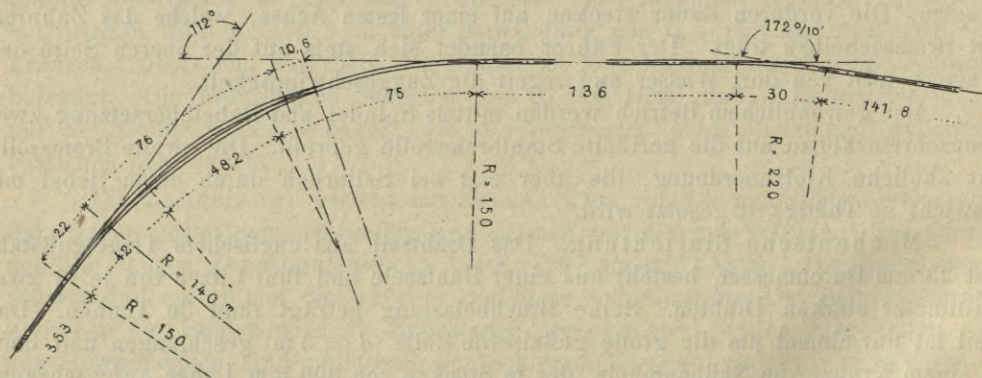


Abb. 193. Ausweichstelle.

Die wagrechte Länge der Bahn beträgt 827 m, in der Steigung gemessen 936 m. Sie beginnt mit einer Steigung von 320 v. T. und geht bei parabelförmiger Ausrundung des Längenschnittes nach etwa 400 m in die Größtsteigung von 577 v. T. über. Die Anlage ist einspurig und hat in der Mitte in scharfer Krümmung von 140 m Halbmesser und 200 m Länge eine Abt'sche Ausweiche.

Unterbau. Der ganze Bahnkörper ist gemauert und erreicht in der Ausweiche eine Breite von 4,5 m. Im unteren Teile ist ein 4 m tiefer, an der Sohle 3 m weiter einfüßiger Einschnitt mit 0,75 m breitem Graben. Die Kronenbreite des

⁵²⁾ Vgl. Schweiz. Bauz. 1888, Bd. XII, S. 49 u. f.

Mauerwerkes beträgt 1,5 m. Außer den massigen Untermauerungen, den starken Futtermauern in den Erdeinschnitten, sowie den hohen Stützmauern hat die Bahn noch zwei kleinere Bauten, nämlich eine gewölbte Überfahrt von 2,5 m Breite und einen gewölbten Durchgang von 2 m Weite. Der auf die ganze Bahnlänge sich erstreckende Mauerkörper hat in den Felseinschnitten nur noch 0,5 bis 0,4 m Stärke.

Oberbau. Die Spurweite beträgt 1 m. Das Gleis ist einspurig mit Abt's selbstthätiger Ausweiche (108,6 m lang) in der Mitte. Diese besondere Form der Weiche mit doppeltem Spurkranz gelangte hier zum ersten Mal in der Krümmung zur Ausführung. Die Krümmungshalbmesser wechseln von 120 bis 220 m. Die als Schwellen dienenden Γ Eisen von 120/80/10 mm lehnen sich mit ihrer Schmalseite gegen das Mauerwerk, mit welchem einzelne Schwellen doppelt verankert sind. Angenietete L Eisen an den Köpfen der Schwellen wirken gegen seitliche Verschiebung. Die hier zum ersten Mal als Schwellen verwendeten Γ Eisen liegen 960 mm von einander entfernt. Die Schienen sind 115 mm hoch und wiegen 22,5 kg/m. Hakenschrauben, Unterlags- und Klemmplatten bilden die Verbindung. Auf Schienenlänge ist die Hälfte der Schwellen gegen Wandern des Gleises einmal unmittelbar mit der Schiene durch zwei Schrauben verbunden. An der Ausweichstelle sind etwas stärkere Unterlagsplatten gewählt, damit das spurkranzlose Rad über die 120 mm hohe Zahnschiene wegrollen kann. Zwei mit Rändern versehene Flacheisen mit vier Bolzen bilden die Verlaschung. Das Gewicht des Oberbaues mit Zahnstange beträgt 96 kg/m.

Die zweiteilige Abt'sche Zahnstange ist auf Γ Eisen von $\frac{90 \times 85}{18}$ mm befestigt, zwischen den Flacheisen ist ein Raum von 28 mm Weite zur Aufnahme der Wagenanker (Abb. 194 u. 195), welche aus Stahlplatten (300 mm lang) mit unter die Lamellen greifender Verdickung bestehen. Die Zahnschienen haben 2878 mm Länge bei 85 mm Höhe und 20 mm Dicke und erhalten je 2 mm Spielraum für Ausdehnung. Die Flacheisenstöße unter sich, sowie die Schienenstöße gegenüber den Flacheisenstößen sind versetzt angeordnet.

Hochbau. Am oberen Ende erforderte die Unterbringung der elektrischen Anlage und der Umleitungsrollen die Einrichtung eines Maschinenhauses. Daneben befindet sich ein Kassenraum. Am unteren Endpunkte ist ein kleines Gebäude in Fachwerk errichtet mit Kasse, Geräte- und Wirtschaftsraum.

Betrieb. Wagen. Die Wagen ruhen auf vier Rädern, von denen jedes für sich gelagert ist. Bei 3 m Radstand haben sie 6 m Länge, 1,6 m Breite und fassen in vier Abteilen, wovon zwei I. Klasse zu sechs Plätzen, zwei II. Klasse zu acht Plätzen, 32 bis 40 Personen. Das Leergewicht beträgt 4,0 t, somit 120 kg auf den Platz. Jeder Wagen ist mit zwei beweglichen Anker versehen,

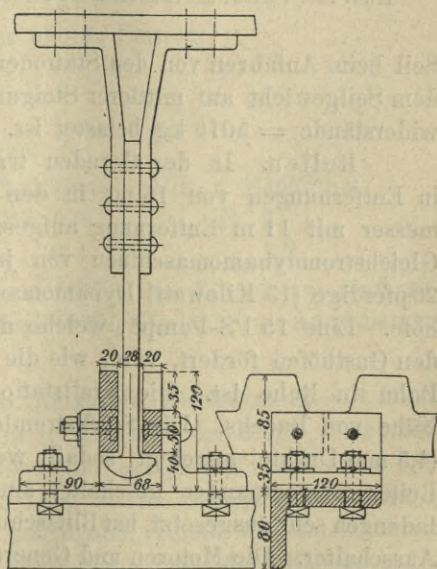


Abb. 194 u. 195. Anker und Zahnstange.

welche ein Aufsteigen der Zahnräder verhindern und ein Entgleisen unmöglich machen.

| | |
|---|---------|
| Das Eigengewicht des Wagens ist | 4000 kg |
| das Personengewicht | 2000 „ |

Gesamtgewicht des beladenen Wagens 6000 kg

und darnach die größte vorkommende Tangentialkraft 3200 kg. Die seitlich über Armhöhe offenen Wagen werden durch einfache Schiebethüren geschlossen. An jedem Wagenende ist eine Bühne für den Schaffner angebracht. Bei einem allfälligen Seilbruch wird das obere Zahnrad durch das Fallen eines Hebels mit Gewicht selbstthätig gebremst. Die Handbremse wirkt auf die untere Zahnradachse. Abb. 196 zeigt eine Achse. Vom Wagen aus können mit Hilfe eines längs der Linie

gespannten Drahtes Zeichen gegeben werden. Die Ankunft der Wagen im Bahnhof oder in der Weiche wird dem Maschinenführer durch Glockenzeichen mitgeteilt.

Mechanische Einrichtung.
Drahtseil. Das Seil von 30 mm Durchmesser ist aus 114 Stahldrähten von 3 mm Durchmesser über einer Hanfseele in sechs Litzen im Kreuzschlag hergestellt. Sein Gewicht beträgt 3,2 kg/m, die Bruchfestigkeit 48 kg/qmm. Die Seilgeschwindigkeit ist 1,13 m/sek. Die Seilumleitung auf der oberen Station beträgt etwas mehr als 3π . Die größte Beanspruchung erleidet das

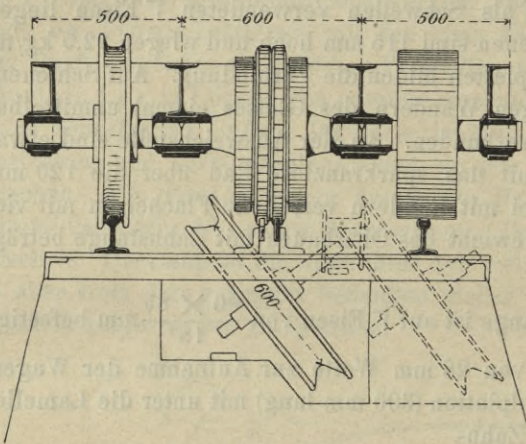


Abb. 196. Oberbau mit Laufrädern und Bremszahnrad.

Seil beim Anfahren von den Stationen, wobei es mit dem aufwärts fahrenden Wagen, dem Seilgewicht auf mittlerer Steigung und 5 v. H. für das Anfahren und die Rollenwiderstände = 5010 kg belastet ist.

Rollen. In der Geraden tragen Rollen von 160 mm Durchmesser das Seil in Entfernungen von 15 m; in den Krümmungen sind solche von 600 mm Durchmesser mit 11 m Entfernung aufgestellt. Die obere (Antriebs-)Station hat zwei Gleichstromdynamomaschinen von je 25 PS und eine mit denselben zu kuppelnde 20pferdige (15 Kilowatt) Dynamomaschine für die elektrische Beleuchtung der Gasthöfe. Eine 15 PS-Pumpe, welche das Quellwasser von halber Höhe des Berges zu den Gasthöfen fördert, wird, wie die Beleuchtungsmaschine, eingeschaltet, wenn die Bahn in Ruhe ist. Die Kraftstation liegt in einer Entfernung von 4 km in der Nähe von Buochs. Die Starkstromleitung (1600 V.) ist nach dem Dreileitersystem (4,5 mm Drähte) angelegt, sodaß, wenn nur eine Maschine läuft, die beiden anderen Leiter nebeneinander geschaltet sind. Die Kraftleitung ist atmosphärischen Entladungen sehr ausgesetzt, hat Blitzschutzvorrichtungen, Bauart Thury, und selbstthätige Ausschalter. Die Motoren und Generatoren (sechspolig nach Thury's Bauart) wurden von der Genfer Elektrizitätsgesellschaft geliefert. Die Generatoren leisten bei 800 Umdrehungen 25 A. bei 2×800 V. (60 PS). Die Motoren, in Reihe geschaltet, leisten bei 700 Umdrehungen 2×700 V. (44 PS), also 73 v. H. der Primärmaschinen.

Die größte notwendige Zugkraft ist 37 PS. Riemen und Zahngetriebe übertragen die Kraft auf die Hauptseilscheibe, welche in der Mitte gezähnt, zu beiden Seiten aber mit Seilrillen versehen ist. Sie hat 4 m Durchmesser, während die Gegenrolle, sowie die schief gestellten Führungsrollen nur 3 m haben. Ein Anlaßwiderstand von 20 Ohm leitet die Bewegung des Motors ein. Vor- und Rückwärtsbewegung geschieht nicht durch Umschalten des elektrischen Stromes, sondern durch Aus- und Einrücken eines dreifachen Kegelrädergetriebes (Abb. 197). Eine Reibungskuppelung läßt die Motorwelle mit der Lichtdynamomaschine in Verbindung treten.

Die Baukosten für 1 km setzen sich zusammen aus:

| | |
|--|-------------|
| Erdarbeiten, Gebäude u. Oberbau | 304 000 Mk. |
| Seil, Motoren, Wagen | 16 000 „ |
| Ausrüstung, Werkzeuge und Verschiedenes. | 1 600 „ |

zusammen 321 600 Mk.

Das Personal besteht aus

- 2 Stationsbeamten (Einnehmern),
- 2 Wagenführern,
- 2 Bahnwärtern,
- 1 Maschinenführer in der oberen Station,
- 1 Streckenarbeiter,

zusammen 8 Mann.

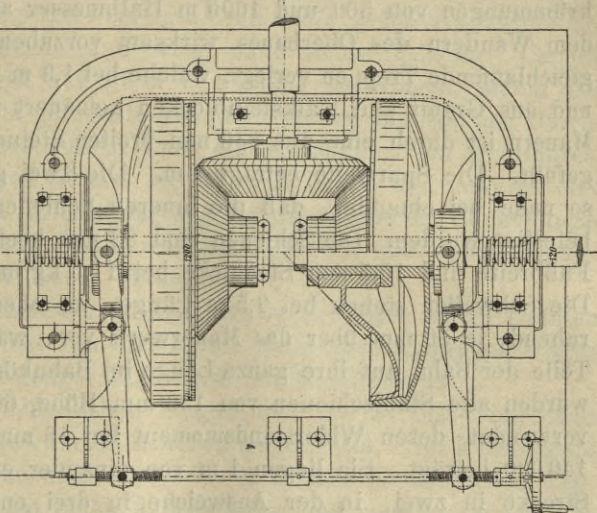


Abb. 197. Zahnradgetriebe zum Umschalten.

Fahrpreise.

| | Bergfahrt | Thalfahrt | Hin- u. Rückfahrt |
|------------|-----------|-----------|-------------------|
| I. Klasse | Mk. 1,2 | Mk. 0,8 | Mk. 2 |
| II. Klasse | „ 0,8 | „ 0,4 | „ 1,2 |

Einnahmen und Ausgaben im Jahre 1892. Die Einnahmen sind stetig zunehmend und bewegen sich zwischen 30 000 und 40 000 Mk. bei einer Ausgabesumme von 10 000 bis 12 000 Mk.

§17. Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen. Beispiele. Fortsetzung. — 4. Drahtseilbahn Territet-Glion. Die Bahn beginnt in der Nähe der Bahn-, Dampfschiff- und Straßenbahnstation Montreux am Genfersee und endet auf dem etwa 300 m höher gelegenen Luftkurort Glion. Die Länge und starke Steigung der bisherigen Verbindungsstraße ließ eine Bahn angezeigt erscheinen, zumal da sie im Sommer gleichsam das untere Stück der Abt'schen Zahnradbahn nach dem Rocher de Naye bildet. Sie ist die interessanteste aller Seilbahnen mit Wassergegengewicht, sowohl inbezug auf die große Steigung, als auch auf ihre bedeutende Länge. Sieben die

Bahn kreuzende Wege, welche teils über-, teils unterführt sind, bedingten den jetzigen Längenschnitt, namentlich deshalb, weil eine Drahtseilbahn keine Straßenkreuzung auf Schienenhöhe gestattet.

Die im Jahre 1883 eröffnete Seilbahn hat Leiterzahnstange. Ihre schiefe Länge beträgt 674,33 m bei einem Höhenunterschied der Endpunkte von 298,30 m. Die Linie ist gerade, mit Ausnahme der Ausweichstelle, welche Krümmungen und Gegenkrümmungen von 500 und 1000 m Halbmesser aufweist. Um bei der steilen Anlage dem Wandern des Oberbaues wirksam vorzubeugen, sind die Schwellen auf zwei gleichlaufende Treppen verlegt, welche bei 1,9 m Achsenabstand 500 mm Dicke haben und aus Granit und Kalksteinblöcken gemauert sind. Der Zwischenraum der beiden Mauern ist durch eine aus 830 mm breiten Steinplatten bestehende Dienstreppe ausgefüllt. Die Spurweite beträgt 1 m. Die zwei getrennt angeordneten Gleise liegen so nahe bei einander, daß die inneren Schienen durch gemeinsame Klemmplatten befestigt wurden. Die Schienen sind 83 mm hoch, haben 45 mm Kopfbreite, 77 mm Fußbreite und 10,5 mm Stegdicke bei 17,5 kg/m Gewicht. Ihre Länge beträgt 9 m. Die Schwellen stehen bei 2,5 m Länge, im oberen Teile auf freistehenden Sätteln ruhend, je 50 mm über das Mauerwerk vor, während sie im unteren, umgebauten Teile der Bahn auf ihre ganze Länge im Bahnkörper vermauert sind. Als Schwellen wurden alte Stahlschienen von 130 mm Höhe, 60 mm Kopf- und 100 mm Fußbreite verwendet, deren Widerstandsmoment bei 16 mm Stegdicke und 36,8 kg/m Gewicht 140 000 beträgt. Sie liegen 1 m von einander entfernt und lagern in der geraden Strecke in zwei, in der Ausweiche in drei entsprechend geformten, gußeisernen Sätteln (Abb. 198), welche die Schiene durch eine 21 mm starke Schraube festhalten.

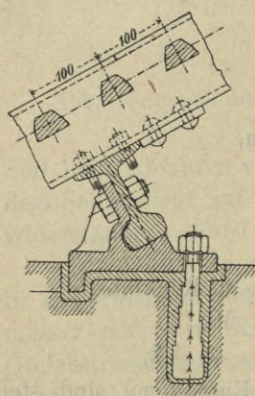


Abb. 198. Sattel.

Der 7 kg wiegende Sattel ist durch Steg und Steinschraube, mit Spencemetall umgossen, in seiner Lage auf dem Granitquader gesichert. Die Schienen stützen sich mit an den Fuß genieteten Plättchen gegen die Schwellen, wodurch eine Längsverschiebung verhindert und die Schrauben entlastet werden. Die Lasehung geschieht in gewöhnlicher Weise auf den Schwellen.

Zwei 120 mm von einander entfernte, 120 mm hohe \square Eisen mit 60 mm breiten Flanschen und 12 mm Steg bilden die Wangen der Leiterzahnstange. Die trapezförmigen (29/47/32 mm) Zähne sind in Entfernungen von 100 mm kalt eingietet. In dem, oben und unten geradlinig begrenzten Nietloch können sie sich nicht drehen. Das Gewicht der Zahnstange beträgt 48 kg/m. Die fertige Zahnstange wurde für die Krümmungen kalt gebogen und sie ist mit schwebendem Stoß in Stücken von

3 m Länge verlegt. Zwei Winkeleisen (60/60/10) sind mit den unteren Flanschen der \square Eisen je sechsfach mit 3 mm Spielraum am unteren Ende der Zahnleiter verschraubt. Jedes Wangeneisen ist durch zwei 15 mm Schrauben, welche durch aufgenietete Plättchen an der Zahnstange entlastet werden, auf die Schwellen befestigt. Zum Schutz gegen Rosten wurden die erwärmten Stücke in Steinkohlenteer getaucht. Der Gesamtoberbau wiegt 217 kg/m.

In der Geraden haben die Seilrollen 240 mm Rillendurchmesser und 15 m Entfernung. Die Rille ist zum Schutze des Seiles mit einer Metallmischung

ausgegossen, welche aus 80 Gew.-Teilen Zinn, 10 Gew.-T. Kupfer und 10 Gew.-T. Antimon besteht. Das Rollengewicht beträgt 21 kg. Zwei Flacheisen von 70 mm Breite und 200 mm Entfernung sind mit den Schwellen vernietet und nehmen die Rollenslager auf, welche durch Einbiegen der Flacheisen auf die Höhe der Schienenunterkante zu liegen kommen. Die Rollen für die Krümmungen sind in Abständen von 9 bis 12 m eingebaut und haben 360 mm Rillendurchmesser.

Die am oberen Ende der Strecke verlegte, mit Holz gefütterte zweiteilige Umleitungsrolle hat 3,6 m Durchmesser und wiegt ohne Achse 2120 kg. Um die 1,74 m von einander entfernten Seile auf 3,6 m Entfernung zu bringen, laufen dieselben über zwei ebenfalls mit Holz gefütterte Ablenkungsrollen von 950 mm Durchmesser, wobei sie beiderseits in wagrechtem Sinne eine Ablenkung von 90° erfahren, während die Rollenebenen im oberen Gefälle von 57 v. H. liegen und dadurch eine lotrechte Ablenkung vermieden wird. Die Erneuerung des Holzfutters der Umlenkungsrolle erfolgt etwa alle zwei Jahre und bei den Ablenkungsrollen alle sieben Monate. Die jährliche Abnutzung beträgt 21, bzw. 72 mm.

Das Seil von 34,5 mm Durchmesser besteht aus sechs Litzen zu 19 Drähten von 2 mm Stärke und hat ein Gewicht von 3,75 kg/m. Seine Befestigung am Wagen erfolgt in üblicher Weise in kegelförmiger Stahlhülse mit Metallausguß.

Die bis 1892 im Gebrauch befindlichen Wagen sind für 24 Sitz- und sechs Stehplätze in vier staffelförmig angeordneten Abteilen eingerichtet. Der Führer steht auf einer Bühne am unteren Wagenende. Bei 45 v. H. Gefälle ist der Boden wagrecht. Der hölzerne Wagenkasten hat innen 2,02 m Breite und ruht auf einem, den Wasserkasten bildenden eisernen Untergestell. Der Radstand beträgt 4,5 m. Der Wasserkasten faßt bei 1,33 $\frac{1}{2}$ m Breite und 2,64 m Länge 7 cbm; ein Wasserstandsmesser auf der Bühne zeigt die Menge des gefaßten Wassers an. Die Entleerung auf der unteren Station erfolgt selbstthätig. Halbhohe, die Rücklehnen der Sitze bildende Wände trennen die durch niedrige Thüren geschlossenen, nur mit Vorhängen versehenen, offenen Wagenabteile. Die durch Korkplatten bewirkte Federung der Wagen hat sich nicht bewährt. Jeder Wagen ist mit zwei Spindelbremsen und einer selbstwirkenden Fallbremse ausgerüstet, nachdem die in der ersten Zeit des Betriebes verwendeten Luftbremsen wegen mancherlei Unzuträglichkeiten beseitigt worden sind⁵³⁾.

Obere Handbremse (Abb. 199). Seitwärts vom Bremszahnrad trägt die Wagenachse *W* ein Rad *R*, welches in ein Getriebe *R'* eingreift, das seinerseits auf der Welle *B* der Brems Scheibe angebracht ist. Die zwei bronzenen Bremsbacken *aa* können mittels Schraube *c* und Hebel mit Gestänge *bb* gegen die Rolle gepreßt werden. Das Hebelwerk ist derart, daß die geriffelten Bremsbacken mit gleichem Druck wirken.

Untere Handbremse (Abb. 200). Das Bremszahnrad trägt auf jeder Seite eine Brems Scheibe. Der vom Schaffner durch die Spindel *a* ausgeübte Druck überträgt sich folgendermaßen: Durch Hebel und Gestänge *bbb* auf Bremsbacke *Id* und weiter durch *Cd* auf Backe *IId*, dann durch Hebel *d*, Welle *f*, Stange *g* und Hebel *h* auf Backe *Ia*, durch *Ca* und Hebel *i* auf *IIa*. Durch gute Wahl der Hebelverhältnisse sind Druck und Abnutzung gleich. Um die zu ersetzenden Bronzemassen (die Abnutzung des Bremsklotzes bei starkem Verkehr beträgt im Monat 10 mm) auf

⁵³⁾ Vgl. Walloth, Seilbahnen d. Schweiz, S. 34.

einen Kleinstwert zu bringen, sind in neuerer Zeit die Bremsbacken zweiteilig gemacht worden, sodaß nur die bronzenen Einlagen, nicht aber die Stahlgußschuhe ausgewechselt werden müssen.

Selbstthätige Bremse (Abb. 201). Das obere Ende des Seilhebels k stützt sich gegen die Federn ll . k sitzt lose auf der Welle m , auf welche der Gewichtshebel no aufgekeilt ist, außerdem trägt m zwei kleinere mit i des Bremsklotzes IIa verbundene Hebel. Der Hebel q auf r stützt das Gewicht o und steht durch s und t mit den Federn ll in Verbindung. Im Falle des Seilbruches hört der Druck auf die Federn auf, diese drücken die Stütze q unter dem Gewicht o (durch Vermittelung von ts) weg und dadurch werden die Bremsklötze so angedrückt, daß auch auf Steigungen von 57 v. H. der Wagen angehalten wird. Die Nabe des Gewichtshebels trägt ein Sperrrad u mit Sperrklinke, welches ein Heben des Gewichtes verhindert. Eine eingeschaltete Kautschuk-

Abb. 199. Obere Handbremse.

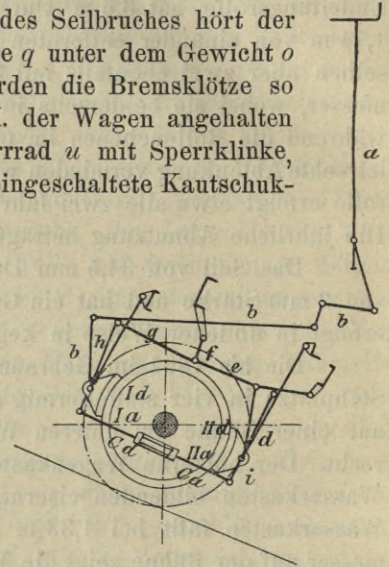
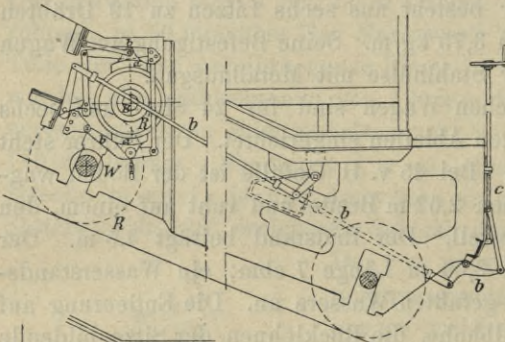


Abb. 200. Untere Handbremse.

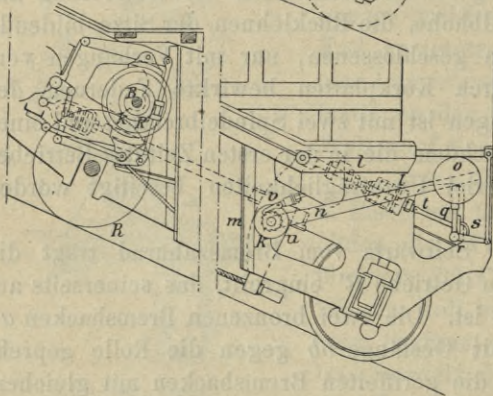


Abb. 201. Selbstthätige Bremse.

feder x übermittelt die Zugwirkung stoßfrei. Die neuen Wagen haben an Stelle der selbstthätigen Fallbremsen Centrifugalbremsen erhalten. Das Personal besteht aus zehn Angestellten und Beamten. Der Fahrpreis beträgt für die Bergfahrt 0,8 Mk., für die Thalfahrt 0,6 Mk., für die Hin- und Rückfahrt 1,2 Mk.

Baukosten. Dieselben betragen rund 448000 Mk., also für 1 km etwa 711000 Mk. Davon entfallen 72000 Mk.

auf den Umbau der unteren Strecke, aus welcher der große Gefällswechsel, der oft zu Störungen Anlaß gab, entfernt wurde.

Seit Eröffnung der Bahn auf den Rocher de Naye hat sich der Verkehr bedeutend gehoben.

5. Stanserhornbahn. Die Stanserhornbahn⁵⁴⁾ ist eine mit der Pilatusbahn in Wettbewerb stehende Linie und soll, dem billigeren Betriebe entsprechend, bei niedrigerem Preise einen ebenso lohnenden Aussichtspunkt leicht zugänglich machen.

⁵⁴⁾ Vgl. Ztschr. d. Ver. Deutsch. Ing., Bd. XL, 1896, S. 10.

Sie wurde in den Jahren 1891 und 92 von Bucher und Durrer erbaut und im Frühjahr 1893 dem Betriebe übergeben.

Gegenüber allen übrigen neueren Drahtseilbahnen mit größerer Steigung zeigt die Stanserhornbahn eine wesentliche Neuerung durch den Wegfall der Zahnstange. Die Bahn führt am Nordhang des Berges empor, beginnt in Stans bei 450 m ü. M. und endet im Stanserhorn-Gasthaus bei 1850 m ü. M. Der überwundene Höhenunterschied beträgt 1400 m. Die Bahn mißt in der Wagrechten 3597 m, in der Neigung dagegen 3915 m. Die Beschaffenheit des Geländes führte zur Teilung in drei Abschnitte, von denen jeder eine Ausweichstelle in der Mitte hat und für sich betrieben wird. Auf den beiden Zwischenstationen ist ein Umsteigen nicht zu vermeiden, doch halten die Wagen neben einander und es entstehen keine großen Unbequemlichkeiten. Die Dreiteilung hat den Zweck, jedes Stück unter Berücksichtigung des theoretischen Längenschnitts dem Boden anzupassen und einen großen Verkehr leichter bewältigen zu können, überdies eine allzugroße Seillänge zu vermeiden. Nachstehende Tabelle giebt die Längen und Steigungsverhältnisse der drei Teilstrecken.

| Stationen | Höhe üb. d. Meer m | Höhenunterschied m | Länge der Bahn | | | | Steigungen v. H. | mittlere Steigung v. H. |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|
| | | | schief gemessen | | wagrecht gem. | | | |
| | | | zwischen den Stationen m | vom Anfang m | zwischen den Stationen m | vom Anfang m | | |
| Stans | 450 | | | | | | | |
| I. | | 264 | 1550 | 1550 | 1527 | 1527 | 10 bis 27,5 | 17,3 |
| Kälti | 714 | | | | | | | |
| II. | | 507 | 1090 | 2640 | 960 | 2487 | 40 bis 60 | 52,1 |
| Blumatt | 1221 | | | | | | | |
| III. | | 629 | 1275 | 3915 | 1110 | 3597 | 40 bis 62 | 56,7 |
| Stanserhorn | 1850 | | | | | | | |
| | — | 1400 | 3915 | — | 3597 | — | — | 39,0 |

Unterbau. Alle Maurerarbeiten der Bahnlinie sind sehr sorgfältig aus dem Kalkgestein des Stanserhornes mit Cementmörtel hergestellt. Der Bahnkörper der ersten Strecke zeigt die gewöhnliche Kiesbettung, während er in der zweiten und dritten Strecke durchgehend aus Cementmauerwerk besteht. Der treppenförmig angeschnittene gewachsene Boden nimmt das mindestens 0,5 m starke, 2 m breite Mauerwerk auf. In der Mitte des Gleises der zweiten und dritten Seilebene ist im gemauerten Bahnkörper eine Treppe von Steinplatten zum Begehen der Linie verlegt. Die oberste Strecke hat einen 175 m langen Tunnel durch Kalksteingeröll.

Oberbau. Derselbe besteht aus 125 mm hohen Stahlschienen von rund 20 kg/m Gewicht, welche auf eisernen Querschwellen unter Zuhilfenahme von Klemmplättchen verschraubt sind. Um Kosten zu ersparen, wurde von der Zahnstange als Bremsmittel abgesehen und die bekannte billigere Zangenbremse, welche auf die Laufschiene

wirkt, gewählt. Da die Laschen keine Bremswirkung auf den Seiten der Schiene zuließen und überdies das bei raschem Bremsen eintretende Aufsteigen des Wagens verhindert werden mußte, war ein neuer Schienenquerschnitt notwendig. Die vom Hüttenwerk „Phönix“ gelieferten Schienen haben einen Schienenkopf von 50 mm Höhe bei 42 mm Breite. Der 65 mm hohe Steg ist 9 mm dick, während der Fuß 85 mm breit ist. Diese besondere Schienenform ist eigentlich das einzige Neue an der Stanserhornbahn, denn Zangenbremsen hatten schon die Seilbahnen von Lyon-Croix-Rousse, San Paulo und andere. Alle drei Seilebenen haben in der Mitte eine selbstthätige Abt'sche Ausweiche.

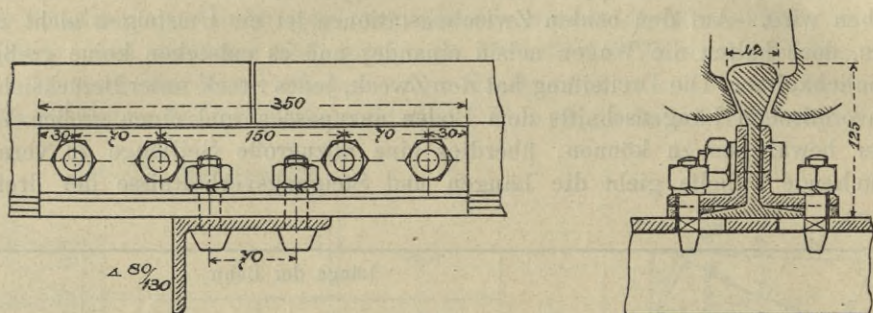


Abb. 202 u. 203. Schienenstoß.

I. Strecke. Ihre Ausweiche ist 72,42 m lang und hat Halbmesser von 120 m. In der Nähe derselben ist eine Richtungsänderung mit 400 m Halbmesser. Die 9,2 m langen Schienen lagern auf zehn flußeisernen Schwellen von \wedge förmigem Querschnitt, welche in Schotter gebettet sind. Zwei Winkellaschen mit vier Schraubenbolzen bilden den Schienenstoß, zwei Unterlagsplatten mit je zwei Schrauben befestigen die über den Schienenfuß vorstehenden Laschen auf die Querschwellen. Auf den Zwischenschwellen sind Klemmplättchen verwendet. Der Oberbau wiegt infolge Fehlens der Zahnstange nur 63 kg/m.

II. Strecke. Sie ist schwach S förmig mit Halbmessern von 250 und 400 m. Die Ausweiche hat Halbmesser von 150 m. Die Schwellen bestehen aus 1500 mm langen Γ Eisen, von 130/80 mm, welche vollständig in den Bahnkörper eingelassen sind. Die unten gespaltenen Anker sind 300 mm tief in das Mauerwerk eingelassen. Schienenstoß, Ausweiche u. s. w. sind wie bei der I. Ebene. Der Oberbau wiegt 67 kg/m. Abb. 202 u. 203 veranschaulichen einen Schienenstoß, sowie die Angriffsweise der Zangen.

Die III. Strecke ist ähnlich der zweiten und weist verschiedene Richtungsänderungen auf. Bei allen drei Ausweichen beträgt die größte Entfernung der Gleisachsen 2,5 m.

Hochbau. Die Kraftstation ist mit derjenigen der Bürgenstockbahn im gleichen Gebäude untergebracht. In Stans ist ein einfaches Stationsgebäude und auf den Zwischenstationen die zugleich die Umsteighalle bildende Maschinenstation. Das Endgebäude bildet mit dem Stanserhorn-Gasthaus ein Ganzes.

Betrieb. Die Anwendung von Elektromotoren gestattete leichtere Wagen und es war ferner möglich, Änderungen in den mechanischen Verhältnissen infolge des Anschlusses der Längenschnitte an den Boden auszugleichen, da die Faktoren des Produktes aus Kraft und Geschwindigkeit des elektrischen Motors in noch

größerem Maße sich je nach den Gefällsverhältnissen ohne Arbeitsverluste ändern können, als z. B. der hydraulische Motor der Seilbahn Lausanne-Ouchy dies imstande ist.

Bei sehr starkem Betrieb, wenn auch die Bürgenstockbahn Sonderzüge einschaltet, wird die oberste Seilstrecke mit Dampf betrieben. Der Kraftbedarf ist bei Beginn der Fahrt am größten und nimmt während derselben ständig ab, sodaß er unter Umständen gleich Null oder negativ werden kann.

| | | Wagen | | Kraftbedarf in PS. | |
|--------------|---------------|---------------|---------|---------------------|-------------------|
| | | aufwärts | abwärts | zu Anfang der Fahrt | zu Ende der Fahrt |
| Strecke I. | voll belastet | leer | + 48 | + 12 | |
| Strecke II. | leer | leer | + 31 | - 11 | |
| Strecke III. | leer | voll belastet | + 9 | - 27 | |

Wagen. Der in Abb. 204 dargestellte Wagen hat vier offene Abteile, vorn und hinten eine Bühne. Der Oberkasten ruht ohne abfedernde Zwischenlagen auf dem eisernen Untergestell. Wagengewicht 3800 kg.

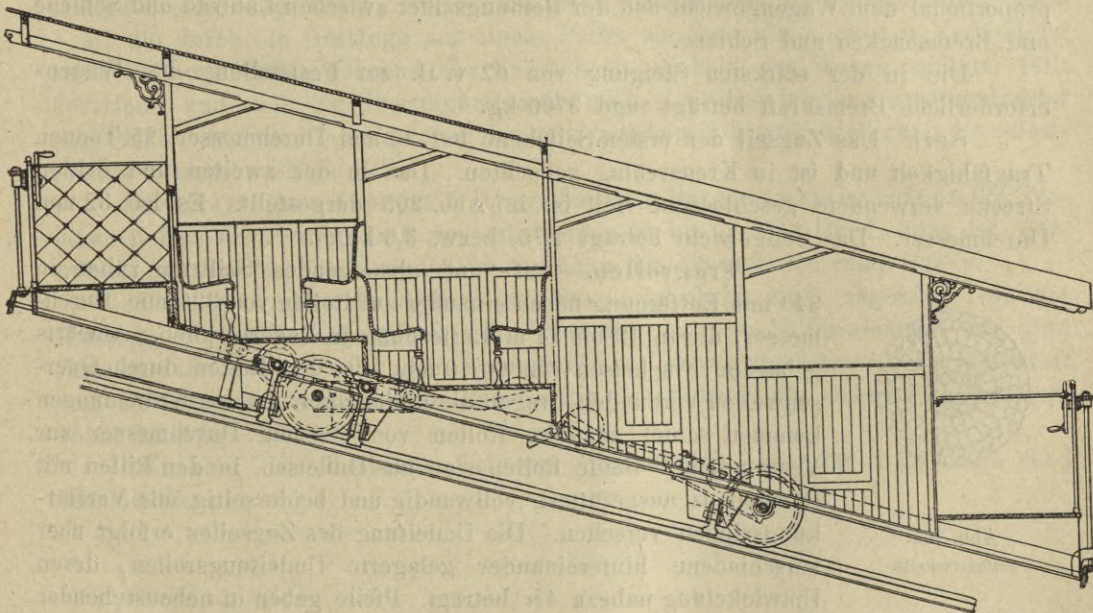


Abb. 204. Wagen.

Bremsen. Von den drei Zangenbremsen, welche der Ausweichstelle wegen nur die eine Schiene umfassen, wird die oberste von Hand angezogen, während die beiden anderen bei Seilbruch selbstthätig auslösen oder vom Wagenführer mittels Druckschiene ausgelöst werden können. Dabei tritt immer zuerst die obere Bremse in Thätigkeit, damit einem Aufsteigen vorgebeugt ist. Die beiden Zangenarme sind nahe über den Schienen durch doppelte Laschen drehbar verbunden. Die den Drehpunkt bildenden Bolzen sind über die Laschen hinaus verlängert und ruhen in länglich runden Bohrungen zweier kräftiger, die Laschen deckender Bleche, welche

zwischen Winkelbleche genietet sind. Die Entfernung der beiden Zangen im Drehpunkt ist also unveränderlich, dagegen können sich beide gemeinsam infolge der länglichen Bohrungen der Deckbleche quer zum Wagen etwa um 15 mm verschieben. In den gabelförmig gestalteten oberen Enden der Zangen lagern auf beiderseitigen Zapfen zwei Muttern mit der Bremsspindel, welche mit Links- und Rechtsgewinde versehen ist, durch deren Drehung die Bremszangen geschlossen oder geöffnet werden. Da die Zangenbacken sich bei der Bremsung von beiden Seiten an den Schienenkopf pressen, so darf dieser, damit die Bremsung an jedem Punkte der Bahn ausgeführt werden kann, an keiner Stelle eine längere Unterbrechung erfahren. Aus diesem Grunde werden die Zangen nur am äußeren, durchgehenden Strang angeordnet. Die Handbremse wird mittels Handrad angezogen, das mit der Bremsspindel durch Wellen- und Kegelradübersetzung in Verbindung steht. Die beiden anderen Bremsen können mittels Stirnradübersetzung von den zugehörigen Laufrädern aus geschlossen werden, nachdem das auf der betreffenden Laufachse sitzende Stirnrad mit dieser gekuppelt ist, sodaß es an ihrer Umdrehung teilnehmen muß. Die beiden Kuppelungen werden durch Gegengewichte eingerückt, wenn die Spannung am Seilhebel aufhört. Durch Zurückdrehen der Spindeln mit einem am Ende aufgesteckten Schlüssel werden die Bremsen geöffnet. Die Bremswirkung der Zangen ist direkt proportional dem Wagengewicht und der Reibungsziffer zwischen Laufrad und Schiene und Bremsbacken und Schiene.

Die in der stärksten Steigung von 62 v. H. zur Feststellung des Wagens erforderliche Bremskraft beträgt rund 3700 kg.

Seil. Das Zugseil der ersten Seilebene hat 25 mm Durchmesser, 25 Tonnen Tragfähigkeit und ist in Kreuzschlag geflochten. Das in der zweiten und dritten Strecke verwendete geschlossene Seil ist in Abb. 205 dargestellt. Es hat 32 mm Durchmesser. Das Seilgewicht beträgt 1,75, bzw. 3,5 kg/m.

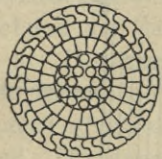


Abb. 205.
Seilquerschnitt.

Tragrollen. Auf- und absteigendes Seiltrum ruhen in 340 mm Entfernung neben einander auf Rollen von 300 mm Durchmesser, die in 12 bis 14 m Entfernung in Lagern ruhen. Abwärts gebogene Flacheisen von 60/10 mm, an den Enden durch Querschwellen verbunden, tragen die Rollenlager. In den Krümmungen kommen schief gestellte Rollen von 600 mm Durchmesser zur Verwendung. Beide Rollen sind aus Gußeisen, in den Rillen mit Buchenholz ausgefüttert, vollwandig und beiderseitig mit Verstärkungsrippen versehen. Die Umleitung des Zugseiles erfolgt über verschiedene hintereinander gelagerte Umleitungsrollen, deren Umwicklung nahezu 4π beträgt. Pfeile geben in nebenstehender Abb. 206 die Seilrichtung und Bewegung an. Die drei hinter einander gelagerten Rollen liegen je etwa 500 mm höher und haben ebenfalls Buchenholzrillen.

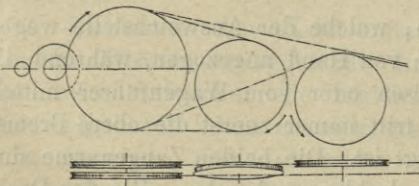


Abb. 206. Seilumleitung.

Antrieb. Obwohl die einzelnen Antriebstationen verschiedene Betriebskraft erfordern, sind doch alle gleich angelegt worden. Die Elektromotoren sind sechspolige Gleichstrommaschinen von 560 V. und 28 A., entsprechend einer Leistung von rund 60 PS. Sie

arbeiten mittels Riemenübertragung auf eine Übertragungswelle und von dieser mittels Zahnradvorgelege auf die Seilscheiben. Der Durchmesser der Seilscheiben beträgt 4 m. Bei gewöhnlichem Betrieb soll die Geschwindigkeit nur 1 bis 2 m/sek. betragen.

Die Dampfmaschinen sind Zweicylindermaschinen von 50 PS. Sie arbeiten ebenfalls mittels Riemenübertragung. Die Bewegungsrichtung wird bei den Elektromotoren durch Wechsel der Stromrichtung, bei den Dampfmaschinen durch Umsteuerung verändert. Zum Regeln der Fahrgeschwindigkeit bei Elektromotorenbetrieb dienen Widerstände. Liegen die Belastungsverhältnisse so, daß zur Bewegung der Wagen keine Motorenkraft erforderlich ist, so wird die Fahrgeschwindigkeit durch die auf der Übertragungswelle angeordnete Handbremse geregelt und die Antriebsmaschine ganz ausgeschaltet. Die Handbremse ist eine Backenbremse mit geriffelter Scheibe, deren Hartholzbremsklötze mittels Schraubenspindel geschlossen und geöffnet werden. Ein Geschwindigkeitsmesser, sowie ein Lineal mit Schraube und Zeiger lassen Geschwindigkeit und Wagenstand erkennen. Wenn der Wagen sich bis auf 10 m der Station genähert hat, wird durch den Radspurkranz ein Stromschluß bewirkt und hierdurch eine Warnglocke im Maschinenraum in Bewegung gesetzt. Zur Sicherung des Betriebes ist neben der Handbremse noch eine selbstthätige Bremse angebracht, welche mittels Gewichtshebel geschlossen wird. Eine Nase, die durch ein Gestänge mit einem Puffer am Ende des Gleises in Verbindung steht, hält den Hebel während der Fahrt hoch. Sobald der Wagen anfährt, fällt der Hebel und stellt die Übertragungswelle still. Überdies ist ein Centrifugalregler angebracht, der bei Überschreitung der gewöhnlichen Fahrgeschwindigkeit die selbstthätige Bremse auslösen soll.

Kraftstation. Zwei im Maschinenhaus der Bürgenstockbahn aufgestellte Turbinen liefern die Betriebskraft von mindestens 65 bis 70 PS. Die Leitung ist oberirdisch und hat bis Stans rund 2500 m Länge, bis Stanserhorn rund 6000 m.

Personal. Für den Betrieb der Stanserhornbahn sind, abgesehen von der Kraftstation, sechs Wagenführer, drei Maschinisten, ein Hilfsmaschinist und drei Streckenaufseher angestellt. Der kaufmännische Verwaltungsbeamte nebst Hilfskraft und der Maschinenmeister leiten gleichzeitig den Betrieb der elektrischen Straßenbahn Stansstad-Stans.

Kosten. Die Baukosten betragen 1 200 000 Mk., also für 1 km Bahn rund 307 000 Mk.

Hauptverhältnisse einiger Vergnügungsbahnen der Schweiz.
(Entnommen der Statistik des Rohmaterials der schweizerischen Eisenbahnen 1897.)

| Name der Bahn | Betriebsöffnung | Länge der Strecke m | Überwundene Höhe m | Größte Steigung % | Betriebsmaschine | Spurweite m | Zahnstange | Wagenart | Leergew. d. Wagens kg | Leergewicht für den Platz kg | Gesamter Radstand m | Länge über Puffer m | Bremsen *) | Erbauungskosten | |
|---------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|----------------|------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| | | | | | | | | | | | | | | insgesamt MK. | für 1 km MK. |
| Lausanne-Ouchy | 1877 | 1463 | 102 | 11,6 | Turbine | 1,435 | — | { Normale Wagen u. Brennwagen | 6000 | 150 | 3,200 | { 8,310 8,740 | H^2 u. autom. Schlittenbr. | 1 500 000 | |
| Gießbachbahn | 1879 | 346 | 90 | 28 | Wassergew. | 1,000 | Leiter | Offene Abteil-W. | 7460 | 373 | 6,200 | 9,000 | H, F, M_h, G_h | 117 500 | 352 000 |
| Territet-Montreux-Gillon | 1883 | 630 | 301,4 | 57 | " | 1,000 | " | dessgl. mit Gepäckraum | 6500 | 162,5 | 5,313 | 9,400 | H^2, S^2, G_S | 448 000 | 712 000 |
| Lugano-Bahnhof | 1886 | 250 | 57,04 | 23,4 | " | 1,000 | Abt | Offene Abteil-W. | 4800 | 120 | 3,650 | 6,250 | H, F, M_P, G_F | | |
| Bitgenstock | 1888 | 943 | 440 | 58 | Elektr. Mot. | 1,000 | " | " | 4000 | 166,7 | 3,600 | 7,000 | H, F, M_P | 277 000 | 295 000 |
| Thunersee-Beatenberg | 1889 | 1695 | 556,1 | 34,53 | Wassergew. | 1,000 | Leiter | " | 8790 | 175,8 | 5,200 | 9,000 | H^2, S^2, G_S, M_P | 560 000 | 320 000 |
| San Salvatore | 1890 | 1516,6 | 601,6 | 60 | Elektr. Mot. | 1,000 | Abt | " | 4500 | 140,6 | { 3,25 3,45 | 7,100 | H, F^2, M_P | 315 000 | |
| Lauterbrunnen-Grimsch | 1891 | 1372 | 675 | 57 | Wassergew. | 1,000 | Leiter | Geschloss. Abteil-W. | 7800 | 195 | 5,800 | 8,400 | H^2, F^2, G_F, M_P | 528 000 | 483 000 |
| Stanserhorn | 1893 | 3600 | 1400 | 62 | Elektr. Mot. | 1,000 | — | { Abteilwagen mit zwei Brücken | 3810 | 119 | 4,500 | 6,500 | Z_h, Z^2, M_P | 1 200 000 | 304 000 |
| Dolderbahn | 1895 | 818 | 79,84 | 17,75 | " | 1,000 | — | Geschloss. Abteil-W. | 4500 | 112,5 | 3,500 | 8,500 | Z_{H^2}, Z_A, M_P | 232 000 | 291 000 |

*)

H = Handbremse.
 F, S = Selbstthätige Seilbruchfall-, bezw. Spindelbremse.
 Z_H, Z_A = Hand-, bezw. selbstthätige Zangenbremse.
 G_H, G_F, G_S = Geschwindigkeitsbremse auf H, F oder S wirkend.
 M_H, M_P = Momentausrückung der selbstthätigen Bremse mit Handhebel oder Druckschiene.

Die beige-setzte Ziffer 2 bedeutet, daß die betreffende Bremse auf zwei Achsen wirkt.



Litteratur.

- Abt, R. Die Seilbahn am Gießbach. Zürich 1880.
- Abt, R. Die Seilbahn Lugano. Schweiz. Bauzeitung. 1887.
- Braun, E. Die Seilförderung. Freiberg i/Sachsen 1898.
- Carpi. Le chemin de fer funiculaire Lausanne-Ouchy. Schweiz. Bauzeitung. 1878.
- Handbuch d. Ing.-Wissenschaften, Bd. I, 2. Abt.
- Heusinger v. Waldegg, E. Handbuch f. Spez. Eisenbahntechnik, Bd. V.
- Hall, H. W. Zur Frage der zulässigen Maximalsteigung bei Seilbahnen. Schweiz. Bauzeitung. 1889.
- Kollmann. Straßenbahnen und Kleinbahnen. Zeitung d. Ver. deutsch. Ingenieure. 1893.
- Lévy-Lambert, A. Ch. d. fer funiculaires. Paris 1894.
- Meyer, G. Grundzüge des Eisenbahn-Maschinenbaues, Bd. IV. Berlin 1892.
- Pohlig, J. Über Drahtseilbahnen. Glaser's Annalen. 1894.
- Reichel, E. Seilstraßenbahnen in Amerika. Zeitung d. Ver. deutsch. Ingenieure. 1893.
- Reuleaux, F. Der Konstrukteur. Braunschweig 1882—89.
- Stein, A. Die verschiedenen Methoden der mechanischen Streckenförderungen. Gelsenkirchen 1898.
- Strub, E. Straßenbahn in Lissabon. Schweiz. Bauzeitung. 1889.
- Strub, E. Unsere Seilbahnen. Schweiz. Bauzeitung. 1892.
- Strub, E. Seilbahn San Salvatore. Schweiz. Bauzeitung. 1892.
- Strub, E. Seilbahn Lauterbrunnen-Mürren. Schweiz. Bauzeitung. 1892.
- Strub, E. Die Drahtseilbahnen der Schweiz. Wiesbaden 1900.
- Walloth, K. Die Seilbahnen der Schweiz. Wiesbaden 1893.

Sachverzeichnis.

- A**blenkungsrollen 179.
 Abt's selbstthätige Ausweiche für Seilbahnen 168, 169.
 Abt's Zahnradlokomotive 15.
 Abt's Zahnstange 13, 17, 44.
 Abzweigungen bei Kabelbahnen 154.
 Agudio's Seilebenen 156. Anlage bei Dusino 157, bei Lang le Bourg 159. Bahn auf die Superga 159.
 Aiken's Zahnradlokomotive 7.
 Albertschlag bei Seilen 173.
 Anfangsstationen bei Seilbahnen 139.
 Ankerführung bei Abt's Zahnstange 172, 195.
 Anlagekosten der Lokomotivsteilbahnen 74.
 — von Seilbahnen 144, 187.
 Anschlagpunkt 99, 101, 103.
 Antrieb bei Seilbahnen 179, 190, 196, 202, 204, 206.
 Auflagerschuhe für Seilbahnen 130, 131.
 Ausgleichwagen 111.
 Ausweiche, selbstthätige für Seilbahnen 168, 169.
 Automat, Kuppelungsvorrichtung von Bleichert 136.
- B**aukosten von Seilbahnen 194, 197, 200, 205, 206.
 Beladestation bei Seilbahnen 139.
 Betrieb der Seilbahnen 142, 195, 202.
 Betriebs-Ergebnisse der Zahnradbahnen am Pilatus, Rigi, Brünig, Glion-Naye, Visp-Zermatt 86.
 Betriebskosten der Seilbahnen 154, 187.
 — der Lokomotivsteilbahnen 74.
 Bissinger-Klose's Zahnstange 18, 43.
 Blackett's Versuche 4.
- Bleichert's Kuppelungsvorrichtung „Automat“ 136.
 — Kuppelungsvorrichtung mit tiefliegendem Seil 138.
 — Muffenkuppelung 133.
 — Reibungskuppelung 134.
 — selbstthätige Bremse 139.
 — Weiche für Seilbahnen 127.
 Blinkinsop's Zahnstange 3.
 Bremsberg 108.
 Bremsen für Seilbahnen 139, 184, 199, 203, 206.
 — für Zahnradbahnen 51.
 Bremskühlwasser für Seilbahnen 186.
 Bremsseilbahn 143.
- C**arrington's federnder Sattel 119.
 Cathcart's Zahnrad-Lokomotive 5.
 — Zahnstange 43.
 Central-(Haupt-)Station bei Seilbahnen 140, 154.
 Centrifugalbremsen für Seilbahnen 185.
 Ceretti und Tanfani's gusseiserne Seilstützen 129.
- D**ampfmaschinen für Seilbahnen 182.
 Differentialtrommel 150.
 Dinnendahl's Sternrolle 104.
 Doppelbespannung der Züge auf Zahnradbahnen 36.
 Doppelknoten 102.
 Drahtriesen 117.
 Druckrollen 179.
- E**ckart's Seilkanal 149.
 Einnahmen von Seilbahnen 188, 197.
 Elektrisch betriebene Drahtseilbahnen 123, 182, 202.
 — Zahnradbahn 55.
 Entladestation b. Seilbahnen 140.
- F**ahrgeschwindigkeit bei Seilbahnen 193.
 Fahrtaxen bei Seilbahnen 194.
 Fangfrösche 96.
 Fangvorrichtungen bei Seilbahnen 109.
 Fell's Bahnen 24, am Mont Cenis 24, in Brasilien 27, in Neu-Seeland 27.
 — Lokomotiven 25, 28.
 — Oberbau 25.
 Fisher's Seilklemme 107.
 Flache Förderung 108.
 Fördergefäße der Wagen für Seilbahnen 130, 131.
 Fördergehänge für Langholz 132.
 Förster's Seilführung 100.
- G**asanlagen für Seilbahnen 182.
 Gefällsbrüche 165.
 Gegenknoten 101.
 Gegenseil 93, 94.
 Gehänge der Wagen für Seilbahnen 130, 131.
 Generatoren siehe Stromerzeuger.
 Geschwindigkeits-Umformung bei Kabelbahnen 147.
 Glattes Seil 97.
 Gleise der Kabelbahnen 148.
 Gornergratbahn 56.
 Grimberg und Wolf's Seilmitnehmer 99.
- H**ängebahnen 141.
 Hallidie's Kabelbahnen 146.
 Handbremsen für Vergnügungs-Seilbahnen 184, 199.
 Hanfknoten 102.
 Hanfmetallknoten 102.
 Hasenelever Söhne's Seilmitnehmer 99.
 Haupt-(Central-)Station bei Seilbahnen 140, 154.
 Hinterseil 93, 94.

- Hochbau bei Seilbahnen 167, 191, 192, 195, 202.
 Hodgeson's Kluppensattel 119.
 — Seilbahnen 119.
- J**orisson & Co.'s Hängebock 99.
 — Rollen für Krümmungen 106.
 — Seilgreifer 102.
- K**abelbahnen in Städten:
 Abzweigungen 154.
 Betriebskosten 154.
 Haupt-(Central)-Station 154.
 Kraftbedarf 154.
 Kreuzung der Linien 152.
 Krümmungen der Bahn 151.
 Mitnehmer (Seilgreifer) 153.
 Schienen 148.
 Seile 147.
 Seilführung 148.
 Seilrollen 149.
 Seiltrommel 149.
 Seilwechsel 153.
 Spannwagen 150.
- Kabelbahnen in Städten, Beispiele:
 Bahn in Los Angeles (Kalifornien) 155.
 Bahn in Philadelphia 156.
- Kanalbock für Kabelbahnen 149.
 Kipsattel 123.
 Klinkenkuppelung (Otto's Patent) 133.
 Klose's Zahnrad-Lokomotive für die Bahn St. Gallen-Gais 60.
 — Zahnstange 18.
 Kluppensattel 119.
 Knoten am Seil 101.
 Knotenkuppelung 133.
 Knotenseil 97, 101.
 Kollmann's Seilmitnehmer 98.
 Kontaktleitung elektrischer Zahnradbahnen 58.
 Kraftbedarf der Kabelbahnen 154.
 Kreuzschlag bei Seilen 173.
 Kreuzungen der Kabelbahnen 152.
 Kühlwasser bei Seilbahnen 186.
 Kuppelungsvorrichtungen für Seilbahnen 106, 132.
 — mit hochliegendem Seil 132.
 — mit tiefliegendem Seil 138.
- L**ängenschnitt der Vergnügungsbahnen 163.
 Lang's Schlag bei Seilen 173.
- Laufwerk der Wagen für Seilbahnen 130.
 Leistungsfähigkeit der Seilbahnen 144, 189.
 Leiterzahnstangen von Marsh 6.
 — von Riggenbach 8, 43.
 — der Rigibahnen 9, 10.
 Locher's Oberbau 19, 62.
 — Zahnrad-Lokomotive für die Pilatusbahn 62.
 — Zahnstange 19.
- Lokomotiven für Fell's Bahnen 25, 28.
 Lokomotiven für Zahnradbahnen 49.
 Abt 15, 52.
 Aiken 7.
 Cathcart 5.
 Klose 60.
 Locher 62.
 Marsh 6.
 Riggenbach 8, 11, 64.
 Bahn Beirut-Damaskus 71.
 Bosnisch-herzegovinische Staatsbahnen 69.
 Brünigbahn 65.
 Ostermündingen 11.
 Pilatusbahn 62.
 Rorschach-Heiden 64.
 Bahn St. Gallen-Gais 60.
 Schneebergbahn 67.
 Tiszolcz-Zólyombrézo 72.
- Lokomotive elektrisch betriebener Zahnradbahnen 58.
 Lokomotor (Rollenwagen) 157, 161.
- M**arsh's Zahnradlokomotive 5.
 Metallknoten 102.
 Miller's Zwillingsystem 155.
 Mitnehmer, siehe Seilgreifer.
 Mitnehmer bei Kabelbahnen 153.
 Mitnehmerwagen (grip-car) für Kabelbahnen 153.
 Müller's Seiltrajekt 120.
 Muffenkuppelung von A. Bleichert 133.
- O**berbau von Fell 25.
 — der Kabelbahnen 148.
 — von Locher 19, 62.
 — der Rigibahnen 10.
 — der Vergnügungsbahnen 167, 189, 192, 195, 201.
 — von Wetli 12.
- Oberseil 93, 97.
 Otto's Klinkenkuppelung 133.
- P**endelrolle 103.
 Personal bei Seilbahnen 191, 194, 197, 200, 205.
 Pohl's Scheibenkuppelung 134.
 — Universal-Klemmvorrichtung 135.
 — Weiche 127.
- R**eibungsbahnen mit Seilbetrieb 114.
 Schiefe Ebene von Aachen 116.
 Bahn von Dom Pedro San Paulo in Brasilien 114.
 Schiefe Ebene auf der Strecke Düsseldorf-Elberfeld 116.
 „ von Lüttich 115.
- Reibungskuppelung 134.
 Rettig's Stufenbahn 155.
 Rice's Seilklemme 107.
 Riesen 117.
 Riggenbach's Zahnradlokomotive 8, 11.
 Rimber's Zahnradsystem 4.
 Roe's Kipsattel 122.
 Rollenwagen (Lokomotor) für Agudios Seilebenen 157, 161.
 Rückwärtsbremse 139.
- S**attelvorrichtungen für Seilbahnen 119, 121.
 Schalttafel elektrisch betriebener Zahnradbahnen 57.
 Scheibenkuppelung von Pohl 134.
 Schienen der Kabelbahnen 148.
 Schneepflug für Seilbahnen 186.
 Schutzvorrichtungen bei Seilbahnen an Straßen- und Bahnkreuzungen 140.
 Schwebende Seilbahnen 89, 117, 123, 132.
 — für Personenbeförderung 145.
 Seilbahnen zur Personenbeförderung älterer Bauart:
 Galata-Pera (Konstantinopel) 112.
 Jersey-City (New York) 113.
 Leopoldsberg bei Wien 112.
 Lyon-Croix-Rousse 109.
 Lyon-Fourvière-St. Just 111.
 Mount Auburn in Cincinnati 113.

- Ofen 111.
 Pittsburg, Pa., Vereinigte Staaten von Nordamerika 113.
 Sphienalpe (Bauart Sigl) 114.
 Seildrucker 152.
 Seildurchmesser 176.
 Seilförderung 93.
 — mit offenem Seil 93, 94.
 — mit geschlossenem Seil 93, 97.
 Seilführung bei Kabelbahnen 148.
 — bei Vergnügungsbahnen 176.
 Seilführung mittels Schranke 100.
 Seilführungsvorrichtungen für Krümmungen 96, 99, 100, 101, 106, 177.
 Seilführungswagen 96.
 Seilgewicht 176.
 Seilgreifer 97, 98, 102.
 — für Kabelbahnen 153.
 Seilkanalbock für Kabelbahnen 149, 151.
 Seilklemmen 107.
 Seilkopf 187.
 Seilkreuzung bei Kabelbahnen 152.
 Seilkuppelung 125.
 Seillösungs-Vorrichtung 97.
 Seilriesen 117.
 Seilrollen in Geraden 96, 149, 176.
 — für die Krümmung 96, 149, 177.
 Seilstützen 122, 128, 129, 130.
 Seiltrajekt von Müller 120.
 Seiltrommeln bei Kabelbahnen 149.
 Seilumleitung 190.
 Seilwechsel bei Kabelbahnen 153.
 Seitenstreckenförderung 96, 100.
 Selbstthätige Ausweiche für Seilbahnen von Abt 168, 169.
 Selbstthätige Bremsen für Seilbahnen 139, 184, 200.
 Sigl's Seilbahn 114.
 Simplexseil 124.
 Smallman's Seilklemme 107.
 Spannrolle 178.
 Spannvorrichtung für Seilbahnen 105, 121, 125, 150.
 Spannwagen für Kabelbahnen 150.
 Spiralseil 124, 173.
 Stationen schwebender Seilbahnen 139.
 Sternrolle 104.
 Streckenzeiger 95.
 Stromerzeuger (Generatoren) für Zahnradbahnen 57.
 Stufenbahn von Rettig 155.
 Supergabahn 159.
Tandemseilscheibe 121.
 Telpherlinien 123.
 Touristen-(Vergnügungs-)Bahnen 163.
 Tragrollen 120, 128, 190, 196, 204.
 Trageil „patentverschlossener Konstruktion“ 124.
 Transformatoren, siehe Umformer.
 Trevithick's Lokomotive 3.
 Turbinen zum Antrieb der Seilbahnen 182.
Umformer (Transformatoren) für Zahnradbahnen 57.
 Umleitungsrollen 179.
 Universalklemmvorrichtung von Pohlig 135.
 Unterbau der Seilbahnen 166, 189, 192, 194, 201.
 Unterseil 93, 104.
Verankerung des Oberbaues der Seilbahnen 167.
 Verbindungsseil 93, 95.
 Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen 163.
 Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen neuerer Bauart:
 Anlagekosten 186, 194, 197, 200, 205.
 Antrieb 179, 190.
 Betriebskosten 187.
 Bremsen 184.
 Gefällsbrüche 165.
 Heizung und Beleuchtung 186.
 Hochbauten 167, 191, 192, 194, 202.
 Längenschnitt 163.
 Leistungsfähigkeit 189.
 Oberbau 167, 189, 192, 194, 201.
 Seil, Seilführung 172, 176, 190, 193, 196, 204.
 Unterbau 166, 189, 192, 194, 201.
 Wagen 182, 191, 193, 195, 203.
 Widerstände auf Seilbahnen 163.
 Vergnügungs-(Touristen-)Bahnen neuerer Bauart, Beispiele:
 Bürgenstockbahn 194.
 Gießbachbahn 191.
 Bahn Lausanne-Ouchy 189.
 Stanserhornbahn 200.
 Bahn Territet-Glion 197.
 Vergnügungsbahnen der Schweiz, Hauptverhältnisse 206.
 Verschlossenes Seil 173, 174.
 Vesuv-Bahn 162.
 Vorderseil 93, 94.
 Vorschriften zur Handhabung Abt'scher Lokomotiven 52.
 Vorwärtsbremse 139.
Wagen für Seilbahnen 130, 182, 191, 193, 195, 203, 206.
 — für Zahnradbahnen 54.
 Wagenanker 171, 172, 195.
 Wagenfänger für Seilbahnen 96.
 Wassergegengewicht bei Seilbahnen 179.
 Wasserverbrauch bei Seilbahnen 181.
 Wechselstationen bei Seilriesen 118.
 Weichen für Seilbahnen 127.
 Wetli's Bahn 12.
 Wiegevorrichtungen schwebender Seilbahnen 141.
Zahnradbahnen:
 Anlagekosten 74.
 Aufriss 39.
 Betriebsergebnisse 86.
 Betriebskosten 74.
 Lokomotiven 49.
 Kessel 49.
 Kraftübertragung 50.
 Vorschriften z. Handhabung Abt'scher Lokomotiven 52.
 Oberbau 42.
 Ausrundung der Gefällsbrüche 41.
 Schiebebühnen und Weichen 46.
 Schienen 42.
 Schienenüberhöhung 40.
 Schwellen 42.
 Spurerweiterung 39.
 Straßentübergänge und Straßenzahnstange 46.
 Stützpunkte für den Oberbau 42.
 Unterbau 41.
 Wagen 54.

- Zahnradbahnen mit elektrischem Betrieb (Gornergratbahn):
 Kontaktleitung 58.
 Kraftbedarf 56.
 Lokomotiven 58.
 Personenwagen 59.
 Schalttafel 57.
 Stromerzeuger (Generatoren) 57.
 Umformer (Transformatoren) 57.
- Zahnradbahnen. Tabelle bestehender Anlagen 21, 22.
- Zahnradbahnen, Beispiele:
 Beirut-Damaskus 70.
 Bosnisch-herzegovinische Staatsbahnen 17, 68.
 Eisenerz-Vordernberg 17.
 Freiburg-Neustadt 18.
 Generosobahn 16.
 Gornergratbahn 56.
 Harzbahn 14.
 Jungfraubahn 20.
- Kahlenberg bei Wien 11.
 Laufen (Schweiz) 12.
 Örtelsbruch 16.
 Ostermündingen 10.
 Pike's Peak 17.
 Puerto-Cabello-Valenzia 16.
 Rigibahnen 9, 11.
 Rorschach-Heiden 11.
 Rütibahn 12.
 Sarajevo-Konjica 17.
 Schneebergbahn 66.
 Schwabenbergbahn, Buda-Pest 11.
 Tiszolcz-Zólyombrézo 72.
 Visp-Zermatt 16.
 Wasseralfingen 12.
- Zahnstange:
 Abt 13, 17, 44, 170.
 Bissinger-Klose 18, 43.
 Blenkinsop 3.
 Cathcart 43.
 Klose 18.
 Locher 19.
 Marsh 6.
 Riggenbach 8, 43, 170.
 Strub 20, 44, 170.
 Telfener 19.
 Madison-Indianapolis 5, 6.
 Rigibahnen 9, 10.
- Zahnstange:
 Befestigung auf eisernen Brücken 47.
 Längenausdehnung und Zahn-
 teilung 44.
 Material 45, 171.
- Zahnstange für Seilbahnen 170,
 192, 206.
- Zahnstangeneinfahrten 11, 45.
- Zangenbremse für Seilbahnen
 185.
- Zugbelastung bei Steilbahnen 35.
- Zugkraft bei Steilbahnen 33.
- Zugwagen 106.
- Zugwiderstände bei Steilbahnen
 36.
- Zwillingsystem von Miller 155.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306592

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298648