

**www.e-rara.ch**

## **Das Buch der Erfindungen Gewerbe und Industrien**

**Arndt, C.**

**Leipzig, 1896-1901**

**ETH-Bibliothek Zürich**

Shelf Mark: Rar 6632

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-26751>

**Besondere Eisenbahnen.**

---

### **www.e-rara.ch**

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

---

**Nutzungsbedingungen** Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

**Terms of Use** This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

**Conditions d'utilisation** Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

**Condizioni di utilizzo** Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

Sie wurde mit Eröffnung der Schiffahrt auf dem Amur in regelmäßigen Dienst genommen. Die sibirische Eisenbahn ist bereits (April 1900) bis Strjetensk fertiggestellt. Von hier vermitteln vorläufig Dampfer auf der Schilka und dem Amur den Verkehr bis nach Chabarowsk, von wo die 764 km lange Ussuribahn nach Wladiwostok weiterführt. Damit ist diese, ohne ihre Zweiglinien 6629 km lange Bahn — die längste aller bestehenden Linien — deren Kosten etwa 870 Millionen Mark betragen, nahezu fertiggestellt. Sie wird nach ihrer in kurzem zu erwartenden gänzlichen Vollendung für Rußland eine wichtige Militärstraße bilden, für Asien ein hochbedeutungsvolles Kulturmittel sein und dem Weltverkehr eine Erleichterung im Personen- und Gütertausch der zwischen den Küsten des japanischen und atlantischen Meeres gelegenen Länder schaffen.

Statt der Fähren hat man in Deutschland an zwei Stellen auch Schiffbrücken gewählt; es sind dies die beiden badischen Brücken bei Mayau und Speyer. Die Fahrbahn ruht hier auf Pontons, deren mit dem Wasserstande sich ändernde Höhenlage durch bewegliche, je 85 m lange Anschlußbrücken, welche sich höher oder tiefer einstellen lassen, auf beiden Ufern ausgeglichen wird. Der mittlere Brückenteil wird zwecks Durchlassung der Schiffe ausgefahren, wie dies auch bei den gewöhnlichen Schiffbrücken (Köln) der Fall ist. Beim Übergang eines Zuges schwankt eine solche Brücke sehr stark, weshalb sie auch nur langsam befahren werden darf. Bei Eisgang und starkem Hochwasser kann sie nicht benutzt werden. Schiffbrücken stehen daher kräftig gebauten Fährbooten an Leistungsfähigkeit nach, sind allerdings billig in der Anlage.

## Besondere Eisenbahnen.

### Seilbahnen.\*)

Schon vor Einführung des Lokomotivbetriebes wurden vielerorts Seilbahnen verwendet. Sie dienten zur Überwindung starker Steigungen (schiefer Ebenen). Die älteren Anlagen waren wie die heute im Berg- und Tunnelbau, in Steinbrüchen u. s. w. noch üblichen Bremsberge eingerichtet: Das Übergewicht der beladenen, am Seil abwärts gehenden Wagen zieht die am anderen Seilende angehängten leeren Wagen auf einem Parallelschienen hinauf. Die am oberen Ende der schiefen Ebene befindliche Seilrolle, um die das Seil sich bewegt, ist mit einer Bremse versehen, so daß die überschüssige Triebkraft abgebremst werden kann.

Mit der Verbreitung der Wattischen Dampfmaschine ging man dazu über, die Seilrolle durch eine solche antreiben zu lassen, war man nunmehr doch unabhängig von dem Übergewicht des abwärts fahrenden Zuges und konnte man jetzt auch beladene Wagen bequem aufwärts befördern, selbst wenn nur leere Fahrzeuge bergab führen. Diese Seiltriebe verbreiteten sich namentlich in England, wo es zur Zeit der Eröffnung der Liverpool-Manchester Bahn gegen 100 von ihnen gegeben haben soll (vgl. auch S. 199). Sie sind die Vorläufer der seit den 60er Jahren vielfach verbreiteten Berg- und Stadtseilbahnen. Anfangs nur für den lokalen Gütertransport benutzt, fanden jene Seilebenen auch für den durchgehenden Güter- und Personenverkehr Verwendung. Sie bildeten mehrfach ein Glied im Zuge einer als gewöhnliche Reibungsbahn gebauten Linie, durch das eben eine größere Steigung auf einmal überwunden wurde.

Unter den deutschen Seilebenen dieser Art sind die bei Erkrath und Aachen die bemerkenswerteren. Auch hier stand die Betriebsdampfmaschine am oberen Rampenende. Das Seil war anfangs aus Hanf, später aus Draht gefertigt. Die schiefe Ebene bei Aachen war 2,1 km lang und hatte die Neigung von 26‰ (1 : 38). Die Dampfmaschine stand hier bis Ende der 40er Jahre in Thätigkeit.

Nach Einführung kräftigerer Lokomotiven ging man allgemein wieder zu dem billigeren Gegenbetrieb über. Die Dampfmaschinen wurden beseitigt und an jedes der beiden freien

\*) Die Luftseilbahnen, welche in der Industrie und im Erdbau vielfach benutzt werden, namentlich für den Transport von Massengütern (Kohle, Erze, Steine, Erde u. s. w.), scheiden aus dem Rahmen dieser Betrachtungen aus.

Seilenden die Lokomotive mit ihrem Wagenzuge gehängt. Während ein Zug mit Lokomotive am Seil abwärts fuhr, wurde ein anderer hinaufbefördert. Aber auch diese Seilbahnen sind später meistens als freie Reibungsbahnen umgebaut. — Unter den wenigen zur Zeit noch erhaltenen ist die vorgenannte auf der Strecke Düsseldorf-Elberfeld zwischen den Stationen Erkrath und Hochdahl gelegene die einzige in Deutschland. Hier sind auf der mit  $33\frac{1}{3}\%$  abfallenden, 2,4 km langen Rampe drei Gleise angeordnet. Eines davon dient ohne Zuhilfenahme des Seiles für die thalabwärts fahrenden Züge, deren Bremskraft durch besonders eingestellte schwere Bremswagen entsprechend erhöht wird. Die beiden anderen Gleise sind für die Bergfahrt der Züge bestimmt. Der Betrieb geht jetzt in der Weise vor sich, daß der an das Seil geschlossene Zug von einer Lokomotive gezogen, von einer zweiten geschoben wird, während gleichzeitig an dem anderen um eine Umkehrrolle geführten Seilende eine Lokomotive zu Thal fährt. Die vorgenannte Schiebelokomotive bleibt an dem oberen Rampenende halten und fährt später am Seile abwärts, um einem anderen zu Berg gehenden Zuge die Fahrt zu erleichtern.

Auch die ersten in London einmündenden Bahnen zeigten im Stadtgebiete Seilbetrieb. Ihre Gefällverhältnisse hatten allerdings hierzu nicht Anlaß gegeben, sondern die Vorschrift, die Züge ohne Rauchentwicklung in das Stadtinere zu leiten. In dieser Weise wurde z. B. die im Jahre 1840 unter Leitung Stephensons auf 6 km langem Steinviadukt errichtete, von Greenwich nach London führende Blackwall-Bahn betrieben. Hier wurde zum erstenmal für das Anhängen der Wagenzüge an das endlose Seil und für ihr Loskuppeln eine zweckmäßig gestaltete Greifervorrichtung angewendet. Mit dem schnell anwachsenden Verkehre jener Riesenstadt verschwanden aber diese Seiltriebe wieder und die Lokomotive trat in ihre Rechte. Immerhin sind jene die Vorläufer der heutigen „Kabelbahnen“, wie die mit endlosem Seil arbeitenden Linien zum Unterschied von den vorerwähnten Seilbahnen mit offenem Seil, kurz als „Seilbahnen“ bezeichnet, genannt werden.

Der erste Vorschlag zur Verwendung eines endlosen Seiles für Eisenbahnzwecke rührt von dem Wiener Professor Purkinje her. Dieser wollte (nach Prechtls Jahrbüchern des polytechnischen Instituts Wien, 1825) Eisenbahnen mit Pferden betreiben. Die größeren Steigungen sollten auch durch schiefe Seilebenen überwunden werden, aber deren Seil in sich geschlossen, also endlos sein und an beiden Rampenenden um eine Rolle laufen. Die untere Rolle sollte durch einen Göpel, die heute noch viel benutzte Maschine für Muskelkräfte, angetrieben werden und zwar „von denselben Pferden, welche die Last in der Ebene gezogen haben. Auf diese Art ziehen die Pferde die Lastwagen hinauf, gehen selber ganz ledig hinauf und setzen ihren Zug auf der Ebene wieder fort.“ Die erste praktische Verwendung des endlosen Seiles für Eisenbahnzwecke wurde in England gemacht.

In erneuerter Form sind die Kabelbahnen seit den 70er Jahren besonders in amerikanischen und einigen englischen Städten in Aufnahme gekommen. Auch im Hügellande sind sie zuweilen angelegt (Pyramonter Bergbahn 1897). Sie sind aber in den letzten Jahren durch die elektrischen Bahnen sehr zurückgedrängt worden. In stark hügeligen Städten behaupten sie allerdings auch jetzt noch siegreich das Feld, wie in San Francisco mit Steigungen bis  $230\%$  und Portland mit solchen bis  $300\%$ .

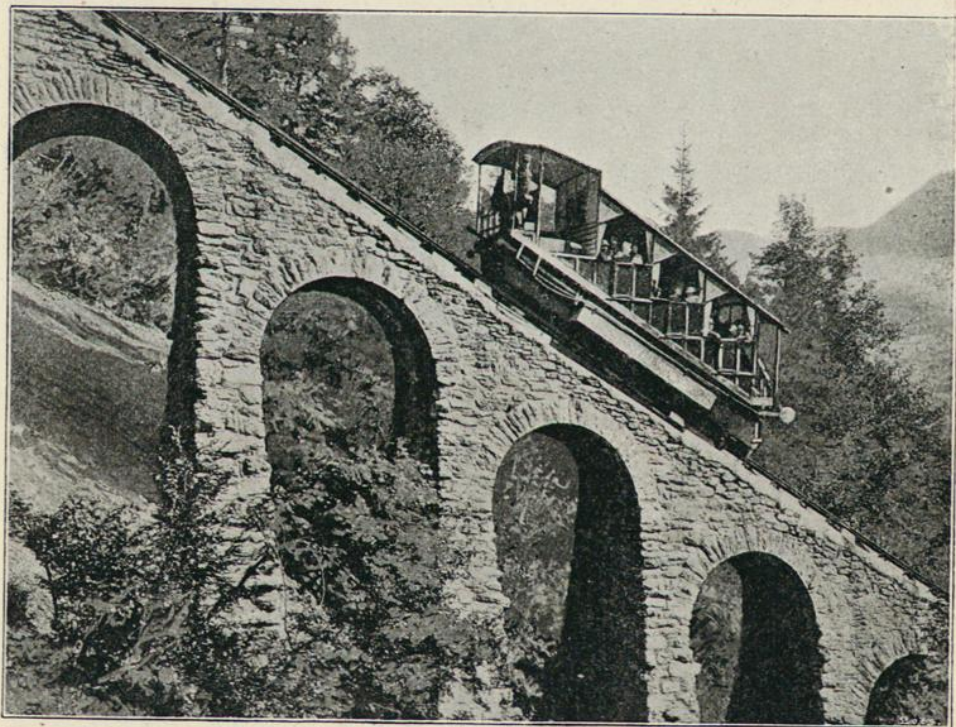
In San Francisco läuft das endlose von Rollen gestützte und geführte Seil in zwei parallelen, in die Straßensfahrbahn gebetteten eisernen Kanälen, die aus Beton und in etwa  $1\frac{1}{2}$  m Abstand verlegten eisernen Rohrstücken bestehen. Oben besitzen diese Kanäle einen etwa 2 cm breiten Schlitz, durch den die am Wagengestell sitzende Greifervorrichtung hindurchragt, deren Backen durch Hebel oder Schraubenbrud an das Seil gepreßt werden. In dem Kraftwerk ist letzteres mehrmals um 2 hintereinander liegende Trommeln geschlungen, die von einer Dampfmaschine während der Betriebszeit ununterbrochen gedreht werden. Eine selbstthätige Spannvorrichtung hält das Kabel stets straff, so daß seine durch Wärme und mechanische Dehnung bewirkten Längenänderungen ohne Einfluß auf die Seilspannung bleiben. Die erste Seilbahn San Franciscos wurde 1873 von Hallidie gebaut. Seitdem bestehen dort 6 verschiedene Kabelgesellschaften, die über ein Netz von 70 km Doppelbahn mit einer gesamten Seillänge von etwa 160 km (einschl. der Leitungen nach den zusammen 3000 Pferdestärken entwickelnden Kraftwerken und nach den Wagenschuppen) verfügen. Die größte Seillänge beträgt  $8\frac{1}{2}$  km, das Gewicht dieses Riesenseils 31 500 kg. Längere Straßen werden durch mehrere hinter einander geschaltete Kabel von verschiedenen Kraftwerken aus betrieben. Die



334. Die Grüttschalpbahn bei Lauterbrunnen.  
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Wagen werden am Ende des 1. Seiles von diesem losgekuppelt, laufen vermöge ihres Beharrungsvermögens auf das 2. Seil über und werden dann mit diesem verbunden. Das An- und Loskuppeln vollzieht sich schnell und mit Leichtigkeit. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 12 km/St. und mehr. Die Seile halten etwa 9 bis 12 Monate. Die Anlagekosten sind erheblich und belaufen sich durchschnittlich auf rund 130 000 *M* für das km. Die elektrischen Straßenbahnen mit oberirdischer Zuleitung stellen sich wesentlich billiger im Bau, dabei einfacher in der Unterhaltung, weshalb sie auch die Kabelbahnen aus den meisten übrigen Städten, wie erwähnt, verdrängt haben.

In den 60er und folgenden Jahren bemühte sich der Ingenieur Agudio lebhaft um die Einführung der nach ihm benannten Seilebene. Hier dient ein endloses, über Rollen geführtes und durch eine feststehende Kraftmaschine bewegtes Seil dazu, 2 Zahnräder eines besonderen, mit großen Rollenscheiben ausgestatteten Treibwagens — Loko-



335. Viadukt der Gröschalpbahn bei Lanterbrunnen.  
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

motor genannt — anzutreiben. Dieser schiebt dann seinerseits den Wagenzug die Steilrampe hinauf, wobei er mittels der Zahnräder an einer inmitten des Gleises verlegten Zahnstange emporklettert. Durch eine Reibungskuppelung läßt sich der Treibwagen nach Bedarf mit dem Zugseile kuppeln, so daß der Zug unabhängig vom Gange der Betriebsmaschine durch den Führer beliebig angefahren und angehalten werden kann. Die Seilgeschwindigkeit ist wesentlich größer als die Fahrgeschwindigkeit des Wagens, weshalb das Seil hier leichter im Gewicht und biegsamer ausfällt, als bei den vorerörterten beiden Seilbahnarten. Seine Bewegungswiderstände sind daher geringer, und es lassen sich auch schärfere Gleisbögen anlegen als bei den letzteren. Die erste Seilebene dieser Art wurde versuchsweise 1864 auf der mit ungünstigen Steigungen erbauten Bahnlinie Turin-Genua in 2,4 km Länge eingerichtet. Hier war noch statt der Zahnstange ein am oberen Rampenende verankertes und unten gespanntes „Leitseil“ benutzt, das sich um die Rollen des Lokomotors schlang und an welchem sich dieser mittels der durch das endlose Treibseil zugeführten Betriebskraft hinaufarbeiten mußte. Diese Anordnung hatte große Ähnlich-

keit mit der Ketten- und Seilschiffahrt (Elbe, Rhein u. s. w.), nur daß bei dieser die Treibkraft auf dem Schleppschiff selbst erzeugt wird. Bei der zweiten, am Mont Cenis erbauten Seilebene (größte Steigung 385 ‰) wandte Agudio statt des Schleppseils zum erstenmal die inmitten des Gleises verlegte doppelte Zahnstange an, in die beiderseits wagerecht liegende Stirnräder des Lokomotors eingriffen. Diese Antriebsweise finden wir später bei den Lokomotiven der Pilatusbahn (S. 140 u. 231) in abgeänderter Form wieder, wie denn diese neuere Bauart eigentlich eine Zahnbahn darstellt, deren Treibwagen die Betriebskraft ständig von außen zugeführt erhält. Derartige Seilebenen von 6 bezw. 3 und 2,7 km Länge wurden seiner Zeit für die Gotthardbahn in Vorschlag gebracht, um die großen kostspieligen Tunnelschlingen bei Wasen, Dazio Grande und Giornico (vergl. S. 123 bis 126) zu vermeiden. Die Treibkraft zur Seilbewegung sollte aus der Reuß und dem Tessin mittels Turbinen gewonnen werden. Glücklicherweise verblieb es bei dem Vorschlage; denn die Gotthardbahn wäre dann nimmer eine Weltbahn geworden.

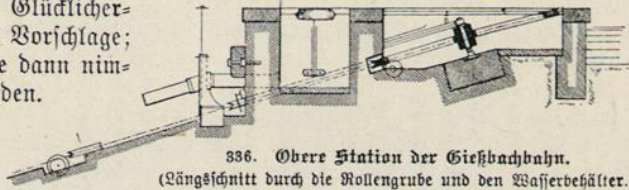
Im Jahre 1884 endlich wurde der Agudio'sche Seilbetrieb für die 3,1 km lange Bahn nach der

Superga bei Turin verwendet. Die größte Steigung dieser Linie beträgt 200 ‰, der kleinste Krümmungshalbmesser 300 m. Das Seil wiegt 9750 kg und läuft mit etwa  $12\frac{1}{2}$  m Geschwindigkeit in der Sekunde. Der Treibwagen bewegt sich mit etwa  $2\frac{1}{2}$  m Geschwindigkeit = 9 km in der Stunde und vermag eine Bruttolast von 36000 kg die Bahn hinaufzuschieben. Die Bahn wird viel befahren, da die Superga durch die den Gipfel schmückende Grabkirche des italienischen Königshauses einen besonderen Anziehungspunkt bildet.

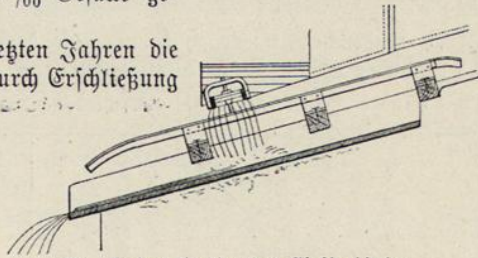
Agudios Seilebene ist auch jetzt wieder bei dem in Aussicht genommenen östlichen Ausbau der S. 101 genannten Peruanischen Südbahn in Vorschlag gebracht. Hiernach soll durch sie der 2,5 km lange Abstieg von dem 3820 m ü. M. gelegenen Puno (am Titicacasee) nach La Paz hinab mit 172 ‰ Gefälle genommen werden.

Erhöhte Bedeutung haben in den letzten Jahren die mit offenem Seil arbeitenden Seilbahnen durch Erschließung der Gebirgswelt erhalten. Sie sollen daher im folgenden etwas näher geschildert werden, zumal sie bereite Beispiele für den menschlichen Wagemut und Erfindungs-sinn bilden.

Wie schon im Abschnitt „Linienführung“, S. 106 erörtert wurde, wählt man bei Steigungen größer als 300 ‰ zweckmäßig den Seilbetrieb. Hierdurch wird die Arbeit erspart, welche beim Zahnbahnbetrieb durch die Eigenbewegung der schweren Lokomotive verzehrt wird, also nutzlos verloren geht, und die gerade hier bei den bedeutenden Steigungen beträchtlich sein würde. Andererseits hat auch der Seilbetrieb seine Nachteile. Einmal ist seine Leistungsfähigkeit eine beschränkte, und sodann hängt die Sicherheit des Betriebes in erster Linie von dem Zustande des Treibseiles ab. Die Gefahr eines Seilbruches bedingt besondere Sicherheitseinrichtungen und scharfes Überwachen des Seiles. Es kommen übrigens auch Seilbahnen mit geringerer Steigung vor. So hat die älteste dieser Seilbahnen, die 1862 auf dem Croix Rousse bei Lyon erbaute 160 ‰ Steigung, während die älteste Schweizer Seilbahn Duchy-Lausanne (1877 eröffnet) sogar nur 116 ‰ größte Steigung aufweist. Die stärkste Steigung für diese Bahnen findet sich bis jetzt bei größeren Anlagen mit 634 ‰ (1:1,58) auf der Besuvbahn. Steilere Bahnen



336. Obere Station der Gießbachbahn.  
(Längsschnitt durch die Rollengrube und den Wasserbehälter.)

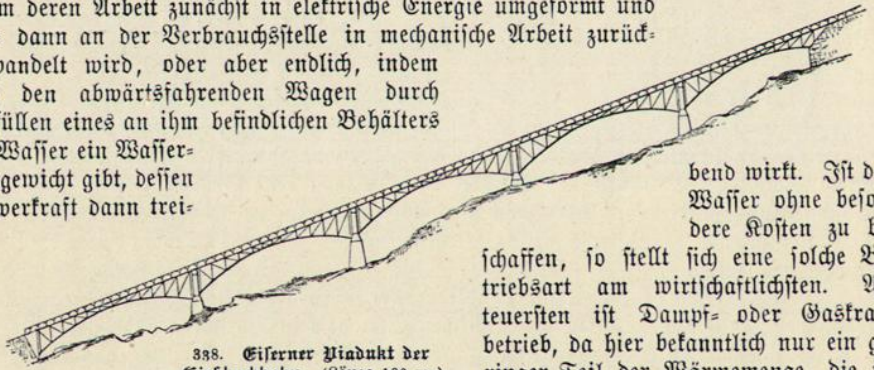


337. Untere Station der Gießbachbahn.  
(Seitschiene für das Entleerungsventil des Wagens.)

größerer Länge sind zwar angestrebt worden, aber bis Ende der 90er Jahre nicht zur Ausführung gebracht. So wurde z. B. in der Schweiz, die zur Zeit 17 Seilbahnen mit Personenbeförderung besitzt, vor einigen Jahren der Entwurf zu einer Bahn mit 740 ‰ größter Steigung von der Aufsichtsbehörde abgelehnt, weil nach deren Ansicht der Betrieb so steiler Gleisrampen sich mit den bisher üblichen Einrichtungen nicht genügend sicher gestaltet. Steigungen von 600 bis 620 ‰ kommen dagegen mehrfach vor, so bei der San Salvatore-Bahn am Luganer See, der weltbekannten Lauterbrunnen-Grütschalpbahn, von der Abb. 334 eine Gesamtansicht, Abb. 335 einen Teil eines ihrer Viadukte mit dem Wagen wiedergibt, und bei der Stanserhornbahn (Abb. 69, S. 107). Für kleinere Bahnen dagegen hat man in der Neuzeit eine Steigung selbst von 780 ‰ (1:1,3) zugelassen (Seilbahn Pilar-Bahia, erbaut 1897).

Gewöhnlich läuft auf solcher Bahn ein Wagen abwärts, wenn ein anderer aufwärts gezogen wird. Hierdurch tritt ein je nach der Steigung der beiden Gleisabschnitte größerer oder kleinerer Ausgleich der zu hebenden Last ein, der den Kraftbedarf für den Bahnbetrieb vorteilhaft mindert.

Bei den bisherigen Ausführungen wird das Seil entweder unmittelbar durch eine Dampf-, Gas- oder Wasserkraftmaschine (Turbine) bewegt oder mittelbar durch eine solche, indem deren Arbeit zunächst in elektrische Energie umgeformt und diese dann an der Verbrauchsstelle in mechanische Arbeit zurückverwandelt wird, oder aber endlich, indem man den abwärtsfahrenden Wagen durch Auffüllen eines an ihm befindlichen Behälters mit Wasser ein Wasserübergewicht gibt, dessen Schwerkraft dann frei-



338. Eiserner Viadukt der Gießbachbahn. (Länge 190 m.)

bend wirkt. Ist das Wasser ohne besondere Kosten zu beschaffen, so stellt sich eine solche Betriebsart am wirtschaftlichsten. Am teuersten ist Dampf- oder Gaskraftbetrieb, da hier bekanntlich nur ein geringer Teil der Wärmemenge, die im Brennstoff enthalten ist, in nutz-

Arbeit umgewandelt werden kann. Die beste Dampfmaschine vermag ja höchstens bis 15 ‰ dieser Wärmemenge auszunutzen, eine gute Gaskraftmaschine bis etwa 30 ‰.

Einige Beispiele für die verschiedene Betriebsart gibt nachstehende Übersicht:

Bahnanlage	Länge der Bahn im Gleise m	Höhenunterschied der Endstationen m	Größte Steigung ‰	Betriebsart
Besuvbahn*) . . . . .	820	390	634	Dampfmaschine
Budapest (Ofener Schlossberg) . . . . .	800	50	620	"
Hävre-La Cöte . . . . .	330	75	446	"
Duchy-Lausanne**) . . . . .	1480	102	116	Turbine
San Salvatore (Lugano) . . . . .	1650	602	600	Elektromotor
Stanserhorn***) . . . . .	3920	1400	620	"
Bürgenstock†) . . . . .	936	440	577	"
Gießbach . . . . .	345	93	320	Wasserballast
Lauterbrunnen-Grütschalp . . . . .	1372	674	620	"
Heidelbergt) . . . . .	489	172	430	"

\*) Die Bahn ist einschienig und besitzt 2 Gleise.

\*\*) Das Zugseil ist um eine Windtrommel geschlungen und zwar fünfmal, so daß die beiden Wagenzüge beim Stillstand der Turbine (Doppelrad mit 180 m Wasserdruckhöhe) sicher gehalten werden.

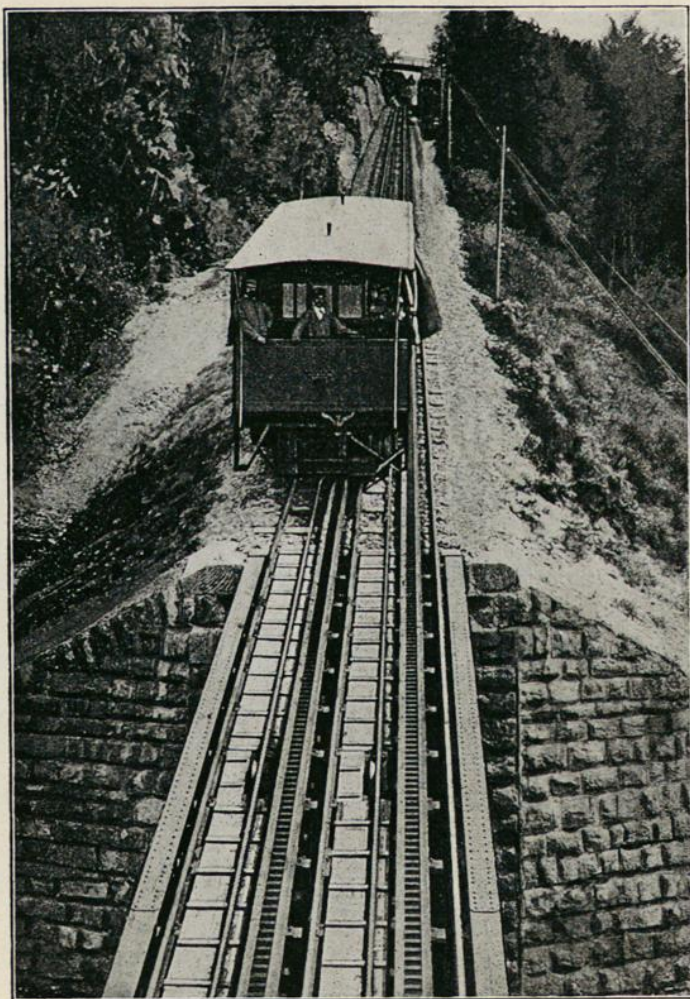
\*\*\*) Die Bahn bildet drei getrennte Abschnitte von 1610, 1070 und 1240 m Länge.

†) Die Bahn ist auf ihrem mittleren Abschnitt sowohl in senkrechter wie in wagerechter Ebene gekrümmt, verläuft hier sonach in einer Schraubenlinie. Dieser Fall kommt auch auf der elektrischen Untergrundbahn City and South London Railway S. 360 vor.

t) Das Wasser wird nach der oberen Station Molkentur hinaufgepumpt.

In dem Falle, wo das Übergewicht des zu Thal fahrenden Wagens die Betriebskraft liefert, steht dieselbe ohne weiteres nicht an allen Punkten der Bahnlinie im Gleichgewicht mit den Widerständen der bewegten Wagen. Die mitzugebende Wassermenge muß für die ungünstigste Stelle der Bahn berechnet werden, damit der Wagen (mit offenen Bremsen) anfahren kann, selbst wenn auf dieser Stelle die Wagen durch Anziehen der Bremsen zum Halten gekommen waren. Je nach der Besetzung der beiden Wagenzüge durch Personen und Gepäck wird eine größere oder kleinere Wassermenge aufgefüllt. Durch Fernsprecher wird von

der unteren Station der oberen die jeweilige Belastung mitgeteilt. Mittels eines auf dem Führerstande angebrachten Schauglases, dessen Einteilung sowohl nach Kubikmeter als auch nach der Personenzahl getroffen ist, bemißt der Wagenwärter die jedesmal aufzufüllende Wassermenge. Die Wagen tragen zu dem Zweck am oberen Ende einen trichterförmigen Rohrstutzen, der sich in der höchsten Wagenstellung über das freie Ende des Füllrohres schiebt. Der Wärter hat dann nur das Absperrventil zu öffnen und den unten am Wagengestell befindlichen eisernen Behälter bis zu der betreffenden Marke an der Wasserstandsrohre zu füllen. Ein solches Füllrohr ist links in Abb. 336 sichtbar. Letztere ist gleich wie Abb. 337 u. 341 Walloths Drahtseilbahnen entnommen. Durch vorsichtiges Bremsen kann die Fahrgehwwindigkeit etwas geregelt werden.



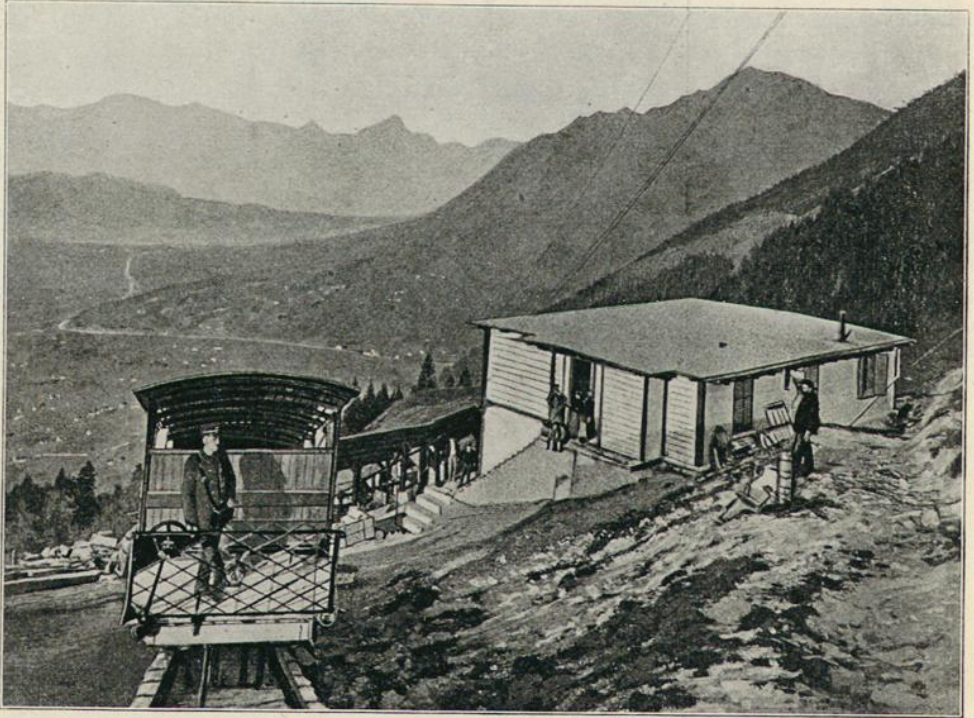
339. Dreischienige Seilbahn auf den Heutenberg mit Ausgleichseil.  
Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

Nähert sich der zu Thal gehende Wagen seiner Endstation, so streift ein senkrechter Stift des am Boden des Wasserbehälters befindlichen Ablaßventils eine neben dem treppenförmigen Bahnsteig angebrachte geneigte Eisenschiene (Abb. 337), wodurch das genannte Ventil gehoben und das Wasser selbstthätig zum Abfließen gebracht wird. Der Betrieb einer Seilbahn durch Wasserballast ist sonach höchst einfach und, wenn das Füllwasser einem natürlichen Wasserlauf ohne Pumparbeit entnommen werden kann, auch sehr billig.

Ein sprechendes Beispiel hierfür ist die im Jahre 1879 von Roman Abt am Gießbach erbaute Seilbahn, deren Eisenkonstruktion Abb. 338 wiedergibt. Diese 345 m lange Linie

hat 117600 Mark in der Anlage und Ausrüstung gekostet. Die jährlichen Betriebsausgaben belaufen sich auf rund 2000 Mark. Da die Bahn im Jahre von etwa 16000 Personen befahren wird und der Fahrpreis 1 Frank (80 Pfennig) beträgt, so ist eine Verzinsung einschließlich Abschreibung der Bau Summe von mindestens 9% gesichert. Allerdings weist diese Bahn das beste Ertragsergebnis in der Schweiz auf, während manche andere Seilbahn sich kaum bezahlt macht. Das seiner Zeit dort herrschende Eisenbahnfieber hat eine Anzahl Bahnen ins Leben gerufen, die bei der kurzen jährlichen Betriebszeit einen enormen Fremdenverkehr zur Voraussetzung haben müssen, wenn die Anlage sich einigermaßen verzinsen soll.

Ungünstig auf die Fahrgeschwindigkeit wirkt das Seilgewicht. Es ist zu Beginn der Fahrt beim abwärtsfahrenden Zuge = Null, bei dem zu Berg gehenden dagegen ein Maximum, da hier das Gewicht des ganzen Seiles zur Wirkung kommt. Dieses ist oft erheblich und beträgt beispielsweise auf der Lauterbrunnen-Grüschalpabahn 4800 kg. Mit



340. Umkreisstation der Stanserhornbahn.

Nach einer Aufnahme der Gesellschaft „Photoglob“ in Zürich.

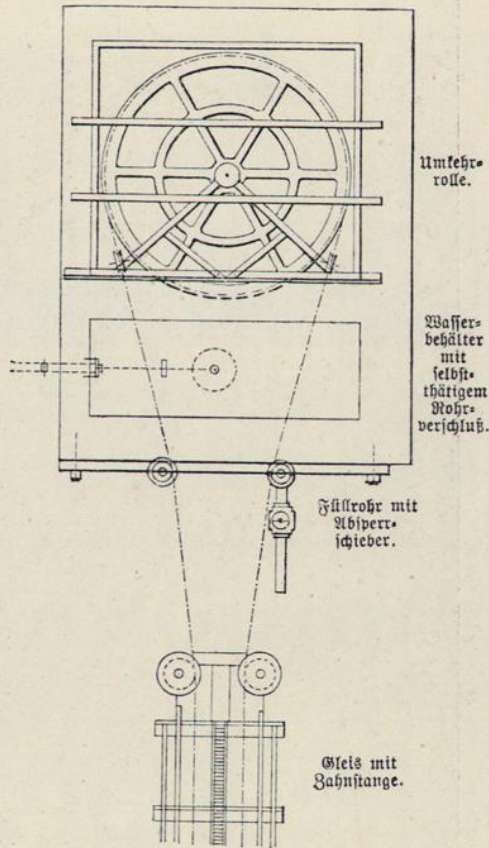
fortschreitender Fahrt nimmt das Seilgewicht für den Bergzug ab, dessen Widerstand sinkt also, während es bei dem Thalwagen anwächst und damit dessen treibende Kraft vergrößert. Dadurch würde aber bei gleichmäßigem Gefälle der Bahn eine Beschleunigung der Fahrt hervorgerufen werden. Der Betriebssicherheit wegen darf aber die Fahrgeschwindigkeit eine bestimmte Grenze nicht überschreiten. Eine schnelle Verminderung zu großer Fahrgeschwindigkeit durch kräftiges Bremsen ist nicht ohne Gefahr; einmal kann das Zugseil beim Thalzuge außer Spannung kommen, was den zu Berg gehenden Zug zurückschnellen lassen würde, und sodann auch sucht sich der schnell gebremste Wagen um seine untere Kante zu drehen, was ein Entgleisen herbeiführen kann. Eine auf Beschleunigung wirkende Triebkraft ist daher unzulässig; das Seilgewicht muß somit ausgeglichen werden. Hierzu dienen verschiedene Mittel.

Der einfachste Weg, den Seileinfluß gänzlich aufzuheben, ist der, daß man an das untere Ende beider Wagenzüge ein sogenanntes Ausgleich- oder Ballastseil hängt. Dasselbe läuft unten um eine große Rolle und wird zwecks Verhinderung des Schleifens,

wie das Zugseil, durch Rollen im Gleis gestützt. Es ist auf diese Weise gleichsam ein endloses Seil geschaffen, das auf eine etwaige Änderung der Triebkraft ohne Einfluß ist und das den Wasserverbrauch ganz erheblich mindert. Ein solches Ausgleichseil erhöht freilich die Kosten, auch belastet es das Zugseil etwas durch seinen Reibungswiderstand und seine Schwerkraft, weshalb die neuesten Seilbahnen keinen Gebrauch von ihm machen. Bei den 17 Schweizer Seilbahnen findet es sich nur zweimal angewendet: bei der Biel-Magglingen- und bei der Beatenbergbahn. In Abb. 339, welche eine Stelle dieser letzteren, vom Thuner See bis zu dem 556 m höher gelegenen malerischen Luftkurort Beatenberg führenden, 1695 m langen Seilbahn wiedergibt, ist das Ausgleichseil unterhalb des Wagens deutlich erkennbar. Sonst besitzt noch die 1880 eröffnete Bahn auf den Vesuv ein solches Ballastseil.

Zwei andere Wege zur Herbeiführung des Seilausgleichs sind folgende: Entweder macht man das Wassergewicht veränderlich, indem mit zunehmender Fahrt ein Teil des im Wagenbehälter befindlichen Wassers von Zeit zu Zeit vom Wagenführer abgelassen wird, wie solches auf der Lauterbrunnens-Grütschalpbahn geschieht, oder man gibt der Bahn nicht ein geradliniges, sondern gekrümmtes Gefälle. Dieses Mittel ist technisch das bemerkenswertere. Nach der vom Ingenieur Bautier in Lausanne zuerst aufgestellten Theorie muß diese Krümmung (in senkrechter Ebene) nach einer Parabel verlaufen, deren Scheitel unten liegt. Es ist dann auch die obere Strecke steiler geneigt als die untere. Infolgedessen wird nicht nur die Triebkraft des zu Thal gehenden Zuges an jeder Stelle der Bahn gleich dem Gesamtwiderstande des zu Berg steigenden Wagens, sondern es wird auch gleichzeitig das Anfahren der Wagen ohne weiteres (nach Einfüllung des Ballastwassers und Lösen der Bremsen) ermöglicht. Es ist dieses wieder eine der vielen hochinteressanten, wissenschaftlich gehaltenen Lösungen technischer Probleme.

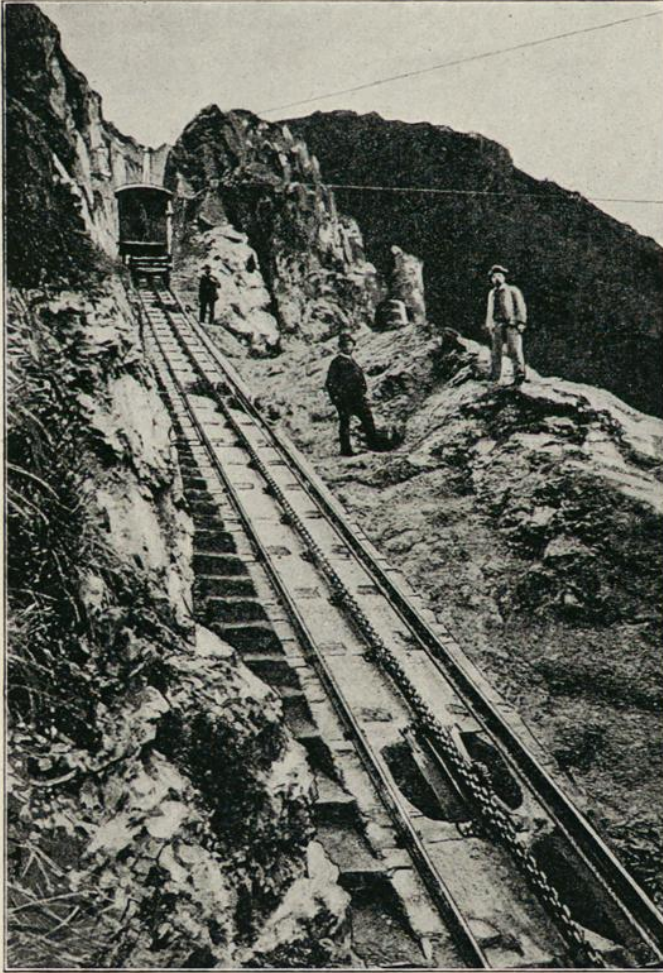
Ist nun aber die Bahnlänge beträchtlich, so fällt das gesamte Seilgewicht recht groß aus. Man teilt dann die ganze Bahn zweckmäßig in Unterabteilungen und betreibt jeden Abschnitt für sich. Die bei klarem Wetter eine zauberhaft schöne Aussicht auf die Vierwaldstätter- und Berner-Oberland-Alpen u. s. w. gewährende Stanserhornbahn mit ihrem herrlichen Rundblick von der oberen Bahnstation und dem 50 m höher gelegenen schmalen Berggipfel (1900 m über dem Meerespiegel) aus auf die hehre Gebirgswelt ist in dieser Weise in drei Abschnitte zerlegt. Jeder derselben wird für sich elektrisch betrieben\*),



341. Umkehrrolle nebst Füllrohr am Gießbach.  
(Grundriß zu Abb. 338.)

\*) Die Energie wird mehrere Kilometer vom Stanserhorn entfernt im Thale bei Buochs aus der Engelberger Aa gewonnen. Zwei Turbinen entnehmen dem Flusse 250 Pferdestärken, die durch Dynamos zunächst in elektrische Energie umgeformt und dann mit 1350 Volt Spannung teils zum Bürgentof (Seilbahn und Hotelbeleuchtung), teils nach Stans (Straßenbahn nach Stansstad), teils nach den drei Stationen der Stanserhornbahn geleitet und hier durch je einen Elektromotor in mechanische Arbeit (Zahnradüberziehung auf die Seilrolle) zurückverwandelt werden.

was hier um so notwendiger war, als die Gesamtlänge rund 4000 m beträgt und das 35 mm starke, aus bestem Stahldraht gefertigte Zugseil  $3\frac{1}{2}$  kg auf das laufende Meter wiegt. An jedem Teilsysteme ist eine überdachte Umsteigstation angelegt, wo der Fahrgast den Wagen zu wechseln hat (Abb. 340). Ihre terrassenartig gebaute Umsteighalle paßt genau zu den treppenförmig gestalteten Wagen, so daß das Umsteigen bequem und mühelos erfolgt. Lautlos und sanft wird der Wagen bewegt und bei dem Anstieg auf der bis  $620\text{‰}$  geneigten Strecke erweitert sich der Blick auf die seenreiche Gebirgsnatur sehr schnell. Fast



342. Seilbahn auf den Monte San Salvatore mit zwei Schienen und Abfischer Bahnstange.

glaubt man stellenweise in einem langsam steigenden Ballon sich zu befinden, statt in einem Eisenbahnwagen. Abb. 69 S. 107 zeigt uns das Schlußstück dieser für den Ingenieur wie für den Laien gleich interessanten Bahn. Der prächtige Berg wird von einem alle Bequemlichkeiten bietenden Hotel gekrönt, so daß auch hier der Anblick der erhabensten Naturwelt in aller Bequemlichkeit gewonnen werden kann.

Das Drahtseil darf nicht auf den Schwellen der Bettung schleifen. Sein Widerstand gegen die Bewegung würde sonst viel zu groß und seine Lebensdauer durch Abgleiten der Drähte unnötig verringert werden. Man baut deshalb in 10 bis 16 m Abstand leicht drehbare Rollen, zweckmäßig von etwa 30 cm Durchmesser, in das Gleis ein, deren gerillter Umfang das Seil genügend hoch über der Bettung stützt und damit die sonst vorhandene gleitende Reibung des Seils in die wesentlich geringere

rollende Reibung verwandelt. Durch gute Schmierung des ganzen Seiles und der Rollen wird der Reibungswiderstand noch weiter gemindert und die Dauer der Anlage erhöht, worauf auch das Ausfüllern der Tragrollen mit Holz (Ruhbaum- oder Eichenholz u. s. w.), das vielfach beliebt wird, von günstigem Einfluß ist. In den Gleiskrümmungen muß

Außerdem werden noch zwei Pumpen elektrisch betrieben zwecks Wasserversorgung der Hotels auf dem Stanserhorn (Abb. 69) und dem Bürgenstock. Bei dieser vielfachen Energieabgabe ist der Arbeitsverbrauch ein sehr schwankender und stellt an die Regulierung des Gleichgangs der Turbinen sehr hohe Anforderungen. Dieselbe wird durch Hand bewirkt, indem ein Arbeiter ständig je nach der Zeigerangabe des Voltmeters den Wasserzufluß auf die Turbinen hemmt oder verstärkt.

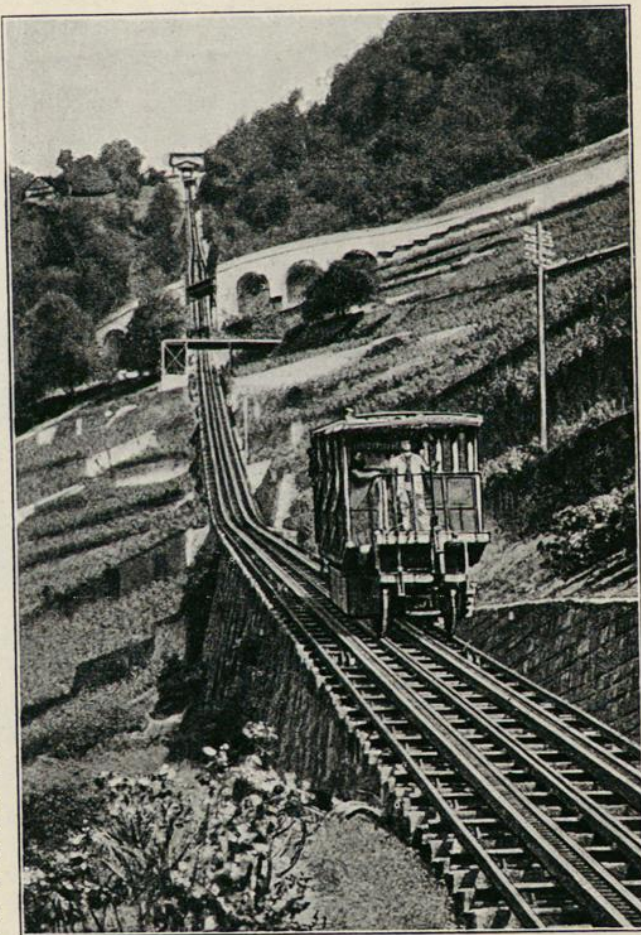
natürlich das Seil durch entsprechend schräg bzw. senkrecht gestellte Führungsrollen im Bogen geführt werden. Die obere Triebrolle erhält zur Schonung des Seiles einen großen Durchmesser und zwar je nach dessen Dicke 3 bis 6 m. Bei Wasserballastbetrieb genügt eine einfache Rolle, die nach Abb. 336 meist in die Ebene der oberen Bahnneigung gelegt wird.

Abb. 341 zeigt diese Einrichtung, wie sie am Gießbach (Brienzer See) besteht. Wo unmittelbarer Antrieb des Seiles durch eine Kraftmaschine erfolgt, wird dasselbe entweder mehrmals um eine Trommel geschlungen oder um mehrere Rollen (darunter um ein Paar Kreuzweife) gelegt. Durch diese mehrfache Umschlingung wird eine so große Reibung zwischen Seil und Trommel bzw. Triebrolle erzeugt, daß diese genügt, die Wagen bei Stillstand der Kraftmaschine auf der ungünstigsten Stelle der Bahn festzuhalten.

Die Seilbahnen sind entweder ein- oder zweigleisig. Eingleisig sind die Bahnen auf das Stanserhorn (Abb. 69), den Monte San Salvatore (Abb. 342), den Bürgenstock u. s. w.

Doppelgleisige Anlagen haben gewöhnlich eine gemeinsame Mittelschiene, so daß sie 3schielig erscheinen, wie die Seilbahn bei Heidelberg, Lauterbrunnen (Abb. 334), auf den Beatenberg (Abb. 339) u. s. w. In wenigen Fällen hat man jedem Gleis zwei besondere Fahrseilen gegeben, hat dann aber die beiden Innenseilen dicht neben einander gelegt. Die Bahn nach Olion bei Montreux (Abb. 343), sowie der untere Teil der Linie von Dully nach Lausanne bieten Beispiele hierfür. Dieser gedrängte Gleisbau ermäßigt die Anlagelkosten, bedingt aber in der Mitte der Bahn eine Ausweichstelle, damit die beiden in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden

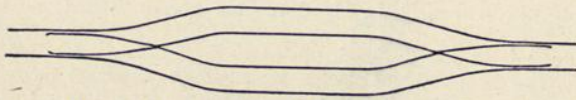
Wagen ungehindert einander ausweichen können. Bei Doppelgleisen ist die Ausweichung leicht zu machen, auch bei drei Schienen, denn die Mittelschiene braucht nur in zwei Stränge gegabelt zu werden. Bei eingeleisiger Strecke war es umständlicher\*), bis Abt die sehr einfache Anordnung der Abb. 344 hierfür angab. Die Außenseilen laufen hierbei ohne Unterbrechung durch und die Ablenkung der Wagen aus der Geraden in



343. Seilbahn Territet-Olion mit vier Schienen und Riggenschiffchen.

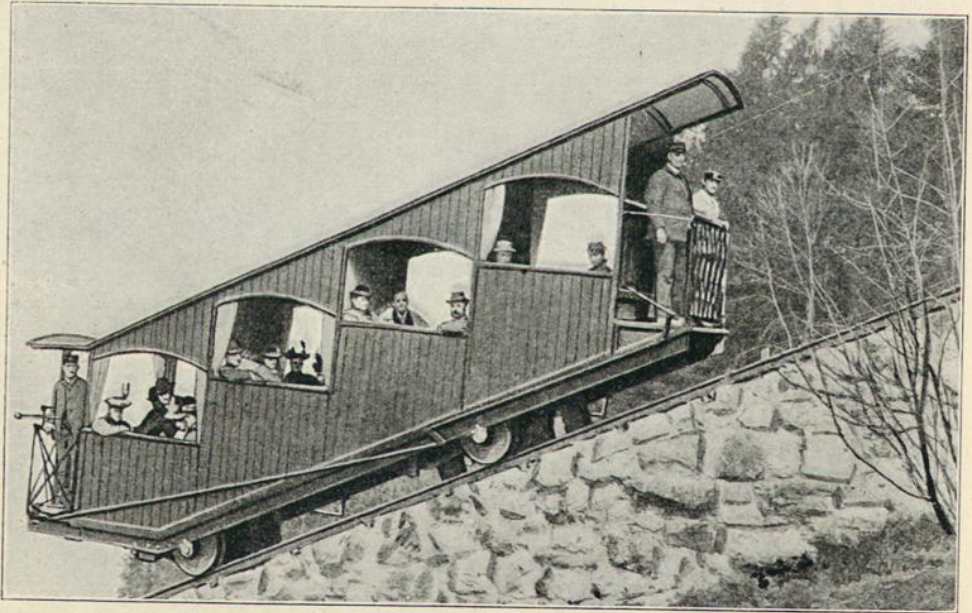
\*) Am Monte Salvatore ist die Ausweichstelle durch eine Umsteigestation ersetzt. Beide Wagen kommen hier gleichzeitig an, und die Reisenden wechseln dieselben. Jede Bahnhälfte besitzt ihr besonderes Gleis, auf welchem je 1 Wagen läuft. Das Seil ist beiden Strecken gemeinsam und wird auf der Mittelstation angetrieben. Die obere Station hat eine Umkehrrolle, so daß beide Wagen auch gleichzeitig auf den Endstationen ankommen und ebenso diese verlassen.

die Ausweichkurve wird lediglich durch die Räder bewirkt. Zu diesem Zwecke sind diese an der einen Wagenseite mit doppeltem Spurkranz versehen, wohingegen die der anderen



344. Abts selbsttätige Ausweichstelle (ohne bewegliche Zungen).

Seite glatt-cylindrisch gehalten sind. Die eine Außenschiene der Ausweichstelle führt also den Wagen, die zugehörige Innenschiene stützt ihn nur. Da das Zugseil in gleichem Sinne abgelenkt werden muß, so werden die inneren Schienen hierfür durchschnitten. Doch auch die Zahnstange, die bis 1894 alle stark geneigten Seilbahnen aufweisen, vermehrt die Schwierigkeiten der Weiche. Sie hat hier allein den Zweck, ein wirksames Mittel zum Bremsen abzugeben und die Wagen durch sogenannte am Wagengestell befestigte Fanghaken mit dem Gleise zu verankern, so daß sie, namentlich bei der Thal-



345. Wagen der Seilbahn auf den Bürgenstock.

fahrt, sicher auf den Schienen hinabfahren. Die Zahnradbremse ist sehr wirksam. Eine der Radachsen des Wagens trägt ein Zahnrad, das sich bei der Fahrt in der Zahnstange abwickelt. Neben ihm sitzen Bremscheiben, auf die nach Bedarf Bremsklötze (aus Rotguß) wirken. Durch Anziehen dieser Bremse läßt sich der Wagen schnell anhalten. Außerdem ist gewöhnlich noch eine selbsttätige Bremse vorhanden, die in Thätigkeit tritt, sobald die Fahrgeschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet. In diesem Falle löst ein Fliehkraftregulator eine Fallbremse aus, deren Klötze gegen Bremscheiben drücken, die neben den Wagen- oder Zahnrädern angebracht sind.

Die Zahnstange ist hier wie bei den Bahnbahnen ausgebildet, ist also entweder Riggenbachsche Leiterzahnstange oder Abtsche Lamellenstange (Abb. 155). Die erstere ist für zweischienigen Oberbau wegen der Ausweichung unbequem und bedingt daher dreischienigen Gleise. Die Abb. 163 auf S. 167 zeigt eine derartige Oberbau-Anordnung (Grütschalpbahn; vgl. auch Abb. 339). Die Abtsche Zahnstange kann bei zweischienigem Oberbau bequem angewendet werden, wie die Seilbahn Bürgenstock beweist. Durch die Zahnstangen wird aber der Oberbau wesentlich schwerer, wiegt dieser doch z. B. auf der Grütschalpbahn 285 kg auf 1 m, und die Anlagekosten wachsen beträchtlich. Da

auf den Schweizer Seilbahnen überhaupt noch kein Seilbruch zu verzeichnen gewesen ist, so suchten die Ingenieure Bucher und Durrer beim Bau der Stanserhornbahn die kostspielige Zahnstange zu vermeiden. Sie verwendeten dafür nach S. 167 Abb. 162 hohe Fahr schien en, gegen deren Kopf sich die zangenartige Fangvorrichtung (Zangenbremse) des Wagens legt. Nach mehr als 200 eingehenden Versuchen an einer mit 700 ‰ geneigten Probestrecke, die das gute Wirken dieser eigenartigen, aber billigen Einrichtung mit Sicherheit klar legten, genehmigte die Schweizer Aufsichtsbehörde den Fortfall der Zahnstange, und so sehen wir hier zum erstenmal trotz starker Steigung einen wesentlich vereinfachten Oberbau. Reißt das Seil, so legen sich die Zangenenden selbstthätig fest an den Schienenkopf und bringen den Wagen zum Halten.

Die Wagen der Seilbahnen sind, wie bei allen stark ansteigenden Bahnl inien, st affel förmig nach dem Abteilsystem angeordnet (Abb. 345). Sie sind, weil Aussichtswagen, im oberen Teil meistens offen und können bei Regen, Schneetreiben u. s. w. durch Vorhänge geschlossen werden. An den beiden Enden befindet sich der Stand für den Wagenführer. Das Wagengestell ist dauernd mit dem Zugseil in sehr sicherer Weise verbunden. Ein Wagen vermag in der Regel 40 Reisende zu fassen. Abweichungen nach oben wie nach unten kommen vor.

Die Seilbahnen haben viel zur bequemen Aufschließung der Hochgebirgswelt beigetragen und bilden in der verschiedenartigen Kette der Eisenbahnen ein nützlich es, dabei technisch höchst bemerkenswertes Bild.

### Stadtbahnen.

Das schnelle Anwachsen der großen Städte\*) und das dadurch hervorgerufene Bedürfnis verbesserter und vermehrter Verkehrseinrichtungen — sowohl im Inneren, als auch vom Inneren nach den Außenbezirken und umgekehrt — hat in den letzten Jahrzehnten wiederholt, in der Neuzeit des öfteren Anlaß zum Bau von Stadtbahnen gegeben und da, wo solche bereits bestanden, Erweiterungen und Neuanlagen notwendig gemacht. Daneben sind zahlreiche Straßenbahnen entstanden, da Massenverkehr Gleisbahnen bedingt, wie auf Seite 102 zahlenmäßig nachgewiesen wurde. Für Städte mittlerer Größe genügen Straßenbahnen, Großstädte bedingen außerdem noch Stadtbahnen. Erstere dürfen im eigentlichen Stadtgebiet nur mit 10 bis 12 km, im Außengebiet mit 20 bis 25 km Stundengeschwindigkeit befahren werden, wohingegen die Züge der Stadtbahnen mit 40 bis 50 km Geschwindigkeit, also zwei- bis viermal so schnell laufen. Dabei kann die Zugfolge eine äußerst dichte sein, denn sie ist unabhängig vom Straßenverkehr. In London, New York, Budapest u. s. w. ist man mit ihr bis auf zwei Minuten herabgegangen und hat dadurch die Leistung dieser Bahnen ganz erheblich gesteigert. So werden beispielsweise jährlich auf den 82 km langen Londoner Untergrundbahnen 140 Millionen und auf den 51,5 km langen New Yorker Hochbahnen gegen 200 Millionen Reisende befördert, während auf der 56,5 km langen Berliner Stadt- und Ringbahn, auf der die Zugfolge weniger dicht ist, rund 100 Millionen Personen im Jahre fahren, eine Zahl, die noch wesentlich steigen wird. Die Verkehrsstärke einer Stadtbahn verteilt sich auf die einzelnen Tage und Stunden sehr ungleich; auch Witterungseinflüsse machen sich hier geltend. Bei besonderen Gelegenheiten schwillt der Verkehr ganz gewaltig an. So wurden die New Yorker Hochbahnen am 12. Oktober 1892, dem Tage der Columbusfeier,

\*) Das Wachstum einiger Städte läßt nachstehende Übersicht für das 19. Jahrhundert erkennen:

Stadt	Jetzige Einwohnerzahl rund in Millionen	Vermehrung der Einwohnerzahl in 100 Jahren
Paris . . . . .	2 $\frac{1}{2}$	4fach
London . . . . .	5 $\frac{1}{2}$	5fach
Berlin . . . . .	1,7	9fach
Chicago . . . . .	1 $\frac{1}{4}$	300fach

von 1 075 000 Menschen befahren. Wollte man diese Menge in den bei uns vorkommenden größten Personenzügen befördern, d. s. die Militärzüge, die bis 55 zweiachsige Wagen führen, so würden sich 400 vollbesetzte Züge dieser Art ergeben, die, unmittelbar hintereinander aufgestellt, zusammen eine Gleislänge von etwa 230 km, also fast die Entfernung Hamburgs von Osnabrück, bedingen würden.

Stadtbahnen müssen die Straßen freilassen; sie sind daher über oder unter diese zu legen, somit als Hoch- oder Tiefbahn auszuführen. Sie erfordern zur Bewältigung des starken Verkehrs mindestens zwei Gleise. Die dichte Bebauung städtischen Geländes, die oft erstaunlich hohen Bodenpreise im Herzen der Städte, erschweren und verteuern aber die Anlage solcher Bahnen sehr, nicht minder auch die Inanspruchnahme des Untergrundes durch Wasser-, Gas-, elektrische und Rohrpostleitungen, sowie namentlich durch die oft recht umfangreichen Kanäle für die Abwässer.

Die Tiefbahnen werden entweder so tief in das Erdreich gelegt, daß sie unter den Fundamenten der Gebäude sich hinziehen, wobei sie in ihrer Richtung nicht eng an die Straßenzüge gebunden sind — sie heißen dann Untergrundbahnen — oder sie liegen mit ihrem Tunnelscheitel dicht unter dem Straßenpflaster und folgen dann naturgemäß dem Lauf der öffentlichen Straßen; sie werden Unterpflasterbahnen genannt. Hochbahnen werden durch Eisengerüste oder durch Steinbögen, seltener durch Erddämme oder Holzbauten gestützt.

Die älteste Stadtbahn (Untergrundbahn) besitzt London; sie wurde bereits 1853 vom Parlament genehmigt, aber erst 1860 in Angriff genommen. Dann begann Anfang der 70er Jahre der Bau der New Yorker Hochbahnen (Eisengerüste inmitten der Straßen), wiederum fast 10 Jahre später folgte die Berliner Stadtbahn (Steinbögen am Spreepfer, durch die Häuserblocks u. s. w.), bis 1890 in London abermals durch die elektrische Untergrundbahn (gußeisernes Tunnelrohr) ein neues Tiefbahnsystem eingeführt wurde, dem nach einem weiteren Jahrzehnt durch die im Jahre 1900 eröffnete Schwebebahn Elberfeld-Barmen eine ganz neuartige Hochbahn sich zugesellte.

So sind nach und nach — seltsamerweise in fast genau 10 jährigen Zeiträumen — 5 Stadtbahnssysteme entstanden. In ihrer Bauart grundverschieden voneinander, haben sie doch alle in gleicher oder abgeänderter Anordnung Nachahmung gefunden. Die Anfang der 90er Jahre eröffnete Zentralbahn in Glasgow ist z. B. mehr oder weniger nach dem Vorbilde der älteren Londoner Untergrundbahnen angelegt, ebenso die Liverpools, Bostoner und Chicagoer Hochbahn (Abb. 56) nach dem der New Yorker. Der 1898 eröffneten Wiener Stadtbahn hat die Berliner Hochbahn als Vorbild gedient, während die Röhren-Tiefbahn mehrfache Nachahmung in London, Amerika und in Berlin (Spreetunnel) gefunden hat. Auch die Schwebebahn ist nicht auf Elberfeld-Barmen beschränkt geblieben. Die zur Zeit im Bau befindliche elektrische Hochbahn von Siemens & Halske in Berlin, welche streckenweise als Unterpflasterbahn zur Ausführung gelangt, hat für ihre Hochbahnlinien Vorläufer in New York, Chicago und Liverpool, für die Unterpflasterbahn solche in London, Glasgow und Budapest. Boston hat sich als erste amerikanische Stadt den Städten mit Untergrundbahnen angereicht, Paris und New York werden darin in kurzem folgen, während für Berlin ein vollständiges Netz von Untergrundbahnen (schmiedeeisernes Tunnelrohr) geplant war, aber behördlicherseits abgelehnt ist. Vorläufig ist nur der Spreetunnel bei Treptow nach dieser Bauweise zur Ausführung gebracht worden.

Jede dieser Anlagen bot eine Fülle großer Schwierigkeiten, die in sehr verschiedener Weise überwunden wurden. Ihre eigenartige Ausführung, zugleich verschieden von den oben erörterten Haupt- und Nebenbahnen, bietet eine wahre Musterkarte von hervorragenden Leistungen der Technik. Nicht minder bemerkenswert ist der Betrieb dieser Bahnen, nirgends finden wir eine so dichte und schnelle Zugfolge wieder. —

Welcher Anordnung nun auch die Stadtbahn sein mag, stets muß ihr Linienzug sich den gegebenen Verkehrsadern der Stadt thunlichst anschmiegen und mittels zahlreicher Stationen anpassen, wenn sie die Straßen entlasten und eine wirkliche Verkehrs erleichterung bilden, sowie genügende Einnahmen zur Verzinsung ihres hohen Anlagekapitals erzielen soll. Den Vorzug unter den bestehenden Stadtbahnen verdient in Bezug auf äußere Anlage

und Unnehmlichkeit des Fahrens zweifellos die Berliner Bahn. Ihre 4 Gleise — zwei für den eigentlichen Stadt- und Vorortverkehr, zwei für den Fernverkehr der Außenlinien — liegen zumeist auf Steinbögen und etwa 5 bis 7 m über dem Straßenpflaster. Der Reisende leidet nicht unter Rauchplage, wie sie anderen Bahnanlagen eigen ist, ihn umgibt nicht Dunkelheit, sondern er erhält in stetem Wechsel einen Ausblick auf das Häusermeer mit seinen belebten Straßen, den Parkanlagen u. s. w. Das ist ein großer Vorzug dieser Stadtbahn, die auch in ihrer Gesamtwirkung keineswegs das Städtebild stört. In vollstem Gegensatz zu ihr steht natürlich die Untergrundbahn, besonders, wenn diese durch Dampflokomotiven betrieben wird. Hier werden dunkle Tunnel durchfahren oder günstigenfalls tiefe Einschnitte, deren Mauern ebenfalls den Ausblick hindern. Die Tunnelluft ist häufig sehr schlecht, weil stark mit Rauchgasen durchsetzt, kurzum, eine Fahrt auf solcher Bahn ist wenig angenehm. Besser sind in Bezug auf die Luftverhältnisse die elektrisch betriebenen Tiefbahnen, wie überhaupt dieser Betrieb ob seiner Reinlichkeit und sonstigen Vorzüge für Stadtbahnen vorzuziehen ist.

Die amerikanischen Hochbahnen wiederum fallen durch ihre derbe und unschöne Anordnung auf, die die Straßen verunstaltet und die Häuser entwertet. Auch leiden die Anwohner durch den Lärm der Züge und in New York durch den Lokomotivrauch. Ebenso ist die Liverpools Hochbahn kein Muster gefälliger Bauart. Alle diese Bahnen würden schwerlich in einer Großstadt des europäischen Festlandes in dieser Ausführung Nachahmung finden. Vorteilhaft gegen sie stößt die zur Zeit im Bau begriffene Berliner elektrische Hochbahn ab. Hier ist nicht lediglich die Rücksicht auf den Zweck der Anlage ausschlaggebend gewesen, sondern es ist auch auf eine möglichst gefällige Form des Eisengerüsts gehalten worden, soweit sich solche bei einem derartigen Aufbau und Baustoff erreichen läßt. Gewinnen können allerdings die Straßen wohl niemals durch Hochbahnen. Man darf aber anderseits auch nicht die ästhetischen Rücksichten allzusehr in den Vordergrund schieben, ist doch der Nutzen einer Stadtbahn für die großstädtische Bevölkerung ein erheblicher und ist die Entlastung der Straßen eben nur durch eine solche Anlage zu erreichen, wenn man nicht zur Tiefbahn greifen will.

Um den Straßen möglichst wenig Luft und Licht zu nehmen und ihr Äußeres weniger zu beeinträchtigen, sind in den letzten zwei Jahrzehnten zahlreiche Vorschläge zu eigenartigen, jene Übelstände wesentlich mildernden Hochbahnen gemacht worden. In erster Linie ist man darauf bedacht gewesen, den Gleisunterbau möglichst schmal zu gestalten und die Wagen über seine Längsträger, neben sie oder unter sie zu hängen. Gleichzeitig hat man nur eine Fahrchiene oder zwei nahe aneinander gerückte Schienen benutzt und die seitlichen Schwankungen der Wagen in Gleisbögen, bei Wind u. s. w. gewöhnlich durch Stützschienen verhindert, auf oder gegen die sich die Wagen mittels Rollen stützen. Solche Bahnen mit nur einer Fahrchiene hat man wohl Einschienebahnen genannt, obgleich diese Bezeichnung nur für die weiter unten erörterte Langensche Hänge- oder Schwebebahn zutreffend ist. Der Ausdruck „Hänge- bzw. Schwebebahnen“ ist übrigens auch üblich für alle diese Bahnen, gleichgültig, ob die Wagen durch mehrere Schienen abgestützt werden oder frei an einer einzigen Schiene hängen. Über ihre Entwicklung und Einzelheiten ist am Schlusse dieses Abschnittes näheres gebracht. Einige der bemerkenswerteren Stadtbahnen seien hier kurz erörtert.

#### Die Londoner Untergrundbahnen.

Auf der S. 86 beigelegten Tafel des Londoner Eisenbahnnetzes sind die Untergrundbahnen in rot dargestellt. Die Hauptlinie unterfährt in einer unregelmäßigen Ellipse den mittleren Teil des Londoner Häusermeeres. Sie heißt „Innenring“, ist 21 km lang und berührt 27 Stationen, deren Entfernung voneinander bis auf 300 m herabgeht. Im Westen schließt sich ein zumeist oberirdisch geführter halbkreisartiger Gleiszug mit acht Stationen an, der sogenannte Mittelring, von dem wieder eine den ganzen Norden Londons durchziehende oberirdische Linie, Außenring genannt, ausläuft. Alle drei Ringe werden von Untergrundzügen befahren; die letzteren beiden auch von zahlreichen Vorortzügen verschiedener Hauptbahnen, so daß durch die Untergrundlinien eine vortreffliche Verkehrs-

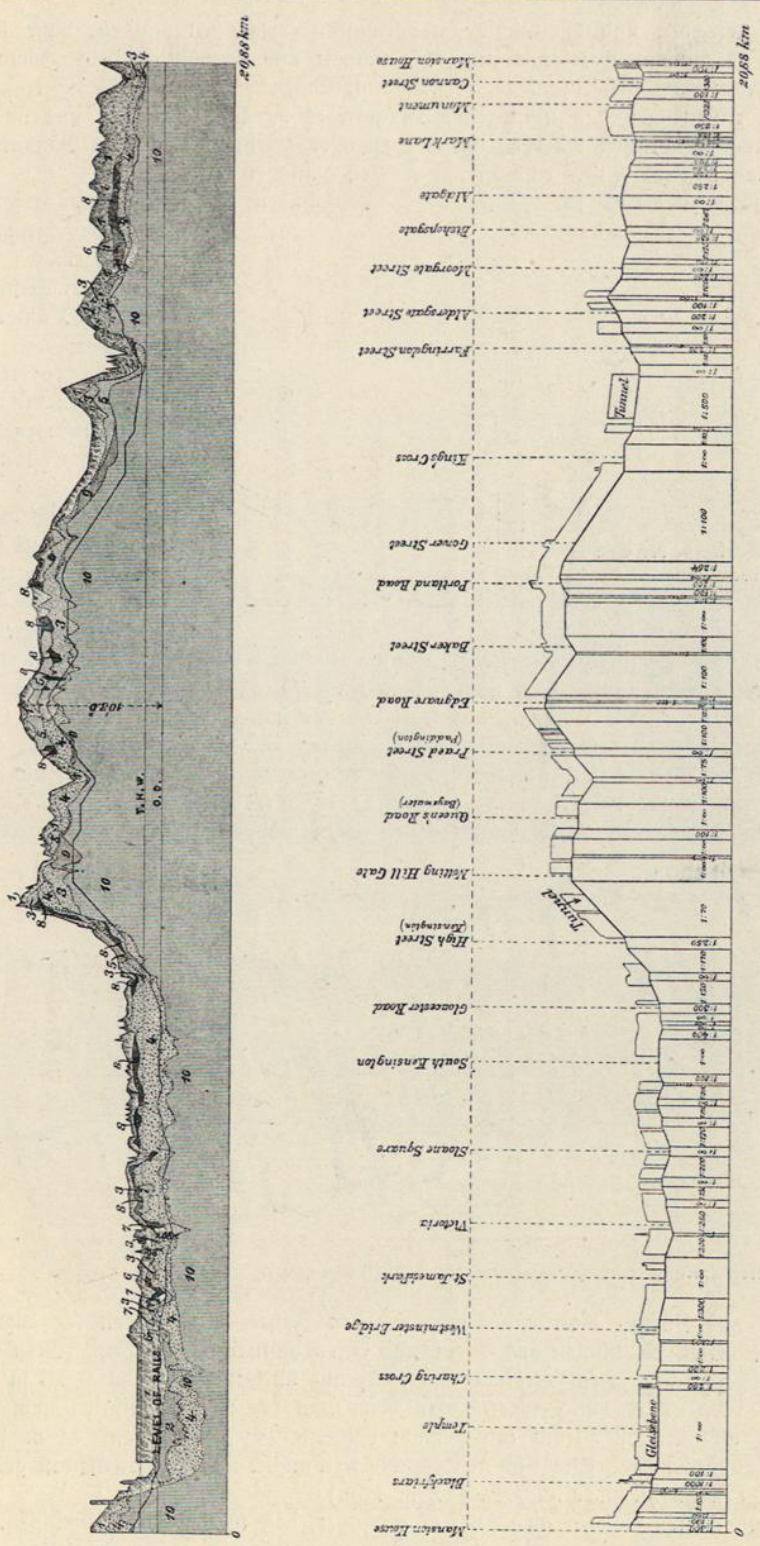
erleichterung geschaffen ist, zumal sie selbst durch die unter den Dock- und der Themse sich hinziehende East Londonbahn sowie durch verschiedene zu Tage liegende Außenlinien unmittelbare Verbindung mit Londoner Vororten erhalten haben. Hierzu trägt namentlich auch ein später ausgeführtes und unter dem Namen „The Widened Lines“ bekanntes Gleispaar bei, das sich zwischen den Stationen King's Cross und Moorgate Street eng an den Innenring anschmiegt, dessen Tunnel bei Farringdon Street unterfährt und daher jenem anfangs außen, sodann innen benachbart ist. Diese Widened Lines vermitteln einen lebhaften Verkehr zwischen den im Osten Londons gelegenen Hauptbahnhöfen nördlich und südlich der Themse. Sie werden nach S. 318 täglich von 654 Zügen befahren und zwar von Personen-, Güter- und Viehzügen in buntem Durcheinander.

Ein unmittelbarer Anschluß des Innenrings an die Personengleise der Londoner Hauptbahnen besteht allerdings nicht, die meisten großen Kopfbahnhöfe sind jedoch durch Fußgängertunnel mit den Untergrundlinien verbunden; auch mehrere unterirdische Güterbahnhöfe sind angeschlossen (vergl. Abb. 53). Zwei Gesellschaften betreiben diese Bahnen und zwar in scharfem Wettbewerb. Der erste Entwurf zu der unterirdischen Anlage rührt von John Fowler, dem späteren Erbauer der Firth of Forthbrücke (Abb. 112) her. Es ist dieses der nördliche, 1860 begonnene Linienzug, welcher der Metropolitan Eisenbahngesellschaft gehört. Der südliche Abschnitt, der Metropolitan Distriktbahngesellschaft gehörig, wurde 1870 erbaut, als der jetzt eine der schönsten Straßen Londons bildende Themsetal in dem alten Flußbett angelegt wurde. Lange Jahre blieb der Innenring ungeschlossen, das nur 2800 m lange Schlußstück Mansionhouse-Albgate wollte anfangs keine Gesellschaft seiner hohen Kosten wegen ausbauen, bis es schließlich von den beiden Bahnverwaltungen gemeinsam ausgeführt wurde; damit war endlich 1884 der Innenring vollendet.

Die Baugeschichte dieser Bahnen ist eine Geschichte voller Mühen und Schwierigkeiten aller Art. Schon die Steigungsverhältnisse weisen darauf hin. Das Londoner Gelände ist stark hügelig, die Bahnen schmiegen sich ihm eng an. Infolgedessen wechselt die Höhenlage der Gleise außerordentlich. Auf dem südlichen Abschnitt liegen sie 6,4 m unter Themsehochwasser, auf dem nördlichen dagegen 27<sup>3</sup>/<sub>4</sub> m darüber. Ihre größte Tiefe unter der Erdoberfläche beträgt 20 m, ihre geringste 5 m. Starke Steigungen waren daher nicht zu vermeiden; solche von 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> (1:100) kommen des öfteren vor, selbst auf 800 und 1600 m Länge; auch 14<sup>0</sup>/<sub>00</sub> = 1:70 ist mehrfach vorhanden, während auf Anschlußrampen sogar 25 und 26<sup>0</sup>/<sub>00</sub> sich findet. Ungünstig sind auch die Neigungsverhältnisse der East London-Bahn, wie aus Abb. 348 ersichtlich ist. Der ganze Innenring liegt nahezu in Krümmungen, welche zumeist nur 200 m Halbmesser besitzen. Wo man der Lüftung wegen u. s. w. offene Einschnitte statt der Tunnel gewählt hat, findet man solche häufig bis zu 10, selbst 13 m Tiefe. Die Untergrundbahnen zeigen also fast das Gepräge einer Gebirgsbahn, wie auch Abb. 346 u. 347\*) erkennen lassen. Selbst Stationen liegen mehrfach in starker Steigung und scharfer Krümmung. Ihre Anlage war in den meisten Fällen mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft.

Bei Beurteilung der Bauarbeiten dieser Bahnen ist besonders in Betracht zu ziehen, daß vor 40 Jahren noch keinerlei Erfahrungen über städtische Untergrundlinien vorlagen. Den bauleitenden Ingenieuren wurde dadurch ihre verwickelte Aufgabe ungemein erschwert. Sir Benjamin Baker, der Mitarbeiter Fowlers an diesen Bahnen und nachher auch an der Firth of Forthbrücke, äußerte selbst später in einem Vortrage, daß er aus persönlicher Erfahrung bezeugen könne, ein wie großer Teil derjenigen technischen Fragen, deren Lösung jetzt klar gegeben und sicher vorgezeichnet sei, derzeit eingehende Besprechungen und Erörterungen verursacht hätte, ehe die Bauleitung sich zur Ausführung entschließen konnte. Damals habe man noch nicht gewußt, in welcher Weise Ausschachtungen in der Nähe großer Gebäude auszumauern und wasserfrei zu halten wären, ohne letztere zu gefährden und den Sand unter ihren Fundamenten fortzuziehen, wie letztere zu unterfangen und abzustützen wären, wie die Abzugskanäle über oder unter der Bahulinie fortgeleitet, wie

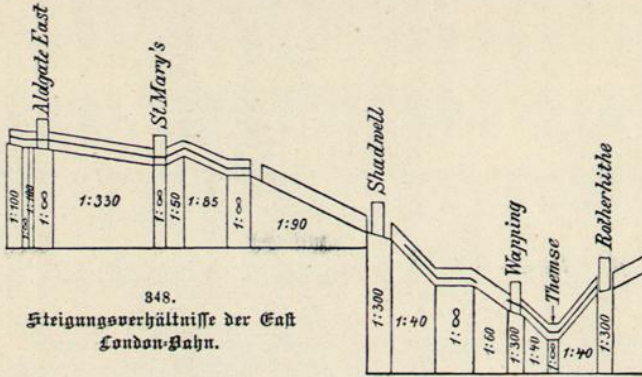
\*) Die Abb. 351—365 sind den in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1891/92 über die Londoner Untergrundbahnen veröffentlichten Aufsätzen des Verfassers entnommen; vgl. auch L. Troste, „Die Londoner Untergrundbahnen 1892“.



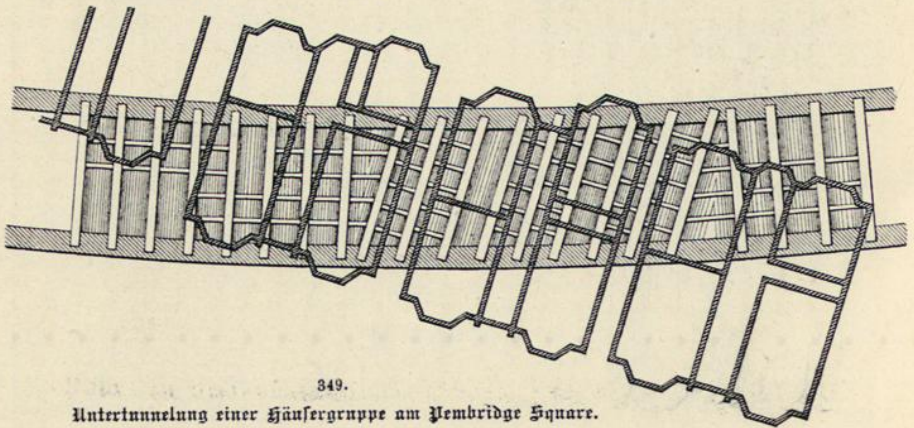
346 u. 347. Boden- und Neigungsverhältnisse des Innenrings der Londoner Untergrundbahnen.  
 T.H.W. Rheinböckhoffer, O.D. Maßpunkt, 1 Kulturfläche, 2 Schlamm, 3 Sand, 4 landiger Kies, 5 thoniger Kies, 6 Korf, 7 schlammiger Thon, 8 Lehm, 9 gelber Thon, 10 blauer Thon.

Stadttunnel getrieben und die Gleise unter Häusern fortgeführt würden, ohne letztere niederreißen zu müssen, wie Einschnitte ausgemauert und namentlich Ziegelgewölbe angeordnet würden, um hohe, schwere Gebäude mit Sicherheit, selbst einseitig tragen zu können, wie Eisenträger das umliegende Mauerwerk durch ihre Ausdehnung und Zusammenziehung beeinflussen würden, wie der Straßenverkehr oberhalb der Bahnarbeiten aufrecht zu erhalten wäre, und eine Menge Fragen ähnlicher Art.

Wie schnell die Größe der Bauten bei diesen Bahnen mit zunehmender Erfahrung wuchs, mögen folgende Beispiele bezeugen.



ähnlichem Falle am Pembridge Square die Häuser erhalten. Unterhalb derselben wurden die Seitenwände des Tunneln nach und nach in kurzen Längen aufgebaut und dann nach Abb. 349 über sie eiserne Tragbalken gelegt, auf die sich wiederum Querträger stützen. Letztere wurden durch die Gebäudefundamente gezogen und bilden seitdem eine sichere Unterlage für die Wohnhäuser, unter denen sich der gewaltige Zugverkehr Tag und Nacht abspielt. — Am Crescent-Parc wurde die Küche der Häuser nur durch eine Balkenlage aus altem Schiffsholz von der Bahn getrennt, am Pembridge Square sind bereits Ge-



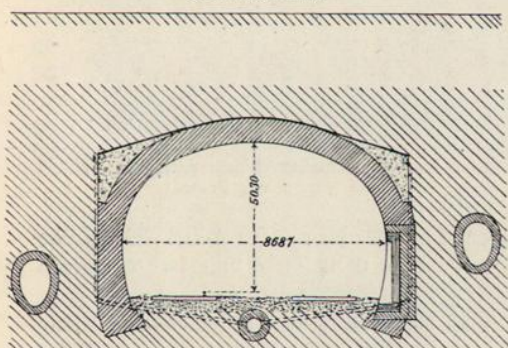
wölbekappen aus Ziegeln hierfür angewandt. Im Jahre 1861 hegten die englischen Ingenieure Zweifel, ob Bauten aus Stein und Eisen haltbar sein würden. Man führte deshalb die Front der ersten Station aus Holz auf und stützte sie durch 15 m lange Eisenträger. Im Jahre 1865 zögerte man beim Bau der Moorgatestation nicht mehr, eine Ziegel- und Sandsteinfront im Gewicht von 26 000 Zentner auf 41 m langen Eisenträgern zu errichten. Wie sind seitdem die Leistungen der Ingenieurkunst gewaltig gewachsen! (Vergl. hierüber auch S. 112 u. 130.)

Die Bauarbeiten wurden noch dadurch erschwert, daß in der Genehmigungsurkunde der Bahnanlage vorgeschrieben war, den Straßenverkehr nur in der Zeit von 6 Uhr abends

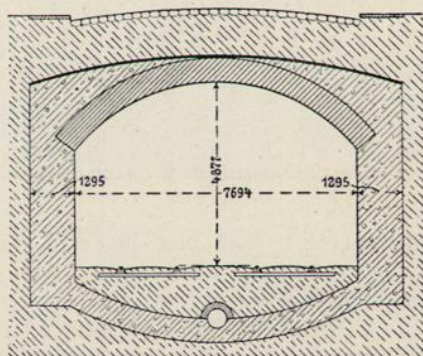
bis 6 Uhr morgens durch sie unterbrechen zu dürfen. Infolgedessen konnten alle Arbeiten in den Straßen nur während jener Nachtzeit bewirkt werden. Die Tunnel wurden in der Weise erstellt, daß in den Straßen nach Beseitigung des Pflasters eine starke Balkendecke verlegt wurde, über die der oft riesenhafte Verkehr tagsüber flutete und unter der ständig die Bauarbeiten vor sich gingen.

Auf dem älteren Abschnitt wurde das Erdreich in 10 m Breite ausgehoben, die Seitenmauern errichtet, dann eiserne Lehrbögen aufgestellt und das elliptische Tunnelgewölbe (Abb. 350 u. 354) geschlagen. Schließlich wurde auf diesem die Erde nachgefüllt und das Pflaster zunächst in halber Straßenbreite verlegt, während die andere Hälfte dem Verkehr offen gehalten wurde, worauf dann ein Wechsel der Straßenhälfte eintrat. Die breiten und oft tiefen Ausschachtungen erforderten eine sehr kräftige Auszimmerung, deren Kosten einschließlich derjenigen für die Holzdecke öfter höher waren, als die für das Tunnelmauerwerk. Trotzdem diese Zimmerung mit größter Sorgfalt und Schnelligkeit hergestellt wurde, haben dennoch die benachbarten Häuser verschiedentlich durch Rißbildungen Schaden erlitten. Er mußte seitens der Bahngesellschaften voll ersetzt werden.

Straßenoberfläche.



350. Tunnelquerschnitt, 1861.



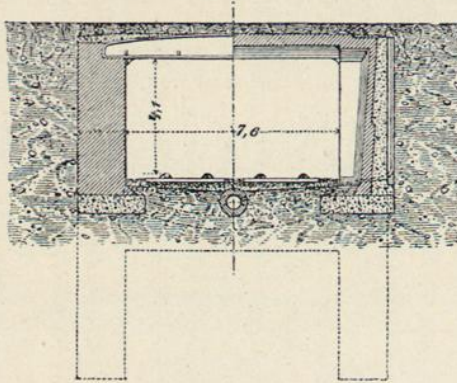
351. Tunnelquerschnitt, 1881.

Auf den später erbauten Strecken hat man zwecks Verminderung der Kosten das Erdreich zunächst nur für die Seitenwände des Tunnels ausgeschachtet, wozu eine Breite von je 1,8 m genügte. Waren dann die Wände aufgemauert, so wurde zwischen ihnen die Erde nur so weit in voller Breite ausgehoben, daß die Lehrbögen aufgestellt und das hier nach einem Kreisbogen geformte Deckengewölbe geschlagen werden konnte. Danach erst wurde auch der untere Teil der Erdmasse entfernt und beide Seitenwände durch ein Sohlengewölbe nach Abb. 351 u. 360 abgesteift. Wo die Gleise dem Straßenpflaster so nahe kamen, daß für das Deckengewölbe nicht genügende Höhe verblieb, da streckte man über die Tunnelwände gußeiserne Träger und spannte zwischen diese Gewölbekappen (Abb. 352). Überlagerten schwere Gebäude die Tunneldecke, so wurden schmiedeiserne Träger verlegt. Wir haben hier bereits das Vorbild für die 35 Jahre später erbaute Budapester Unterpflasterbahn.

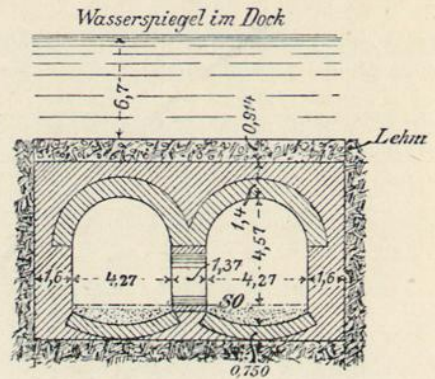
Aus der überreichen Zahl der bemerkenswerteren Bauausführungen seien hier nur einige hervorgehoben. Da galt es zunächst das Kanalisationsnetz, das alle Straßen durchzog, abzuändern. Mit einer Ausnahme sind sämtliche gemauerten Abzugskanäle, welche nicht ohne weiteres in eisernen Röhren über die Bahn geleitet werden konnten, in oftmals beträchtlicher Länge so viel tiefer gelegt, daß sie unter den Gleisen sich hinziehen. Da diese Kanäle bis über 12 qm Querschnitt aufweisen und die Abfallwässer auch während der Bauarbeiten abzuleiten waren, so verursachte ihre Neuanlage viel Arbeit und hohe Kosten.

In einer Straße liegt der Bahntunnel in ziemlicher Länge dicht über einem großen Abzugskanale. Zur Unterbringung der verschiedenen Gas- und Wasserleitungsröhren wurden hier zwei besondere Tunnel beiderseits des Bahntunnels angelegt. Sämtliche

Häuser dieser Straße mußten unterfangen und mehrere Meter tief durch Betonmauern neu abgestützt werden. Dieses Unterfangen der Gebäudefundamente hat viele Mühe bereitet, namentlich in den engeren Straßen, wobei die Bauart der englischen Wohnhäuser eine weitere Erschwernis bildete, da unter dem Bürgersteig gewöhnlich der Keller liegt. Von einem unter dem Fahrwege angelegten Längsstollen aus wurde nach jedem Hause ein Querstollen bis zur Kellerwand getrieben, diese durchbrochen und von der Kellersohle aus die Gruben unterhalb des Fundamentes der Gebädefront ausgehoben. Sie wurden mit Beton gefüllt und schließlich die alten Mauern vorsichtig darauf abgestützt.



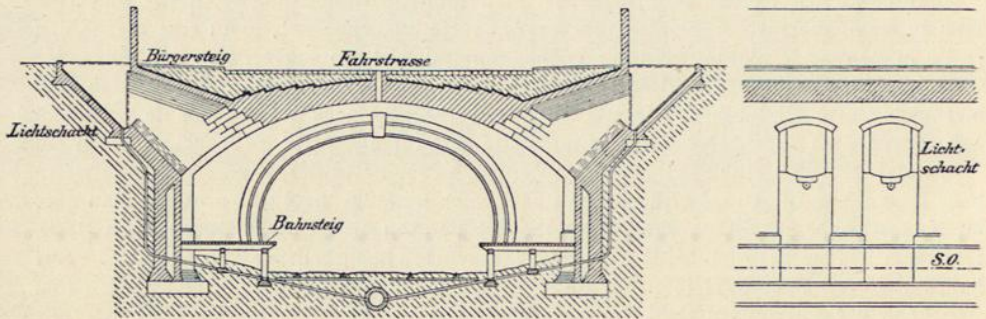
352. Tunnel mit Stein-Eisen-Decke.



353. Tunnelquerschnitt unterhalb der Londoner Docks.

Als dann ging man zum Bau des eigentlichen Tunnels über. In dieser Weise sind z. B. die beiden Häuserreihen der Cannon Street bis zu 6 m Tiefe unterfangen worden (vergl. Abb. 360).

Besondere Vorsichtsmaßregeln erforderte auch das Unterfahren des Denkmals König Wilhelms IV. Der Bahntunnel mußte gerade unter diesem 3250 Zentner schweren Bildwerke hindurchgeführt werden. Das Tunnelgewölbe erhielt eine Stärke von  $1\frac{1}{2}$  m, während die Seitenwände fast 2 m stark sind. An anderen Stellen waren Straßen-



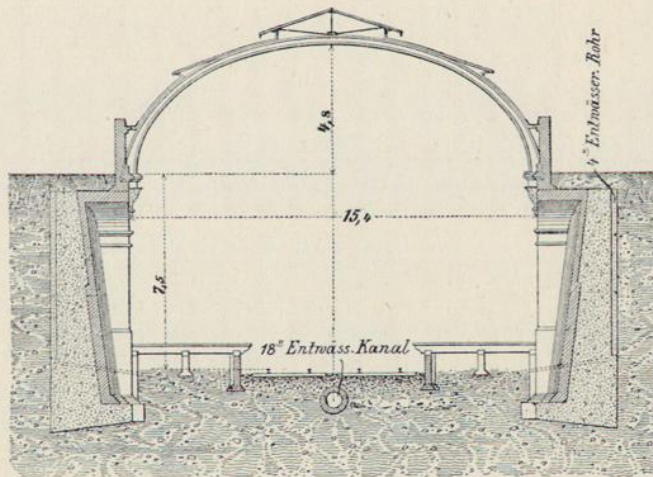
354. Station Gower Street.

brücken, Eisenbahnviadukte, Kirchen, Krankenhäuser, sechs- bis siebenstöckige Warenspeicher, elfstöckige Gebäude u. s. w. zu untertunneln bzw. abzufangen. Auf der die Themse bei Wapping in dem altberühmten Brunelschen Tunnel unterfahrenden East-Londonbahn (vergl. Abb. 348 u. die Tafel zu S. 86) lagen an einer Stelle die Gleise 18 m unter Erdoberfläche und nur 4 m von einem der Londoner Riesenlagerhäuser entfernt. Dessen Vorderwand mußte bis zu 14 m unter Hochwasser abgefangen werden, was infolge des ständigen starken Wasserandranges nicht leicht war. Die fast 7 m tiefen und 190 m breiten Londoner Docks werden nach Abb. 353 mittels Doppeltunnels unterfahren, um das bei voller

Tunnelbreite hier ungewöhnlich stark ausfallende Mauerwerk zu vermeiden. Trotzdem sind die schmalen Gewölbe immer noch 140 cm dick ausgefallen und die Außenwände 160 cm. Eine 91 cm starke Lehmischicht hindert das Durchsickern des Wassers. In diesen Docks herrscht ein äußerst lebhafter Schiffsverkehr. Täglich fahren im Durchschnitt etwa sechs große Westindienfahrer ein und ebensoviele aus. Die Schifffahrt durfte durch den Tunnelbau nicht unterbrochen werden. Man teilte deshalb das eine Dock durch einen kräftigen Damm in zwei Teile, pumpte eine Hälfte leer, hob den Boden aus und mauerte den Doppeltunnel auf. Die Herstellung des 95 m langen Tunnels beanspruchte wegen des sehr schlechten Baugrundes und verschiedener Wassereinträge 23 Monate, das ergibt auf das laufende Meter Tunnel nicht weniger als sechs Bautage! Dank der hierbei gewonnenen Erfahrungen wurde die andere Tunnelhälfte in drei Monaten durchgeführt, was einen Bautag für das laufende Meter Tunnel ergibt. Es ließe sich noch eine ganze Anzahl von bemerkenswerten Baueinheiten anführen, die alle gleich den genannten das ungemein Schwierige in der Anlage dieser Untergrundbahnen darthun würden. Namentlich machte die Unterbringung vieler Stationen Mühe. Auf dem südlichen Teile des Innenringes wurde ein sehr schlechter Baugrund angetroffen. Hier mußte sogar die Fundamentsohle der Tunnel bis 7,6 m tief unter die Schienen gelegt werden (vergl. auch Abb. 352).

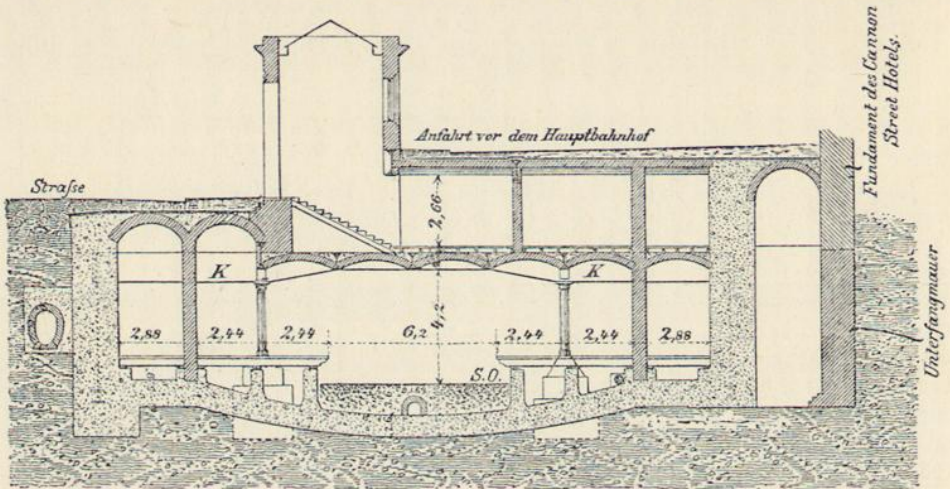
Ursprünglich war beabsichtigt gewesen, sämtliche 27 Stationen des Innenringes nebst letzterem vollständig unterirdisch anzulegen. Der älteste Abschnitt mit den Stationen Baker Street, Portland Road und Gower Street (Abb. 354) auch demgemäß ausgeführt. Das Tageslicht fällt hier durch zwei Reihen schmaler Lichtschächte ein, die neben den Bürgersteigen durch Gitter überdeckt sind. Diese Schächte dienen nebst einigen Öffnungen im Fahrdamm gleichzeitig auch zur Lüftung. Beide Zwecke werden aber nur kümmerlich erfüllt. Auf Grund dieser schlechten Erfahrung legte man, wo die Örtlichkeit es gestattete, die Stationen in offene Einschnitte und spannte in Höhe des Straßenpflasters nach Abb. 355 ein Eisendach darüber.

Der Zugang zu den Bahnsteigen erfolgt von der Straße aus mittels Treppen u. s. w. Die Ein- und Ausgänge sind stets gesondert gehalten, so daß ein Begegnen und Stauen von Reisenden ausgeschlossen ist. Mehrfach führen Fußgängerbrücken über die Gleise nach den einzelnen Bahnsteigen hin. Außerlich fallen die Stationsgebäude kaum auf. Eine Inschrift und zwei Kugellaternen deuten sie an. Die neben einem Hauptbahnhofe belegene Blackfriars-Station z. B. liegt unten in einem fünfstöckigen Gebäude, dessen Front in vergoldeten Riesenbuchstaben weithin leuchtend verkündet, daß hier die Heilsarmee ihr Hauptquartier aufgeschlagen hat. Der schmale Stationseingang mit seiner geschwärzten Aufschrift verschwindet dagegen fast völlig. Der Zugang zu der gegenüber dem Parlamentsgebäude befindlichen Untergrundstation Westminster Bridge liegt unscheinbar in einem der hohen Privathäuser. Der Weg zu den Fahrkartenschaltern führt durch den engen Gang an einem Bäckerladen vorbei, so daß der zum erstenmal die Station Auffuchende in Zweifel gerät, ob er auf dem rechten Wege sich befindet.



355. Station mit Glas-Eisendach.

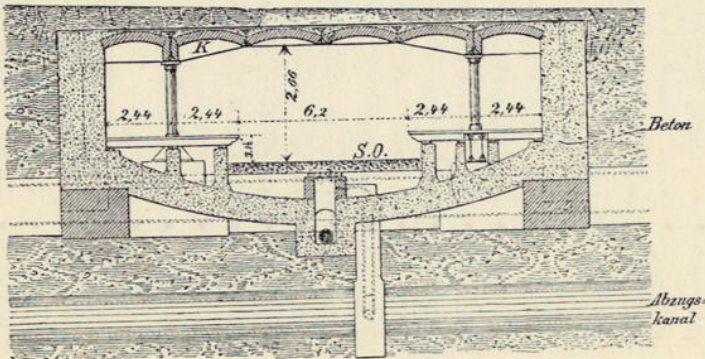
Auch unter den später ausgeführten Stationen fällt manche durch ihren Mangel an Tageslicht auf. Dahin gehört auch die sonst meisterhaft angelegte Cannon Street-Station. Hier galt es, inmitten eines besonders verkehrsreichen Gebietes — die nur 15 m breite Cannon Street wird täglich von etwa 10 000 Wagen und 60 000 Fußgängern passiert — eine unterirdische Anlage zu schaffen, für die zudem noch die zur Verfügung stehende Höhe äußerst knapp bemessen war. Die Station liegt zum Teil unter zwei sich kreuzenden



356. Schnitt durch die Cannon Street-Station.

Straßen, zum Teil unter der Anfahrt des großen Hauptbahnhofes Cannon Street der South Eastern-Bahn. Bauten über der Straße waren hier unzulässig, und so mußten auch die Fahrkartenschalter unter die Erde verlegt werden.

Die Abb. 356 u. 357 geben zwei Querschnitte dieser fast vollständig in Beton ausgeführten Station wieder. Die Deckengewölbe, sowie die Fahrkartenschalter werden durch Konjoluträger K gestützt. Die Oberfläche des Straßenpflasters liegt zum Teil nur 30 cm



357. Schnitt durch die Cannon Street-Station.

über diesen Trägern und nur 5,1 m über den Schienen. Die Bauarbeiten wurden auch hier durch die vorhandenen und abzuändernden großen Abzugskanäle sehr erschwert.

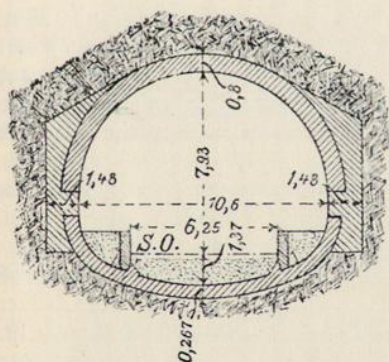
Noch unfreundlicher und dürftiger als der vorgenannten Innenringstation erscheinen die der East Londonbahn. Die beiden nördlich der

Themse gelegenen, Wapping und Chadwell, gleichen geradezu einem düsteren Kellergewölbe, bei dessen Anlage nur dem eben notwendigsten Bedürfnis Rechnung getragen ist. Abb. 358 stellt einen Querschnitt der Wappingstation dar. Hier fehlt jedes Ober- und Seitenlicht und herrscht nur spärliches Gaslicht. An beiden Enden des 91 m langen Stationstunnels ist für Lüftungszwecke je ein kurzer offener Einschnitt mit 18 m hohen, nach Art der Abb. 359 durch zwei Reihen Eisenstäbe abgesteiften Zuttermauern angelegt.

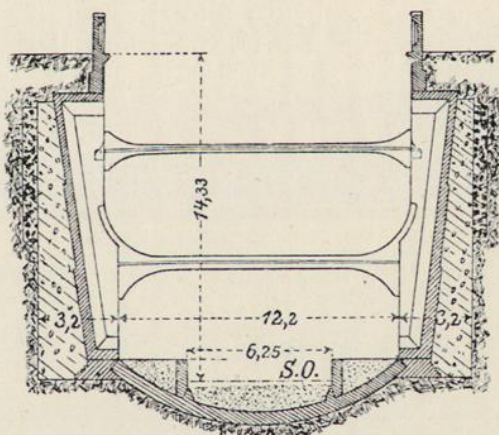
Trotzdem ist die Luft im Tunnel sehr schlecht. Die Bahnsteige sind nur ca. 2 m breit, zum Vorteil der Reisenden ist aber hier der Verkehr weniger lebhaft als auf anderen Stationen, was bei den Riestreppen (Aufzüge fehlen) auch kein Wunder ist. Die Shadwellstation ist ganz ähnlich angelegt und dadurch noch bemerkenswert, daß über ihrem einen Ende sich der Viadukt der Blackwallbahn (S. 336) hinzieht. Zwei Pfeiler derselben ruhen auf dem Tunnel der East Londonbahn und mußten nebst fünf anderen bei deren Bau abgefangen und untermauert werden, ohne daß der Betrieb der Hochbahn gestört werden durfte; dabei haben die Gleise beider Bahnen hier 20 m Höhenabstand.

Die Anlagekosten der Untergrundbahnen sind sehr hohe. Ungewöhnlich hoch sind sie auf dem 1884 vollendeten Schlußstück des Innenrings gewesen. Dieser nur 2,8 km lange Bahnabschnitt hat insgesamt die ungeheure Summe von rund 65 Millionen Mark gekostet, das macht rund 23 1/4 Millionen Mark für das Kilometer. Die Einzelkosten stellen sich wie folgt:

Baufkosten	5788000	Mark
Grunderwerbskosten	10821000	"
Nebenkosten für Kanalisation und Straßenerweiterung	6638000	"



358. Querschnitt der Station Wapping.



359. Offener Einschnitt der Station Shadwell.

Ziehen wir des Vergleichs wegen die Berliner Stadtbahn heran, so ergeben sich zugleich für die älteren Abschnitte der Londoner Untergrundbahn folgende Zahlen:

a) Baukosten für 1 km	
Älterer Abschnitt der Untergrundbahnen	2500000 Mark
East Londonbahn (nördlich der Themse)	4324000 "
Innenring-Schlußstück	5788000 "
Berliner Stadtbahn	2745000 "
b) Gesamtkosten für 1 km	
Ältere Abschnitte der Untergrundbahnen	7800000 Mark
Innenring-Schlußstück (1883)	23247000 "
Berliner Stadtbahn (1883)	5643000 "

In den beiden letzten Beträgen sind die Kosten für wiederverkäufliche Grundstücke eingegriffen. Die reinen Baukosten sind auf dem Schlußstück des Innenrings ungefähr doppelt so hoch gewesen wie die der Berliner Stadtbahn. Die Grunderwerbskosten haben sich in London trotz der unterirdischen Anlage fast viermal höher gestellt als in Berlin.

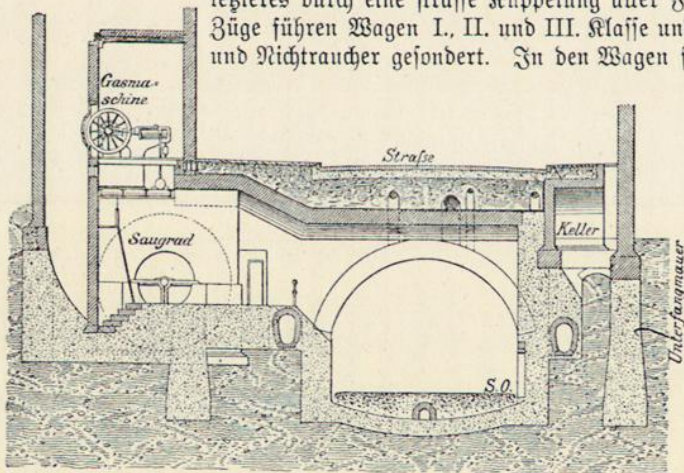
Infolge des hohen Anlagekapitals ist trotz des starken Verkehrs dieser Bahnen die jährlich zur Verteilung gelangende Durchschnittsdividende nur sehr gering. Auch die Berliner Stadtbahn, welche seiner Zeit durch den Staat ausgebaut wurde, verzinst ihr Kapital nur schwach.

Bewundernswert ist der Betrieb der Untergrundbahnen. Wer je auf ihnen gefahren ist und auf ihren Stationen verweilt hat, war mit Recht erstaunt über die große Zahl der Züge, die dort in so sicherer Weise im dunklen Schoß der Erde gefahren werden. Zug

auf Zug rollt in scheinbar endloser Folge an dem Beobachter vorüber. Folgen sich ja auf den Hauptstrecken in den lebhafteren Verkehrsstunden in jeder Fahrtrichtung 19 Personenzüge stündlich, also in durchschnittlich je drei Minuten ein Zug. Ein Teil der Züge wird sogar mit nur zweiminütlicher Zwischenzeit gefahren, und zwar auf dem Linienzuge neben der Themse, auf dem die Stationen bis zu 300 m einander benachbart liegen.

Für den Fremden ist der Verkehr auf den unterirdischen Linien anfangs gerade nicht sonderlich behaglich. Es gehört auch hier eine gewisse Übung und Gewöhnung dazu, um sich leicht und schnell zurecht zu finden, was durch das sich hier besonders breit machende Klimate-Unwesen ganz erheblich erschwert wird. Dazu kommt die schlechte Lüftung der Bahn, die streckenweise, trotz aller eingebauten Entlüftungsöffnungen und mehrerer Saugräder (Abb. 360), so mangelhaft ist, daß die Reisenden zum Teil Hustenreiz bekommen und die Wagenfenster allseitig schließen müssen, um sich gegen die übelriechenden Lokomotivgase etwas zu schützen. Es gehört die ganze Geduld des Engländer zu, diesen Mißstand ruhig zu ertragen.

Die Züge laufen verhältnismäßig schnell in die Stationen ein und fahren rasch, dabei sanft und stoßfrei, ab. Ersteres wird durch die durchgehenden Bremsen (S. 257), letzteres durch eine straffe Kuppelung aller Fahrzeuge ermöglicht. Die Züge führen Wagen I., II. und III. Klasse und sind in solche für Raucher und Nichtraucher gesondert. In den Wagen für letztere ist das Rauchen



360. Entlüftungsanlage in der Cannon Street.

bei Strafe bis zu 40 Mark untersagt, ebenso innerhalb der Stationen und auf allen Bahnsteigen. Die Fahrpreise sind nichts weniger als einheitlich. Kommt der Zug an dem Bahnsteig zum Halten, so öffnen sich die Reisenden selbst die Türen, was ja auch auf der Berliner Stadtbahn Gebrauch ist.

Fährt ein Reisender über das durch seine Fahrkarte bezeichnete Reiseziel hinaus, so kann er auf seinen Wunsch kostenfrei

nach der richtigen Station zurückfahren, will er jedoch auf der falschen Station den Zug verlassen, so hat er den Fehlbetrag zu entrichten. Wird dagegen ein Reisender ohne gültige Karte angetroffen, so wird für die durchfahrene Strecke der einfache Fahrpreis erhoben. Nur wenn er sich weigert, diesen zu zahlen, erfolgt eine Geldstrafe bis zu 40 Mark, auch wird sein Name mit entsprechendem Vermerk auf der Station angeschlagen — ein jedenfalls wirksames Abschreckungsmittel! Andererseits werden auch die Bahngesellschaften scharf geahndet, wenn sie sich Übergriffe gegen Reisende zu Schulden kommen lassen und diese gerichtlich gegen sie vorgehen, denn nur der mit Absicht ausgeführte Betrug gibt der Verwaltung ein Recht auf Strafverfolgung. Die Betriebszeit beginnt an Wochentagen morgens um 5 Uhr und endet kurz nach Mitternacht. An Sonntagen ist der Zugdienst erheblich eingeschränkt.

Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit der Züge ohne Einrechnung des Aufenthaltes auf den Stationen beträgt 40 km in der Stunde. Die auf dem Innenringe verkehrenden Züge durchfahren diese 21 km lange Strecke — die 26 Stationsaufenthalte eingerechnet — in 70 Minuten. Die mittlere Reisegeschwindigkeit beträgt demnach 18 km in der Stunde. Die Zahl der täglichen Züge ist erstaunlich. An Werktagen stärksten Verkehrs werden rund 1700 Personenzüge, 420 Güterzüge und 110 Leerlokomotiven fahrplanmäßig gefahren, also insgesamt 2120 Züge. An Sonntagen wird der Betrieb um mehr

als die Hälfte eingeschränkt. Die strenge englische Sonntagsheiligung beeinflusst stark das Verkehrsleben. — Wie sehr einzelne Stationen durch diese Zugzahlen belastet werden, wurde schon in der Fußnote auf S. 318 angeführt. Danach wird die 4 gleisige King's Cross Station täglich von mehr als 1200 Zügen durchfahren, ein Verkehr, der für den um so staunenswerter ist, der diese finstere, räumlich über alle Maßen beschränkte unterirdische Station kennen gelernt hat.

Kurz sei auch noch des Güterverkehrs gedacht, der einen höchst bemerkenswerten Punkt in dem Gesamtbilde ausmacht. Es sind, wie schon Seite 97 erwähnt, drei unterirdische Güterstationen angeschlossen. Alle drei liegen im Herzen der City (Abb. 53), also in vorteilhaftester Lage und erfreuen sich eines ganz gewaltigen Verkehrs. Sie gehören drei verschiedenen Hauptbahnen an. Die eine dieser Stationen — Smithfield Market — ist unterhalb der fast 200 m langen und 75 m breiten Zentralfleischhalle gelegen, mit dieser durch zwei Aufzüge, mit der Straße durch eine spiralförmig gewundene Rampe für Straßenfuhrwerk in Verbindung gebracht. Durch sie ziehen sich an einer Längsseite die beiden Gleise der S. 350 genannten Widened Lines der Untergrundbahnen hindurch, die auch mittels Abzweigung die An- und Abfuhr der Bahnwagen besorgen. Besondere Fleischzüge treffen hier fast allnächtlich von Birkenhead und Bristol ein. In ersterem Orte, dem bekannten, Liverpool gegenüberliegenden Hafenplatze, befinden sich große Schlachthäuser, in denen das überseeische, lebend eingeführte Vieh geschlachtet und dann von dort nach dem Londoner Markt gebracht wird, während in Bristol geschlachtetes Vieh, namentlich von Australien, durch besondere, mit Gefriereinrichtung versehene Dampfer eingeführt wird. Auch in den beiden anderen unterirdischen Güterstationen wickelt sich ein sehr reger Verkehr ab. Er wirkt überraschend durch die dem festländischen Besucher ungewohnte Schnelligkeit, mit der, allerdings unter Zuhilfenahme zahlreicher mechanischer Hilfsmittel, wie Drehscheiben, Schiebebühnen, Spills, Aufzüge, Kräne (von Hand- oder durch Wasserdruk u. s. w. bewegt), die Wagen herangeholt, ent- bzw. beladen, umgesetzt und zu Zügen zusammengestellt werden, wobei nur wenige Arbeiter thätig sind. Der das gesamte englische Leben beherrschende Grundsatz: „Zeit ist Geld“ kommt auch im Betriebe dieser (wie aller anderen) Güterstationen zur vollen Geltung und Nutzenwendung.

#### Die elektrische Tunnelröhrenbahn in London.

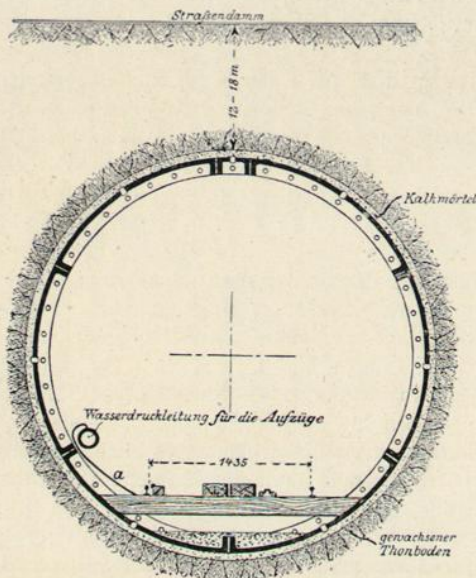
Völlig verschieden von den bis jetzt erörterten Tiefbahnen sind die elektrischen Tunnelröhrenbahnen. Die älteste dieser Linien wurde 1886 in London in Angriff genommen. Sie hat das Interesse der technischen Welt in hohem Maße erregt, da sie nach allen Richtungen hin Neues bietet, ist sie doch billiger in der Herstellung, vorteilhafter in der Lüftung, einfacher im Betriebe und ermöglicht auch den Bau einer Tiefenbahn selbst da noch, wo die anderen Baumeisen versagen.

Anlaß zu ihrer Anlage gab die mangelhafte Verbindung der im Osten Londons beiderseits der Themse belegenen Stadtbezirke. Den Verkehr der City mit dem Südufer des Flusses vermittelte hier besonders die weltbekannte Londonbrücke, über welche im Jahre etwa 35 Millionen Fußgänger und 7 Millionen Wagen mit zusammen 21 Millionen Fahrgästen, also alles in allem 56 Millionen Personen sich bewegen. Seit einigen Jahren hat allerdings die neuerbaute Towerbrücke sie etwas entlastet.

Der Gedanke des Ingenieurs Greathead, hier eine unterirdische Bahn anzulegen, wurde in London um so freudiger aufgenommen, als der von ihm aufgestellte Bauplan die Anlagekosten in verhältnismäßig engen Grenzen hielt. Der Baugesellschaft war die freie Benutzung des Bodens unterhalb der öffentlichen Straßenzüge zugesprochen. Sie hatte daher wenig Grunderwerbskosten zu zahlen. Die Tiefenlage der Bahn wurde zu 12 bis 18 m gewählt, so daß alle Abzugskanäle, Gas- und Wasserleitungen umgangen, vor allem auch das kostspielige und zeitraubende Untersfangen der Gebäudefundamente u. s. w. erspart werden konnte.

Die Seite 86 beigelegte Tafel zeigt die Linienführung dieser neuen Bahn. Letztere ist zweigleisig mit der Normalspur ausgebaut. Für jedes Gleis bzw. jede Fahrtrichtung besteht ein besonderer Tunnel; nur in den beiden Endstationen sind beide Gleise in einem

gemeinsamen Raum vereinigt und durch Weichen verbunden, um die Umleitung der Züge bequem bewirken zu können. Die beiden Gleistunnel sind übrigens mehrfach gegen einander verschoben. Am Ausgang der Citystation liegen sie nebeneinander; sie ziehen sich

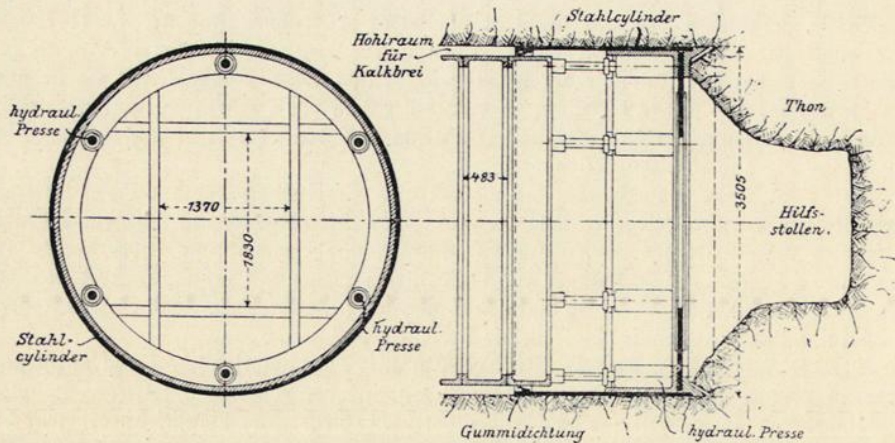


361. Querschnitt des Tunnels der elektrischen Tunnelröhrenbahn in London.

dann in scharfer Krümmung und gleichzeitig mit starkem Gefälle (1:15 und 1:30), hier gleichsam eine Schraubenlinie bildend, nach der Themse hin, um kurz vor dieser unter einer nur 4 m breiten Gasse übereinander herzulaufer, da sonst ein Unterfangen der beiderseitigen Häuserfronten, sowie Entschädigen der Hausbesitzer\*) nicht zu vermeiden gewesen wäre. Im weiteren Verlauf der Bahn liegen die Tunnel nach Abb. 363 wieder nebeneinander, um in den Zwischenstationen aufs neue in senkrechter Richtung gegeneinander verschoben zu werden, damit hier ein bequemerer Zugang beider Bahnsteige sich schaffen ließ.

Die Tunnel sind kreisrund und mit einem nach Abb. 361 aus einzelnen Stücken zusammengeschrubten Gußeisenrohre von 3,2 m Weite ausgekleidet. Ein solche Auskleidung hatte Greathead bereits 1868/69 beim Bau des nahe dem Tower unter der Themse angelegten und 2 m weiten Fußgängertunnels gewählt. Seit dem Erfolge der ersten elektrischen Röhrenbahn ist dieses

Verfahren wiederholt angewendet worden. Es bildet jetzt einen wichtigen Zweig des Tunnelbaues und hat bereits mehrfach die Anlage von Tunneln in schlammigem Boden ermöglicht, die mit den sonst bekannten Mitteln nicht hätte erstellt werden können.



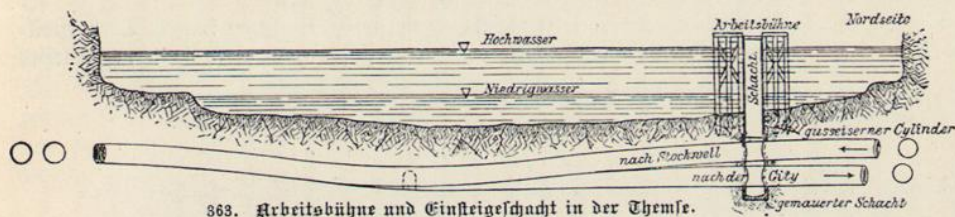
362. Stahlschild zum Vortreiben des Tunnels.

Eigenartig ist das Vortreiben der Tunnel nach Greatheads Vorgang vermittelt eines „Schildes“, d. i. ein mehrere Meter langes, vorn mit einer Schneide versehenes Stahl-

\*) Nach englischem Recht gehört dem Grundbesitzer der Boden bis zum Mittelpunkt der Erde. Jeder noch so tief unter einem Grundstück arbeitende Unternehmer muß daher das Benutzungsrecht des Erdinneren vom Eigentümer erwerben.

rohr, welches nach Abb. 362 durch eine Anzahl Wasserdruckpressen in das zu durchzufahrende Erdreich hineingedrückt wird. Zur Erleichterung dieser Arbeit wurde vor der jedesmaligen Zungengebung der Pressen ein Hilfsstollen nach Abb. 362 vor dem Schilde gegraben. Auf der jetzt vollendeten Zentral-Londonbahn benutzte man hierbei einen elektrisch angetriebenen Trockenbagger. Die in das Schildinnere gelangende Bodenmasse wird auf Wagen verladen und durch Kräne an die Erdoberfläche geschafft. In stark wasserhaltigem Boden wird der Schild mit Zwischenwänden versehen und mit Preßluft gefüllt, die ein Eindringen des Wassers in das Schildinnere hindert.

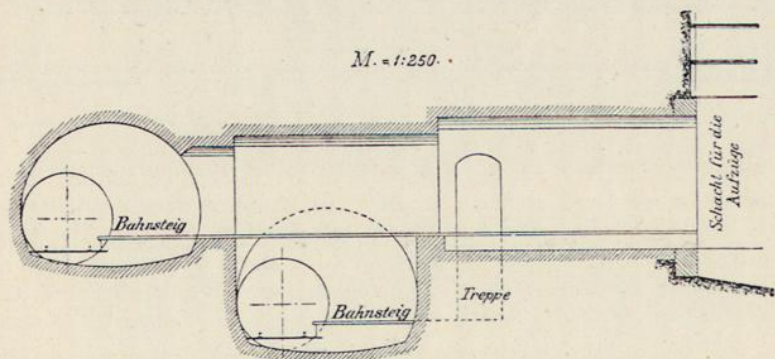
Bei der City- und Südlondonbahn, wie die erste Röhrenbahn genannt wird, wurden Wasserdruckpressen von je 48 cm Hub benutzt; ihr Betrieb erfolgte von Hand. War durch



363. Arbeitsbühne und Einsteigeschacht in der Themse.

sie der Schild um das Hubmaß vorwärts bewegt, so wurde sofort das Tunnelrohr um ein gleich langes Ringstück verlängert und der 6,5 cm breite Hohlraum zwischen diesem Rohr und dem umgebenden Erdreich mit Kalkbrei ausgefüllt, um ein Nachsinken des Erdbodens zu verhüten. Den Kalkbrei blies man mittels Luftdruck aus einer Mischtrommel durch ein Loch in den einzelnen Rohrstücken ein, wobei unten angefangen wurde. Die Löcher wurden nachher durch Holzpfropfen geschlossen (vergl. Abb. 361).

Dank dem geschilderten Arbeitsvorgange ist bei diesem Bahnbau nirgends eine Beschädigung der Nachbarhäuser eingetreten. Wohl haben einige Hausbesitzer versucht, alte Risse ihrer Häuserfronten zu verwerten; allein Greathead hatte vor Beginn der Tunnel-



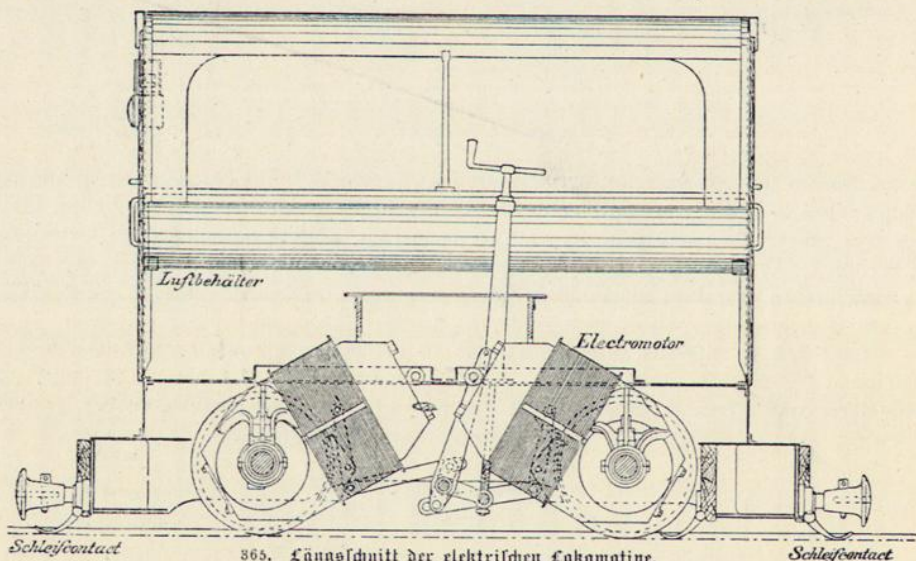
364. Schnitt durch eine Station.

arbeiten sämtliche Häuser in den zu unterfahrenden Straßen photographieren lassen. Auf Grund dieser untrüglichen Beweisstücke konnten alle zu Unrecht erhobenen Ansprüche abgewiesen werden. — Im Thonboden, der zum großen Teile das Londoner Gelände unterlagert, wurde der Tunnel in 24 Stunden um 4 m an einer Arbeitsstelle vorgetrieben. Man benutzte den Schild an verschiedenen Stellen gleichzeitig und hatte zu dem Zwecke nach Abb. 363 einen senkrechten Schacht in der Themse niedergesenkt und ebenso später an einigen Stationen. Von solchem Schachte aus trieb man den Tunnel nach beiden Seiten hin vor.

Die Stationen wurden nachträglich in ausgezimmerten Aufschachtungen erbaut und durch Ziegelmauerwerk ausgekleidet. Abb. 364 zeigt den Querschnitt einer Zwischenstation. Infolge der gewählten verschiedenen Höhenlage der Gleise ist der Zugang beider Bahnsteige

durch dieselben Aufzüge und Treppen ermöglicht. Jede Station ist mit einer Treppenanlage und zwei Wasserdruckaufzügen für je 50 Personen ausgestattet, so daß eine Zugladung Reisender schnell nach oben befördert werden kann. Aufzugvorrichtungen sind für eine solche Tiefbahn unentbehrlich. Ohne sie entwickelt sich kein lebhafter Verkehr, wie sich zur Genüge an der East-Londonbahn gezeigt hat, deren vielstufige Treppenanlagen ungern vom Publikum benutzt werden. Auf der unter dem Mersey hergeführten und 1886 eröffneten Tiefbahn zwischen Liverpool und Birkenhead hat man jede Endstation mit drei solchen Aufzügen, je für 100 Personen bemessen, ausgerüstet. Ihr Hub beträgt hier nicht weniger als 23 bzw. 27 m. Während die Merseybahn ebenfalls noch mit Dampflokomotiven befahren wird, wählte man für die City- und Südlondonbahn den elektrischen Betrieb\*). Die Verwendung der Dampfkraft war durch die Genehmigungsurkunde untersagt.

Die Züge bestehen aus einer elektrischen Lokomotive (Abb. 365) und 3 Drehgestellwagen. Die Zuführung des Stromes erfolgt durch eine  $\square$  förmige, innerhalb des Gleises



isoliert verlegte Stahlschiene, auf der 3 Gleitschuhe der Lokomotive schleifen, eine Anordnung, für welche die 1885 eröffnete irische Bahn Beßbrook-Newry vorbildlich gewesen ist (vergl. auch Abb. 97). Die Rückleitung des Stromes bewirken die Fahrachsen. Jede der beiden Radachsen bildet die Ankerwelle für einen 50pferdigen Motor, welcher die Lokomotivräder unmittelbar antreibt und ihnen eine Fahrgeschwindigkeit bis 40 km in der Stunde verleiht. Die Räder werden durch die selbstthätige Westinghousebremse (S. 259) gebremst. Die erforderliche Druckluft wird in dem zu Stockwell befindlichen Kraft Hause der Bahnanlage erzeugt und jeder Lokomotive in einem Behälter mitgegeben. Auf dieser Bahn finden sonach Elektrizität, Druckwasser und Druckluft für Arbeitszwecke Verwendung.

Die Züge befahren auf der Hinfahrt den einen und auf der Rückfahrt den anderen Tunnel. In den mit Kreuzungswweichen ausgestatteten Endstationen erfolgt ein Wechsel der Lokomotiven. Die Reisegeschwindigkeit auf der 5 km langen Strecke Stockwell-Londonbrücke beträgt einschließlich der Aufenthalte auf den vier Zwischenstationen 22 bis 24 km in der Stunde. Um die Züge beim Abfahren schneller in ihre Fahrgeschwindigkeit über-

\*) England ist auffallend spät zu elektrischen Bahnen übergegangen. Diese ursprünglich deutsche Erfindung (Werner von Siemens) hatte in schnellem Laufe ihren Triumphzug durch Amerika gehalten und in diesem Lande in mannigfach abgeänderter Gestalt ihre Lebensfähigkeit dargethan. Nach diesen Erfolgen verbreiteten sich auch in Deutschland die elektrischen Bahnen sehr schnell, während ihre Zahl in England auch heute noch sehr gering ist.

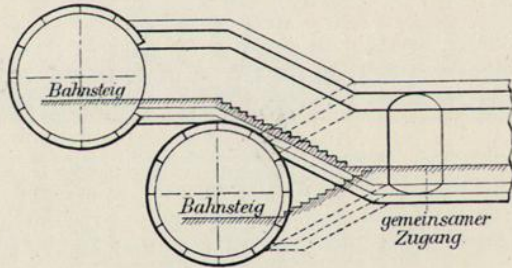
führen und beim Einlaufen in die Stationen schneller anhalten zu können, sind die Stationsgleise um  $1\frac{1}{4}$  m höher als die Anschlussstrecken gelegt und mit diesen durch Rampen verbunden. Für einen flotten Betrieb mit dichter Zugfolge hat sich dieses Mittel sehr gut bewährt und ist auch auf anderen Röhrenbahnen in Anwendung gekommen. Mit Eröffnung des Betriebes zeigten sich alsbald einige bemerkenswerte Störungen an allen in der Nähe der Bahn befindlichen magnetischen Meßinstrumenten. So wurden auf der 3 km entfernten Sternwarte zu Greenwich die Nadeln solcher Instrumente durch vagabondierende Ströme dieser Bahn abgelenkt.

Die Baukosten haben einschließlich des Krafthauses und der gesamten Ausrüstung 3 330 000 Mark für das km betragen. Auch sie verzinsen sich nur recht mäßig. Der Verkehr beläuft sich im Jahre auf 5 bis 6 Millionen Reisende, an besonderen Tagen steigt er bis auf 25 000 Personen. Durch Erweiterung der Linie nach Süden und Norden hofft man eine wesentlich größere Zahl von Personen der Bahn zuzuführen. Die Fahrt auf dieser Linie ist nicht sehr behaglich, sie ist hart und etwas geräuschvoll, was die Reisenden aber gern in den Kauf nehmen, da ja die Fahrtdauer nur kurz und von keiner Rauchplage begleitet ist und die Linie eine vortreffliche Verbindung des südlichen Londons mit der City, dem Herzen der Londoner Geschäftswelt, herstellt.

Der Bau dieser Bahn bildet in der Geschichte der Stadtbahnen einen Meilenstein. Er lehrte, wie man auch in schwierigen Bodenarten und inmitten der Städte Bahntunnel ohne Störung des Straßenverkehrs herstellen kann, während ihr Betrieb erkennen ließ, wie sehr die Elektrizität dem Dampf gegenüber bei Tunnelbahnen den Vorzug verdient. Die Bahn wurde vorbildlich für verschiedene Tunnellinien in Paris (Entwurf), New York, Berlin u. s. w. Die großartigste Anwendung für Eisenbahnen hat ihre Bauweise bei dem Tunnel unter dem St. Clairflusse (Nordamerika) gefunden. Hier wurde ein Schild von 6,4 m Durchmesser und  $4\frac{1}{2}$  m Länge benutzt, der durch 24 Wasserdruckpressen von je 125 000 kg Druck vorgetrieben werden konnte. Sodann sind in den letzten Jahren wiederholt in London mehrere Tiefbahnen dieser Art zur Ausführung gebracht, weitere sind dort noch im Bau. Zwei der ersteren sind auf der Tafel zu S. 86 verzeichnet. Die eine läuft von dem großen Waterlooabahnhoje aus unter der Themse her, unterfährt die Distrikuntergrundbahn und mündet bei Mansion House, der Dienstwohnung des Lord Mayor.

Die andere, für den Londoner Verkehr noch bedeutendere Anlage ist die Zentral-Londonbahn, welche vom Mansion House in fast gerader Richtung nach der 9,3 km entfernten Shepherd's Bushstation im Westen von London läuft und lauter verkehrsreiche Straßenzüge in etwa 20 m Tiefe unterzieht. Unter zwölf Straßentkreuzungen sind 100 m lange Stationen errichtet, so daß der Bahn zweifellos ein namhafter Verkehr gesichert sein wird. Bei ihrem Bau wurden nicht nur die 3,5 m weiten Streckentunnel mittels des Schildes (4 m Durchmesser) vorgetrieben, sondern auch die Stationen und zwar diese mit einem Schild von 7 m Durchmesser. Für jede Fahrrichtung ist ein besonderer Stationstunnel angelegt. Beide Tunnel haben aber gemeinsame Treppen- und Aufzugsanlagen. Mit Ausnahme der beiden Endstationen sind sie deshalb nach Abb. 366 in verschiedener Höhenlage erstellt. Von jedem Tunnel führen kurze Treppen nach der gemeinsamen Plattform, auf der die Aufzüge münden.

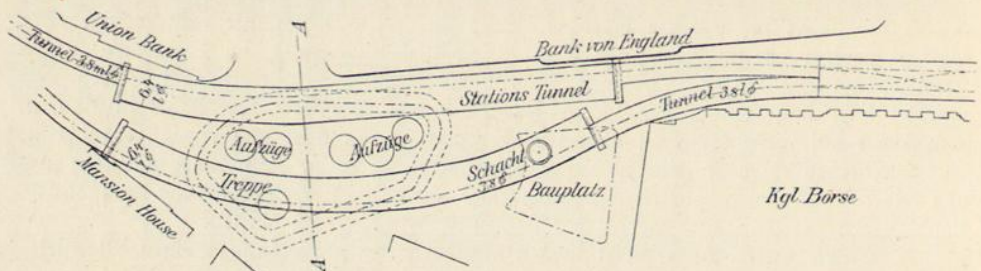
Von besonderem Interesse ist die Stationsanlage bei Mansion House (Abb. 367). Der enge Platz vor diesem, auf den mehrere wichtige Straßen münden, wird eingerahmt von der Börse, der englischen Bank u. s. w. Auf ihm spielt sich vom Morgen bis zum Abend ein Wagen- und Fußgängerverkehr ab, wie er kaum zum zweitenmal in der Welt zu finden ist. Unter ihm zogen sich mehrere Abzugskanäle, sowie ein Netz von großen Gas- und Wasser-



366. Schnitt durch eine Zwischenstation der Zentral-London-Bahn.

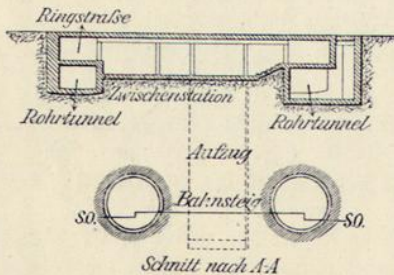
leitungsröhren her, die alle abgelenkt werden mußten, ohne daß dabei nennenswerte Störungen im Betriebe erfolgen durften. Der Bau wurde von einem Schachte aus eingeleitet, der innerhalb einer kleinen Umzäunung (vergl. Abb. 367) niedergefenkt war.

Da bei Mansion House ein wichtiger Bahnhof der älteren Untergrundbahn liegt, auch die Waterloo- und Citybahn hier ausläuft, so konnte diese neue Station um so mehr auf einen großen Verkehr rechnen. Um sie daher der aus verschiedenen Richtungen her zusammenströmenden Schar von Reisenden bequem zugänglich zu machen und ein Stauen auf dem von zahllosen Fuhrwerken befahrenen Plage zu vermeiden, wurde unmittelbar



367. Grundriß der Mansion House-Station (Kopfbahnhof).

unter dem Pflaster eine fast 4 m hohe Zwischenstation angelegt (Abb. 368), um deren mittleren Teil sich ein  $1\frac{1}{2}$  m höher liegender ringförmiger öffentlicher Weg zieht, auf den von sechs Straßen Zugangswege (durch Treppen erreichbar) münden. Innerhalb dieser, in Abb. 367 punktiert angedeuteten Ringstraße sind sechs große Schächte nach der 14 m tiefer gelegenen Bahnstation niedergefenkt, von denen einer die Treppe enthält, während die anderen fünf für Aufzüge dienen. Unter der 4,6 m breiten Ringstraße liegt wieder ein eben so breiter Ringtunnel für die umgeleiteten Gas- und Wasserrohren u. s. w., welche sämtlich als Ringleitungen hier verlegt sind, aus denen sich dann die Leitungen nach den einzelnen Straßen leicht abzweigen lassen.



368. Schnitt durch die Mansion House-Station.

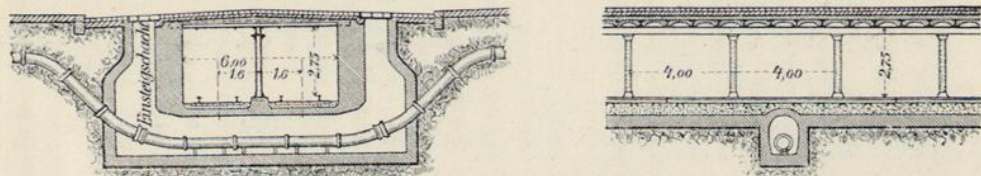
In drei Höhenstufen, davon zwei unterirdisch, wickelt sich der Straßen- und Bahnverkehr unabhängig voneinander ab.

Mansion House-Station ist Kopfbahnhof. Die Züge müssen daher aus dem Einfahrtstunnel in den Abfahrtstunnel übergeleitet werden. Zu dem Zwecke sind die beiden Stationsgleise an dem Kopfende in ein gemeinsames Tunnelstück geführt und hier durch Weichen verbunden, wie in der Abb. 367 rechts erkennbar ist. Mit großem Geschick haben die englischen Ingenieure hier ihre Aufgabe gelöst.

#### Elektrische Unterpflasterbahn in Budapest.

Eine mustergültige Anlage neuerer Art ist die im Mai 1896 eröffnete Unterpflasterbahn in Budapest. Entwurf und Bau stammen von Siemens & Halske in Berlin. Die Bahn ist zweigleisig mit 1435 mm Spurweite ausgeführt, besitzt 3,7 km Länge, liegt (bis auf ein kurzes, offenes Stück im Stadtwaldchen) unter dem Pflaster einiger Hauptstraßen, worunter die prächtige Andrássy-Straße. Krümmungen kommen nur an ihren beiden Enden vor. Die Tunnelstrecke wurde nach Abb. 373 in offener Ausschachtung hergestellt. Seitenwände und Sohlengewölbe bestehen aus Beton (Mischung aus Zement und Flußkies), während die nach Abb. 369 u. 370 in der Mitte durch schmiedeiserne Säulen und zwei I-förmige Längsträger gestützte Decke aus eisernen, mit 1 m Abstand verlegten I-Querträgern und dazwischen gespannten Gewölbekappen aus Beton erstellt wurde. Auf sie legt sich die Straßenfahrbahn. Zum Schutz gegen etwa eindringendes Wasser ist die ganze

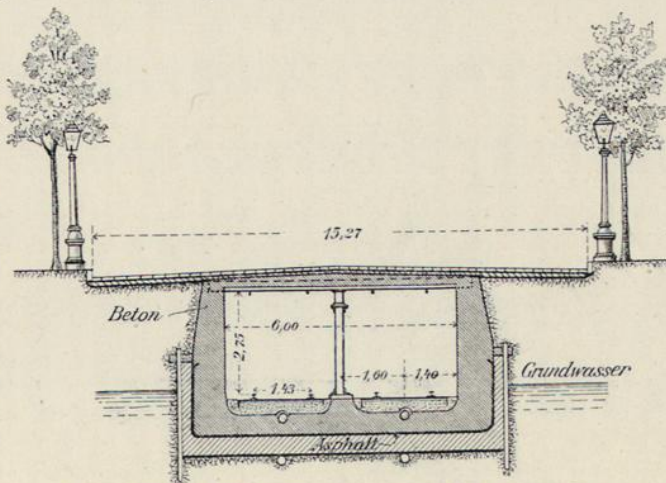
Tunneldecke mit Asphaltfilzplatten belegt worden. Auf der im Grundwasser liegenden Strecke der Andrássystraße wurde nach Abb. 370 das gleiche Mittel bei dem Fundamentbeton der Tunnelsohle angewandt. Es hat sich gut bewährt, und bis jetzt ist nirgends im Tunnel ein Durchsickern von Wasser zu bemerken gewesen. Die Breite des Tunnels beträgt 6 m, die Höhe über den Schienen  $2\frac{3}{4}$  m. Letzteres Maß ist etwas gering, war aber bedingt durch den zu kreuzenden Haupt-Abzugskanal der Budapester Ringstraße. Da die Straße gleichzeitig von einer elektrischen Bahn mit unterirdischer Stromzuführung durchzogen wird, so war an dieser Stelle die Höhe für den Tunnel festgelegt. Die Pflasterung



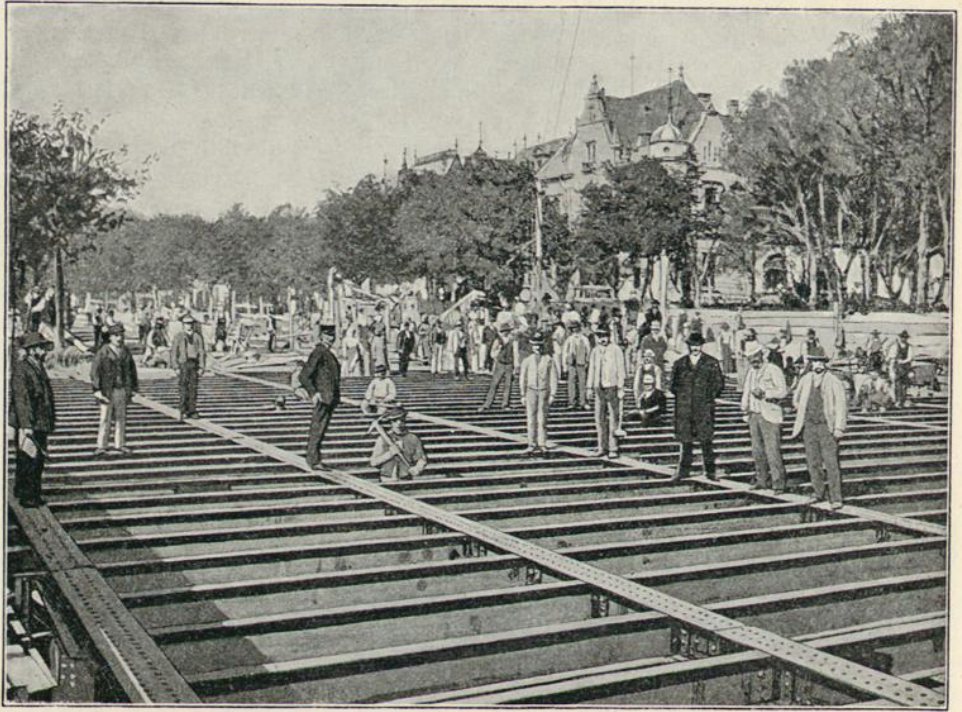
369. Tunnel mit Unterführung einer Wasserleitung.

liegt auf der Tunneldecke und erhebt sich nirgends mehr als 1 m darüber. Die Treppen besitzen daher auch nur 19 bis 24 Stufen von je 15 cm Höhe, so daß die an der Außenseite der Gleise liegenden Bahnsteige — für jede Fahrtrichtung einer — leicht zu erreichen und Aufzüge entbehrlich sind. Die Zugänge zu den Stationen liegen in kleinen seitlich der Fahrstraße errichteten, reichverzierten Häuschen (Abb. 373). Es sind 11 Stationen mit durchschnittlich nur 370 m Abstand angegeschlossen, was für die Heranziehung des Verkehrs besonders wichtig ist; die Unterpflasterbahn wird dadurch für das Publikum bequem benutzbar. Im Eröffnungsjahre, in das allerdings die Millenniums-Ausstellung fiel, wurden täglich über 15 000 Reisende befördert, ausnahmsweise auch schon 34 500 an einem Tage. — Der Oberbau zeigt Stegschienen auf eisernen Querschwellen. Erstere sind nach Abb. 126 mit Blattstoß verlegt und mittels der Haarmannschen Hakenplatte (Abb. 137) auf den Schwellen befestigt.

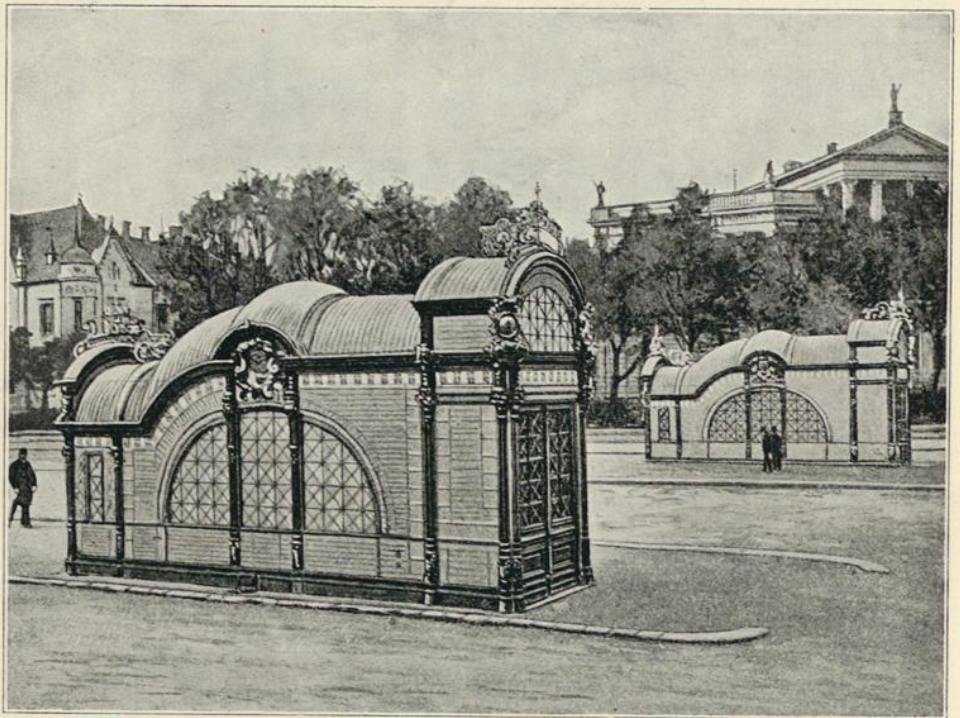
Der zum Betriebe der Wagen sowie zur Beleuchtung der Stationen und der Lichtsignale dienende elektrische Strom wird von dem Krafthaus (Dampfmaschinen und Siemens'sche Dynamos) durch Kabel, welche in die Straßen eingebettet sind, der etwa in Bahnmitte gelegenen Oktogonstation zugeleitet und zwar getrennt für Kraft- und Lichtzwecke. Sämtliche Leitungen sind an der Tunneldecke aufgehängt; diejenigen für den Wagenbetrieb — je 2 über jedem Gleise — bestehen aus leichten Grubenschienen. Sie sind in den Abb. 369 u. 370 erkennbar. Ein am Wagendach angebrachter zweiteiliger Bügel (Abb. 375) entnimmt der einen Schienenleitung den Strom für die Drehgestellmotoren und führt ihn von diesen wieder nach dem anderen Grubenschienenstrang und damit nach den Dynamos zurück. Die Fahrschienen werden hier also nicht für die Rückleitung des Stromes benutzt, wie dies sonst bei elektrischen Bahnen meistens der Fall ist. Die Beleuchtung der mit weißen Fliesen ausgekleideten Stationen (Abb. 374) erfolgt durch Glühlampen.



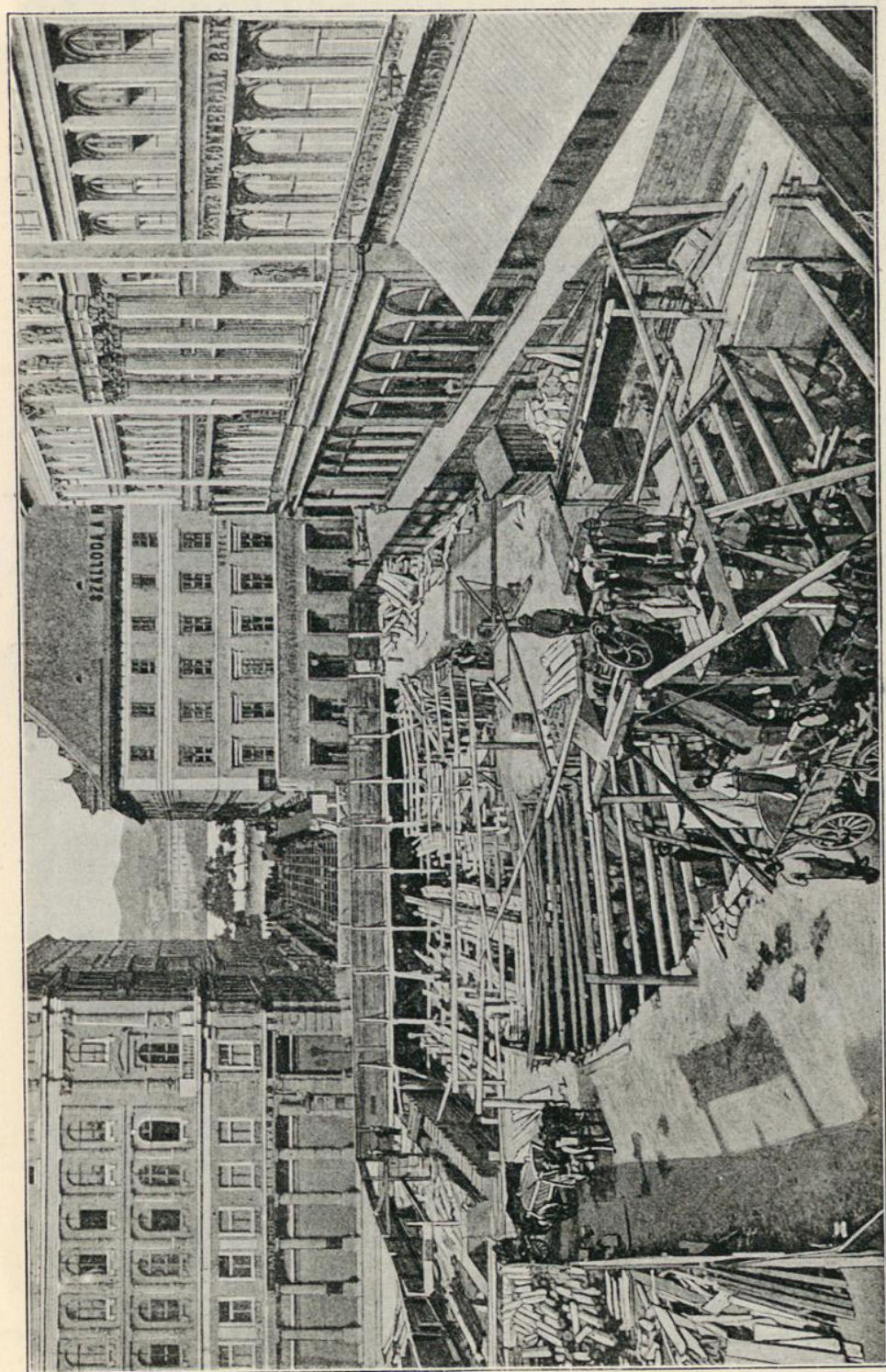
370. Tunnel in der Grundwasserstrecke der Andrássystraße.



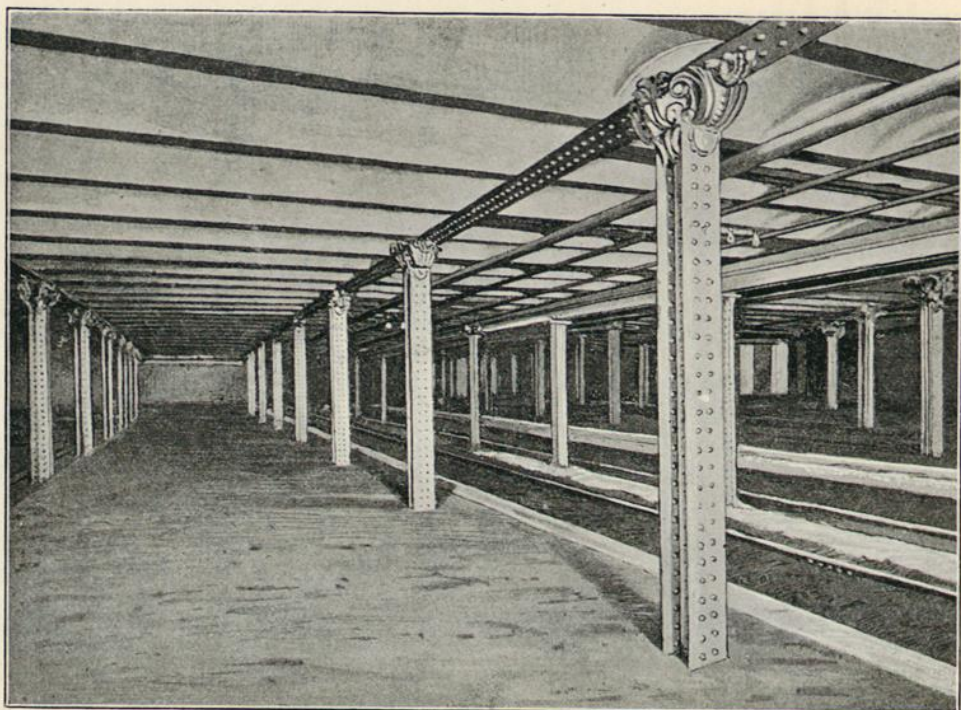
371. Eiserner Deckenbau der Station Arenastraße.



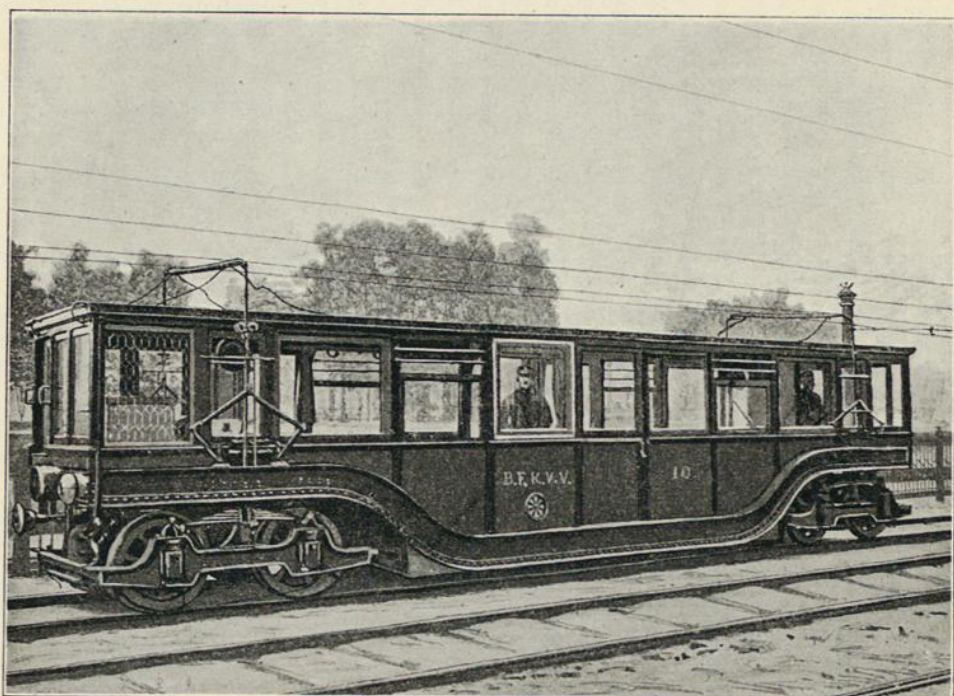
372. Ansicht der Treppenhäuschen der Station Arenastraße.



373. Elektrische Untergrundbahn in Budapest: Bau der Haltestelle Giszleplatz.



374. Innere Ansicht der Station Oktogonplatz.



375. Drehgestellwagen mit unmittelbarem Antrieb.

Auf der Linie verkehren nur Motorwagen und zwar einzeln, d. h. Einzelwagen, deren Räder durch den elektrischen Strom angetrieben werden. An Tagen starken Andrangs folgen sich die Wagen in zweiminütlichen Zeiträumen. Bei den vorliegenden geringen Stationsabständen mußte auf die Sicherung des Wagenlaufs ganz besonders Bedacht genommen werden.

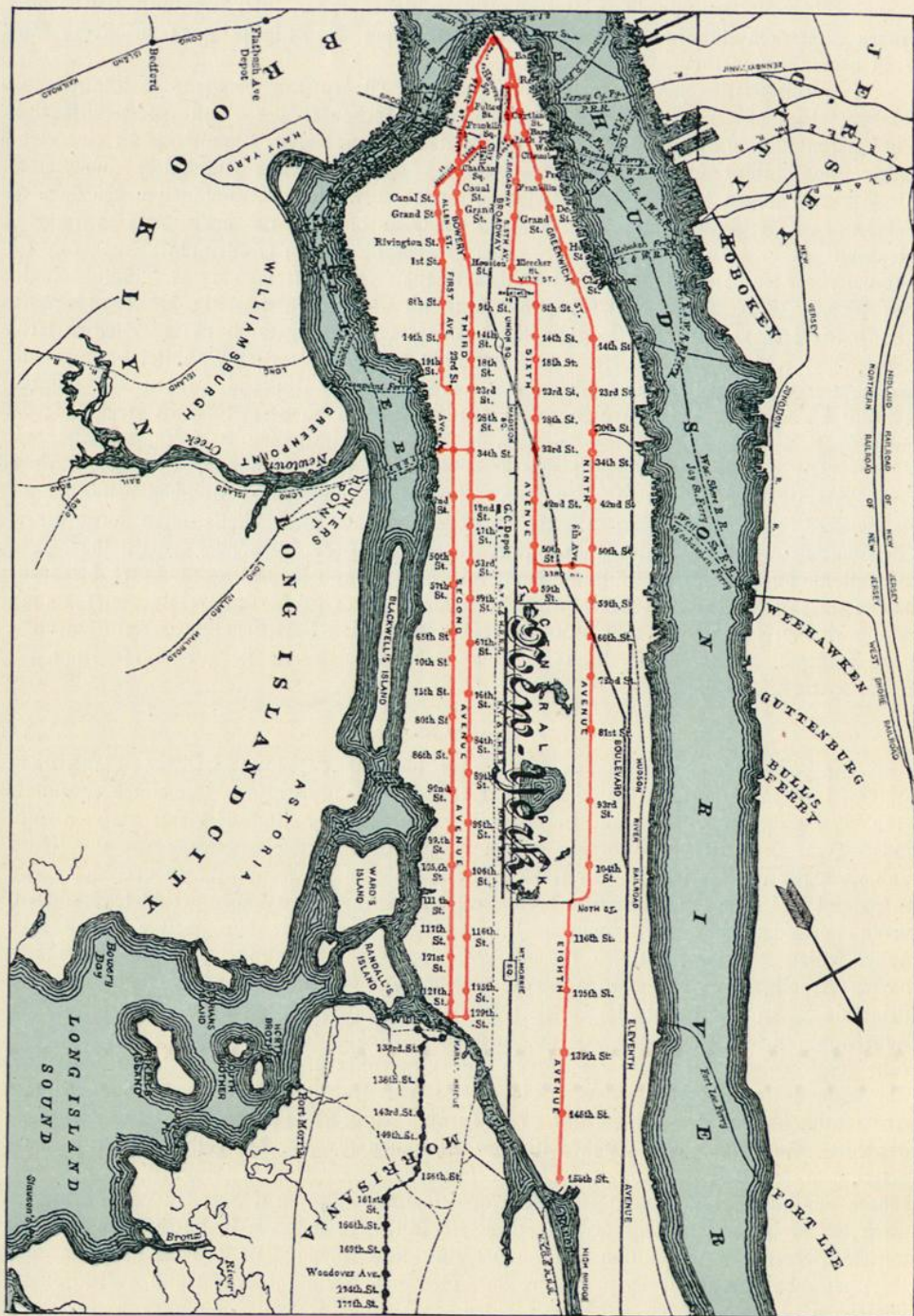
Behördlicherseits war vorgeschrieben, daß die Wagen sich höchstens in Stationsabständen folgen dürfen. Es wurde deshalb von den Erbauern der Bahn eine selbstthätige Lichtblockanlage eingerichtet. An dem Ausfahrtsende eines jeden Bahnsteigs ist eine elektrische Signallampe und daneben am Gleis ein dazu gehöriger Umschalter angebracht. Verläßt ein Wagen die Station, so stößt ein an ihm befindliches Anschlagseisen den Schalter um. Die Signallampe der Abfahrtsstation wird dadurch rot geblendet (Haltsignal), gleichzeitig aber die in der rückwärts gelegenen Station weiß (Fahrsignal), während in der vorgelegenen Station neben dem weißen Signallicht ein kleines rotes Glühlicht sichtbar wird. Jeder Wagen deckt sich also selbstthätig und gibt gleichzeitig die durchfahrene Blockstrecke frei, er versteht also gleichsam das S. 315 geschilderte Amt eines Blockwärters, während er ferner durch das kleine rote Glühlicht dem vorgelegenen Bahnsteigbeamten die Einfahrt eines Wagen in die rückwärtige Strecke anzeigt. Um das Drehen der langen, 15 000 kg schweren Drehgestellwagen an den Endpunkten zu vermeiden, ist jedes Wagenende über dem Drehgestell mit einem die Anfahrvorrichtungen u. s. w. entfaltenden Führerabteil ausgestattet. Damit nun trotz der geringen Tunnelhöhe der Wagenkasten eine lichte Höhe von 2,2 m erhalten konnte, sind seine Längsträger zwischen den Drehgestellen nach unten durchgebogen. Je eine Radachse der Drehgestelle wird durch einen Elektromotor angetrieben und zwar entweder mittels Gliederketten oder unmittelbar. Die Baukosten einschließlich Ausrüstung der Linie haben rund 7 Millionen Mark betragen, das macht fast 2 Millionen Mark für das Kilometer. Der großartige Erfolg dieser Bahnanlage ist von bestimmendem Einfluß auf die jetzt im Bau begriffene Pariser Untergrundbahn gewesen. Auch die Berliner Unterpflasterbahn wird wie sie zur Ausführung gebracht werden.

#### Die New Yorker Hochbahnen.

Die New Yorker Hochbahnen durchziehen die auf der langgestreckten Manhattan-Halbinsel erbaute Stadt in vier gleichlaufenden Hauptstraßen, Avenues genannt. Abb. 376 zeigt ihren Lageplan, in welchem der geradlinige Verlauf dieser Bahnen auffällt. Jede Linie ist — von einer kurzen dreigleisigen Strecke abgesehen — zweigleisig und wird für sich betrieben. An sechs Querstraßen sind Abzweigstationen errichtet. Die insgesamt  $51\frac{1}{2}$  km langen Bahnen berühren 96 an Straßenkreuzungen errichtete Stationen, deren durchschnittliche Entfernung 540 m beträgt. Die Linie der zweiten Hauptstraße findet jenseit des Harlemflusses für den Vorortverkehr Fortsetzung, während im benachbarten Brooklyn eine besondere Hochbahn besteht. Die Höhenlage der Gleise über Pflaster steigt bis 20 m. Entweder liegen die Gleise in der Mitte der Straßen auf gemeinsamer Fahrbahn, welche von paarweise angeordneten Eisenpfählern getragen wird, oder es ruht jedes Gleis auf schmalem Gerüst mit Einzelstützen an jeder Seite der Straße. Die Spurweite beträgt 1,435 m. Die Gleisbögen sind oft recht scharf; ihr kleinster Krümmungshalbmesser geht bis auf 27 m herab. Abb. 377 zeigt einen solchen Kurvenabschnitt. Auch auf diesen Bahnen sind die Stationen für jede der beiden Fahrrichtungen getrennt ausgebildet, allerdings in sehr bescheidenen Verhältnissen (Abb. 378). Treppen führen von der Straße hinauf zum Fahrkartenschalter. Vor dem Betreten des Bahnsteigs wirft der Reisende seine Fahrkarte in einen Glaskasten, in welchem sie durch einen Beamten mittels Hebelwerks zerschnitten wird. Der Zu- und Ausgang ist wie auf den Londoner Untergrundbahnen gesondert, so daß jegliches Gedränge der abfahrenden und ankommenden Reisenden vermieden wird. Beim Einlaufen eines Zuges schließt der vorgenannte Beamte den Zugang zum Bahnsteig.

Die Züge bestehen aus Lokomotive und 2—5, je 80 Personen fassenden Durchgangswagen. Die Plattformen je zweier zusammenstoßender Wagen werden bei Abfahrt

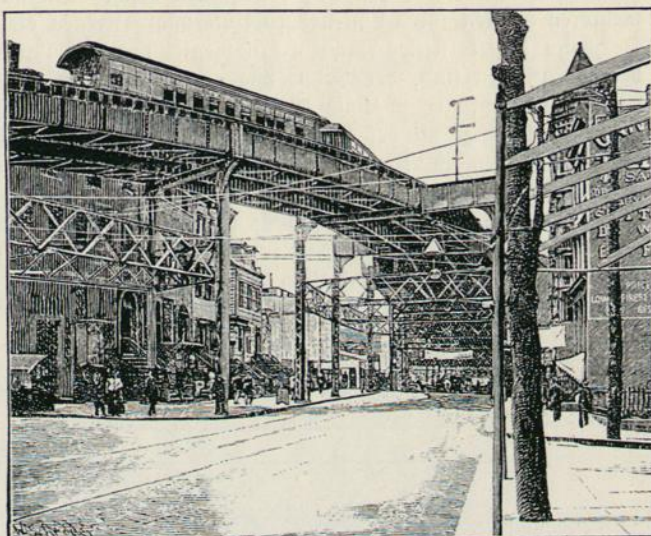
376. Fahrplan der New Yorker Hochbahnen.



des Zuges durch einen Schaffner mittels Drehthüren abgeschlossen und erst geöffnet, wenn der Zug steht.

Der Aufenthalt der Züge auf den Stationen währt meistens nicht länger als 15 Sekunden. Die größte erlaubte Fahrgeschwindigkeit beträgt 40 km in der Stunde.

Die 13,5 km lange Hauptlinie (3. Avenue), an welcher 27 Stationen liegen, wird einschließlich aller Stationsaufenthalte in 43 Minuten durchfahren. Es ergibt dieses eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 19 km in der Stunde, also 1 km mehr als auf den älteren Londoner Untergrundlinien. Der Verkehr dieser nur 5 1/2 km langen Bahnen ist ein erstaunlicher. Im Jahre werden jetzt über 200 Millionen Reisende befördert, also täglich etwa 550 000! Während der dreitägigen Kolumbusfeier im Oktober 1892 sind auf diesen vier Linien insgesamt 10 578

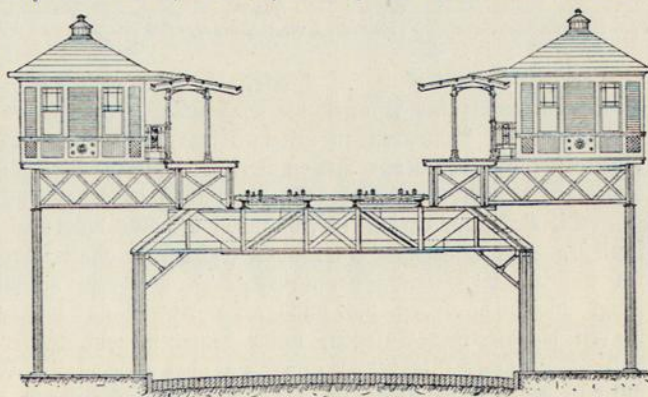


377. Gleisbogen der New Yorker Hochbahnen.  
Nach „Deutsche Bauzeitung“.

Züge gefahren, eine im Eisenbahnwesen einzig dastehende Zuggahl. Ohne die Hochbahnen wäre eine Bewältigung des New Yorker Riesenverkehrs nicht denkbar. Auch die dort zahlreich vorhandenen Straßenbahnen, welche namentlich für kurze Entfernungen sowie für die Querstraßen benutzt werden, erfreuen sich eines großen Zuspruchs. Wiederholt sind schon Untergrundbahnen für die weitere Entlastung der New Yorker Straßen geplant, darunter sogar solche in zwei Höhenlagen: Eine Röhrentiefbahn nach Londoner Art unterhalb einer Unterpflasterbahn nach Budapester Anordnung.

Die Lokomotiven der Hochbahnen werden zwecks Rauchverminderung mit Anthracit gefeuert. Die Drehgestellwagen heißen Petroleumbeleuchtung, Dampfheizung und die Games-Luftsaugbremse (S. 261).

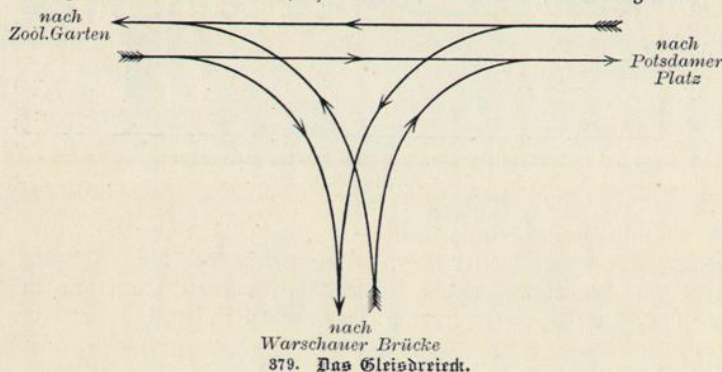
Die Einführung des elektrischen Betriebes, der sich mittlerweile auf den Hochbahnen in Liverpool, Chicago, Boston u. s. w. gut bewährt hat, steht in kurzem bevor. Auf den letztgenannten Linien hat man von elektrischen Lokomotiven, wie sie in den Londoner Röhrentiefbahnen und auf der Pariser Stadtbahn benutzt werden, abgesehen und treibt die Drehgestelle der Wagen unmittelbar an (vergl. auch Abb. 56). Diese Antriebsart ist auch für die elektrische Hochbahn in Berlin gewählt.



378. Querschnitt einer Station der New Yorker Hochbahnen.  
Nach „Zeitschrift d. Ver. deutscher Ingenieure“.

## Die elektrische Hochbahn in Berlin.

Diese seit Herbst 1896 im Bau befindliche und zur Zeit ihrer Vollendung entgegengehende Anlage weicht von den bestehenden Hochbahnen namentlich dadurch ab, daß an mehreren Stellen ihres Linienzuges Unterpflasterstrecken eingeschaltet sind, in die sich die Hochbahn mittels steiler Rampen hinabsenkt, und daß ihre Erbauer (Siemens & Halske) bemüht gewesen sind, der Bahn, wie erwähnt, ein möglichst gefälliges Gepräge zu verleihen. Die zweigleisige Linie beginnt am Wilhelmplatz in Charlottenburg und zieht sich in 12,6 km Länge an der Station „Zoologischer Garten“ der Berliner Stadtbahn vorbei durch den Süden der Reichshauptstadt, überschreitet östlich vom Görlitzer Bahnhof die Spree mittels der in Abb. 380 wiedergegebenen Oberbaumbrücke und endigt nahe der Ringbahnstation „Warschauer Straße“. Zwischen der Anhalter und Potsdamer Bahn läuft ein Zweig mittels zweier Krümmungen, dadurch nach Abb. 379 ein „Gleisdreieck“ bildend, nach dem Potsdamer Bahnhofe aus und zwar in seiner 330 m langen Endstrecke als Unterpflasterbahn. Eine Weiterführung der letzteren von hier nach dem Mittelpunkt Berlins ist geplant. Auch das etwa 4 km lange Anfangsstück zwischen dem Wilhelm- und Rollendorfsplatz gelangt jetzt als Unterpflasterbahn zur Ausführung. Abb. 379 zeigt das eigenartige Gleisdreieck in einfachen Linien. Seine Anordnung war nicht leicht; die einzelnen



sich kreuzenden Gleise mußten in verschiedener Höhe übereinander fortgeführt werden, um bei der schnellen Zugfolge einen möglichst gesicherten Zugbetrieb zu erhalten. In der Hochbahnstrecke ruhen die beiden normalspurigen Gleise auf einer gemeinsamen, 7 m breiten, wasserdichten Fahrbahn, welche von einem

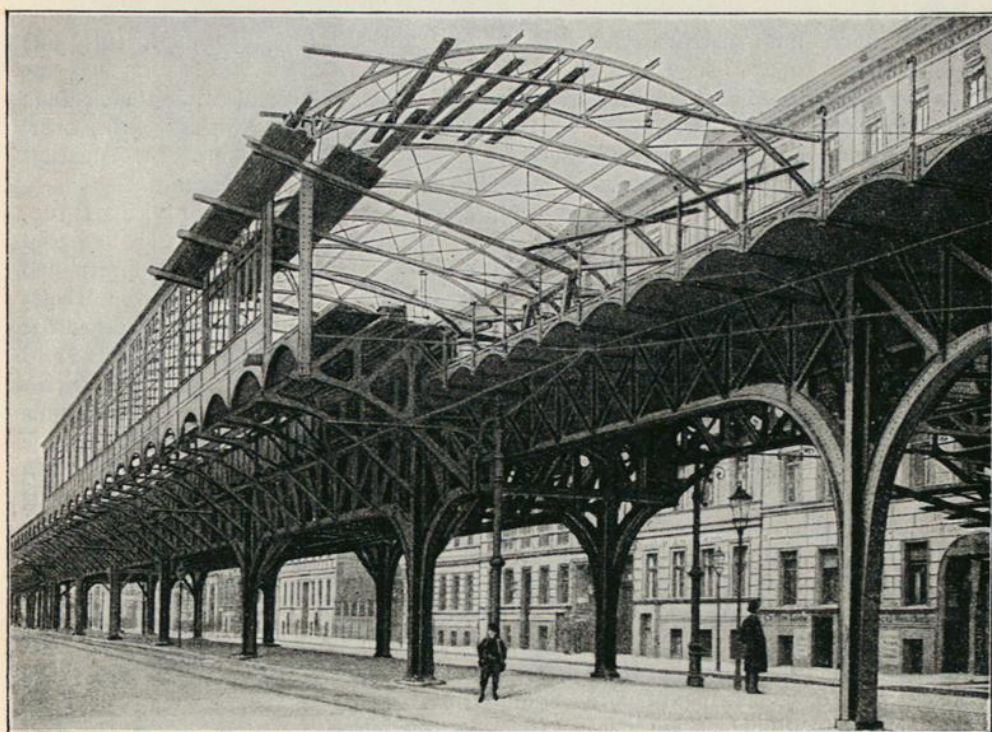
schmiedeeisernen Unterbau auf Pfeilerstützen getragen wird. Die Schienen liegen in den Stationen 5,3 m über Pflaster, die Bahnsteige 0,88 m höher, so daß etwa 38 Treppenstufen von den Reisenden zu ersteigen sind, also ungefähr doppelt so viel wie bei der Budapester und der demnächstigen Berliner Unterpflasterbahn. Übrigens liegen bei einigen Stationen der Berliner Stadtbahn die Bahnsteige bis 7,2 m über der Straße.

Die Bahnlinie berührt in Abständen von 340 bis 1940 m 6 Tief- und 10 Hochbahnstationen. Die allgemeine Anordnung letzterer ist ähnlich derjenigen in New York, aber in der äußeren Erscheinung grundverschieden von dem amerikanischen Bilde (Abb. 378). Zeigt dieses durchweg die nüchternste Auffassung und größte Sparsamkeit, so bezeugen die Berliner Anlagen, unter denen namentlich die Stationen „Rollendorfsplatz“ und „Potsdamer Straße“ hervorragen, das Gegenteil. Ihre Erbauer sind mit allen Mitteln bestrebt gewesen, in ihnen nicht nur Stationen zu schaffen, welche den Anforderungen des Verkehrs genügen, sondern gleichzeitig auch Bauwerke, die einer Stadt wie Berlin nicht zur Unzierde gereichen. Die künstlerische Behandlung dieser Nutzbauten lag in den Händen bewährter Architekten. Ein Viertel der Bahnlinien liegt in Krümmungen, deren schärfste 80 m Halbmesser besitzt. Etwa  $\frac{3}{5}$  der Bahn liegen in der Wagerechten. Die größte Steigung beträgt 1:100, nur auf den Übergangsrampen von der Hoch- zur Unterpflasterbahn findet sich die Steigung von 25‰ (1:40). Die Züge werden aus 1 bis 2 Motowagen und 1 bis 2 Anhängewagen gebildet. Die Drehgestelle der ersteren werden je durch 1 Elektromotor angetrieben.

Die gesamten Anlagekosten dieser Bahn sind einschließlich des Grunderwerbs, des Krafthauses und der Ausrüstung auf rund 25 Millionen Mark veranschlagt, was für



380. Oberbaumbrücke.



381 Station Gitschinerstraße im Bau.

das Kilometer etwas über 2 Millionen Mark ergibt, also fast dasselbe wie bei der Unterpflasterbahn in Budapest.

Die im Anschluß an die Hochbahn entworfene Unterpflasterbahn nach dem Schloßplatz sowie nach dem Spittelmarkt lehnt sich ganz an das Budapester Vorbild an, nur ist ihr Tunnelquerschnitt geräumiger bemessen und zwar ist seine Breite auf 6,25 m, seine lichte Höhe auf 3,3 m festgesetzt. Die Ausführung selbst wird sich in Berlin schwieriger gestalten, da hier die Boden- und Grundwasserverhältnisse weit ungünstiger sind. Die Tunnelsohle liegt fast durchweg im Grundwasser. Die Tunnelwände nebst Sohlengewölbe müssen deshalb durch Asphaltfilz wasserdicht gemacht werden (vgl. Abb. 370).

Durch ihren Bau wird der Reichshauptstadt nicht nur eine hochbedeutende Verkehrs-erleichterung geschaffen, sondern auch eine technische Sehenswürdigkeit ersten Ranges.

#### Hänge- oder Schwebebahnen.

Die schon oben kurz berührten Schwebebahnen stammen mit ihrem ersten Entwurf aus dem Jahre 1821. Ihr Erfinder, der Engländer Robinson Palmer erbaute 5 Jahre später eine Modellbahn mit tierischer Zugkraft in dem Museumsgarten zu Elberfeld. Sie bewährte sich, und nach ihrer Anordnung sollte eine Kohlenbahn zwischen Barmen und Elberfeld angelegt werden. Die Sache zerbrach sich aber und geriet ziemlich in Vergessenheit, um erst 1870 in wesentlich verbesserter Form durch Fell (S. 140) in England neu zu entstehen. Er führte in jenen Jahren in Lancashire eine 160 m lange Schwebebahn auf Einzelstützen aus, die er „Hängebahn“ nannte.

Die Wagen griffen sattelförmig über die beiden mit  $1\frac{1}{2}'$  engl. = 475 mm Spur verlegten Fahrsehienen und stützten sich mittels Rollen unten gegen die Längsträger. Der Betrieb erfolgte durch eine feststehende Dampfmaschine und endloses Seil, an das die Wagen gekuppelt wurden. Die Geschwindigkeit betrug bis 24 Kilometer in der Stunde. Eine ähnliche Bahn baute Fell zwei Jahre später in dem bekannten Militärlager von Aldershot.

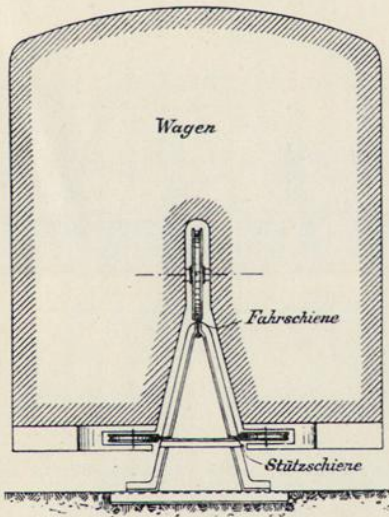
Seitdem sind zahlreiche Entwürfe zu ähnlichen Bahnen aufgetaucht, teils auch verwirklicht. Gaddan baute im Jahre 1875 nach einer abgeänderten Anordnung eine längere Bahn in Syrien. Ein Jahr später war von Le Roy-Stone auf der Weltausstellung in Philadelphia eine Probefahrt mit einer Fahr- und zwei Stützsehienen ausgestellt, wobei die Zugkraft durch eine eigenartig angeordnete Lokomotive ausgeübt wurde. Die Fahrzeuge griffen auch hier sattelförmig über das dreieckförmig gestaltete Fahrbahngerüst.

Eine ganz ähnliche Anordnung finden wir darauf um das Jahr 1880 bei Lartigue, durch den die sogenannte Einschienebahn allgemein bekannt geworden ist. Abb. 382 zeigt seine Bauweise in einfachen Linien. Die dreieckigen Vockgerüste für die Schienen sind hier auf eisernen Querschwellen befestigt. Die 3 Schienen bilden zugleich den Längsverband für die Böcke, deren Entfernung voneinander 1 m beträgt. Bahnen dieser Art sind mehrfach ausgeführt in Spanien, Tunis, Algier (105 km), Irland u. s. w. Die 1888 eröffnete irische Anlage ist 15 km lang und durch die gute Durchbildung ihrer Betriebsmittel bemerkenswert. Die größte Steigung beträgt 20‰ (= 1:50), der kleinste Krümmungshalbmesser 20 m. Im Betriebe stehen drei Verbundlokomotiven, von je 4500 kg Leer- und 6500 kg Dienstgewicht, sieben Personenwagen und eine Anzahl Vieh- und Güterwagen. Abb. 383 zeigt die Vorderansicht der Lokomotive. Auf jeder Seite des Schienengerüsts liegt ein Dampfkessel, während die beiden Dampfzylinder (DD) oberhalb der Fahrsehene sich befinden und ihre Arbeit an drei miteinander gekuppelte und mit doppelten Spurkränzen versehene Treibräder (L) abgeben. Die Fahrgewindigkeit beträgt 21 km in der Stunde.

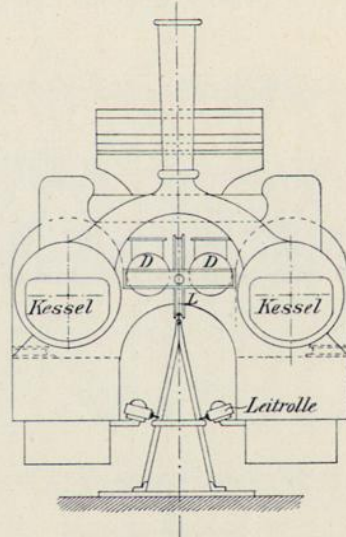
Die Sicherheit gegen Entgleisung ist groß. Wegen ihrer hohen Schienenlage über Erdoberfläche (= 1 m) eignet sich eine solche Bahn für Gegenden, welche der Sandverwehung ausgesetzt sind. Nachteilig ist aber das Hindernis, das jedem anderen Verkehr durch die fortlaufende Gerüstanlage erwächst. In dieser Form kann die Lartigue'sche Bauart nicht für städtische Hochbahnen Verwendung finden, wohl aber, wenn statt der Gleisböcke Gitterträger auf hohen Eisenpfählen gewählt werden, wie es für Paris in größerer Ausdehnung

geplant war. Die Gitterträger tragen oben die Fahrachse und geben in ihrer unteren Gurtung die Führung für die seitlichen Rollen ab.

Später haben Decauville, Meiß, Behr, Beyer, Enos, Coof, Dietrich u. a. Entwürfe aufgestellt, wonach die Wagen auf einer bis zwei Fahrachsen laufen und durch eine bis vier Stützschiene gegen Seitenschwankungen gesichert werden. Beyer stützt die Wagen oberhalb ihres Daches ab, die meisten anderen jedoch unten. Abb. 384 zeigt die aus dem Jahre 1889 stammende Anordnung von Enos, wie sie für eine 43 km lange Hochbahn zwischen den nordamerikanischen Städten St. Paul und Minneapolis zur Ausfuhrung gelangt ist. Für eine zweigleisige Bahn ist nur eine Stützenreihe erforderlich, die mittels seitlicher Konsolen die beiden aus Gitterwerk gefertigten Längsträger mit ihrer Fahrachse hält. Der Gerüstbau nimmt den Straßen nur wenig Licht und Luft. Jeder Wagen wird gegen den Untergurt seines Längsträgers durch vier schräggestellte Rollen abgestützt. Der Antrieb jedes Wagens erfolgt durch Elektromotoren.



382. Cartignes Dreischienbahn.



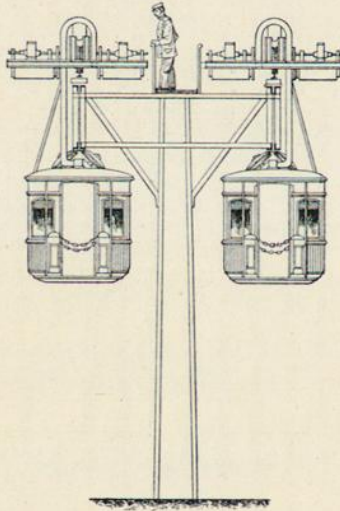
383. Lokomotive der Cartignes-Bahn.

Je mehr Fahr- und Stützschiene Verwendung finden, desto schwieriger wird übrigens die genaue Herstellung und desto mehr leidet bei unterlaufenen Fehlern in der gegenseitigen Schienen- und Rollenlage die ruhige Gangart. Am weitesten mit der Schienenzahl ist Behr gegangen. Seine auf der Brüsseler Ausstellung 1897 vorgeführte Versuchsbahn zeigte fünf Schienen, wovon vier zur seitlichen Stützung dienten, während der Wagen 40 Räder besaß (8 Treibräder mit doppeltem Spurkranz und 32 Führungsräder). Diese Anordnung wird schwerlich Nachahmung finden.)\*

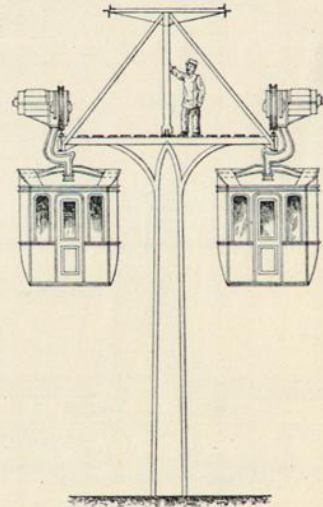
Daß man mit weit einfacheren Mitteln den Zweck noch besser erreichen kann, zeigt die Langensche Schwebebahn. Hier sind nach Abb. 385 die Wagen frei schwebend an einer Fahrachse aufgehängt und entbehren jegliche Seitenunterstützung. Es ist dieses eine Anordnung, wie sie seit langem bei den bekannten Luftseilbahnen für Industriezwecke üblich ist. E. Langen, der bekannte, 1895 verstorbene Kölner Großindustrielle, hatte auf seiner ersten, 1893 erbauten Probestrecke in Deutz noch 2 Fahrachsen angewandt. Sehr bald ging er jedoch zu der einschienigen Bauweise über, wie

\*) Sie wurde allerdings 1899 als „Schnellbahn“ für die 48 km lange Strecke Liverpool-Manchester (vgl. S. 77) in Vorschlag gebracht. Nach dem dem englischen Parlament zur Genehmigung vorgelegten Entwurf soll zwecks Vermeidung der bei einer Fünfschienebahn sich sehr verwickelt gestaltenden Ausweichstellen stets nur ein Zug (1 Wagen mit 100 Sitzplätzen) unterwegs sein, dessen Fahrgeschwindigkeit auf 90 engl. Meilen = 144 km/Std. festgesetzt ist. Man würde sonach in 20 Minuten von der einen zu der anderen Stadt gelangen können.

sie jetzt auch bei der 13,3 km langen zweigleisigen Schwebebahn Elberfeld-Bohnwinkel zur Ausführung gekommen ist. Das Eigentümliche der Langenschen Schwebebahn besteht darin, daß die Wagen frei nach der Seite ausschlagen und sich schräg stellen können, sobald entsprechend starke Seitenkräfte auf sie einwirken. Solche sind: die Fliehkraft in den Gleisbögen, der Winddruck und einseitige Belastung durch die Reisenden. Eingehende Versuche haben dargethan, daß die beiden letzten Kräfte keinerlei bedenklichen Einfluß auf die schweren Wagen einer Stadtbahnlinie ausüben. Sonach kommt allein die Fliehkraft in Frage. Das durch sie bewirkte Schiefstellen der Fahrzeuge fällt um so stärker aus, je größer die Fahrgeschwindigkeit und je kleiner der Krümmungshalbmesser ist. Durch geeignete Wahl beider Größen kann man das Schrägstellen genau begrenzen. Beispielsweise stellen sich die Wagen in einem 90 m-Bogen bei 40 km Fahrgeschwindigkeit etwa  $7^\circ$  schief, was von den Reisenden wohl kaum empfunden wird. Wichtig ist der Anschluß eines Gleisbogens an die gerade Strecke. Ginge er unvermittelt in die letztere über, so würde an dieser Stelle der Einfluß der Fliehkraft plötzlich aufhören, der Wagen müßte daher infolge seiner



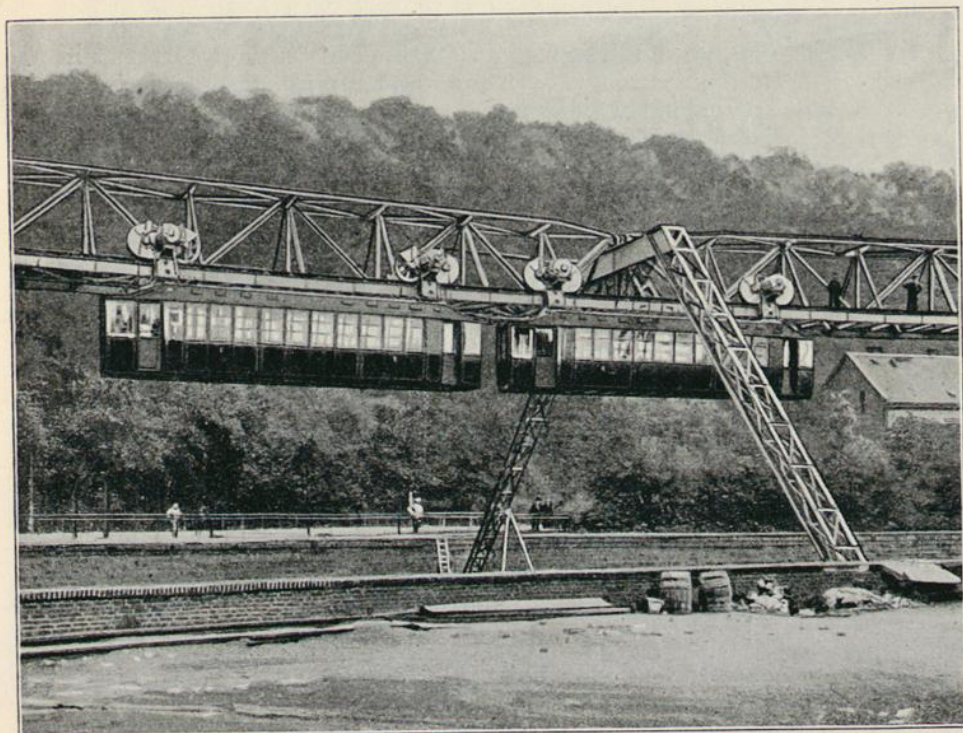
384. Enos' Hängebahn.



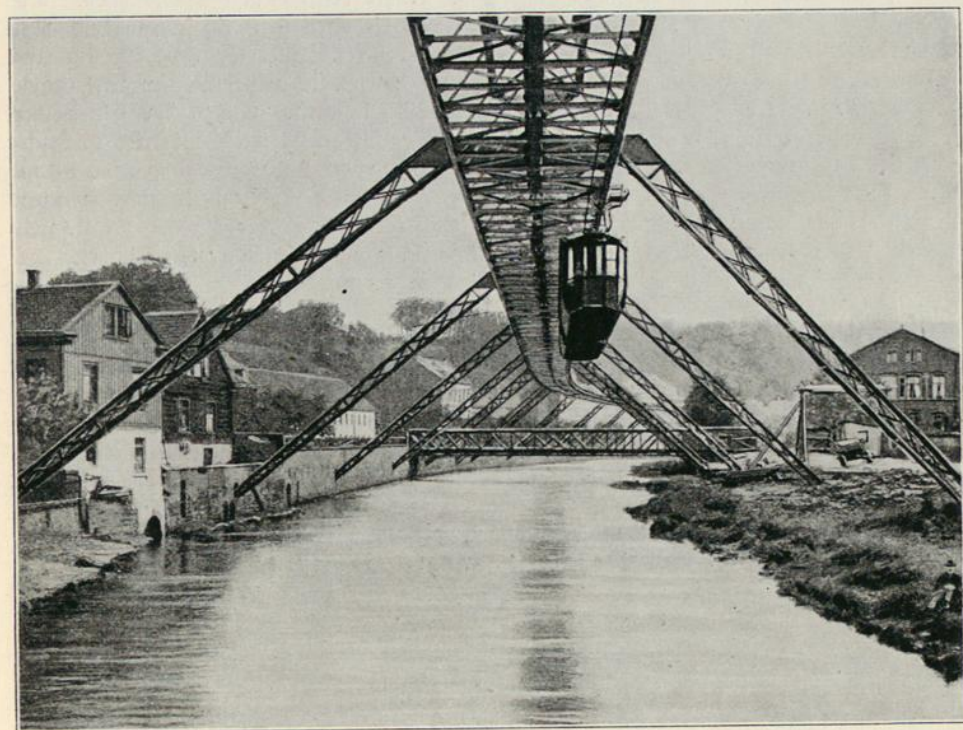
385. Langensche Schwebebahn.

Schwerkraft nach der entgegengesetzten Seite ausschlagen und würde dadurch ins Schaukeln geraten. Das muß vermieden werden, und deshalb wird jede Krümmung vermittelt einer Übergangskrümmung allmählich in die Gerade übergeführt und ebenso allmählich kehrt jetzt der Wagen beim Austritt aus dem Gleisbogen ohne Pendelbewegungen in seine senkrechte Lage zurück. Krümmung und Gegenkrümmung werden nach der kubischen und gewöhnlichen Parabel geformt. Die Gangart der Wagen ist eine sehr sanfte und ruhige. Die Aufhängung ist so getroffen, daß ein Kippen oder Abstürzen, selbst bei einem Rad- oder Schienenbruch ausgeschlossen erscheint.

Bei der Elberfelder Schwebebahn zieht sich die Fahrbahn innerhalb der industrie-reichen Städte Barmen und Elberfeld ständig über der vielfach gekrümmten Wupper hin, deren Lauf sie kurz vor dem Elberfelder Vorort Sonnborn verläßt, um von hier der Hauptstraße dieses Ortes und der sich anschließenden Stadt Bohnwinkel zu folgen. Beide Endpunkte der Bahn liegen dicht neben einem Bahnhofe der Staatsbahn. Die größte Steigung beträgt  $45\text{‰}$  (1:22), die schärfsten Krümmungen in der Hauptstrecke besitzen 90 m Halbmesser; nur ein Bogen vor der Endstation Bohnwinkel zeigt 30 m, ist aber immer noch flacher als die kleinsten Krümmungen der New Yorker Hochbahnen. Dagegen kommen in den Umkehrschleifen und Betriebsgleisen der Gleisbögen von nur 8 m vor. Der eigentliche Fahrbahnträger hat nach Abb. 385 I-Form; zwischen den 4 m voneinander entfernten einschienenigen Gleisen liegt wie bei Enos ein Laufsteg für die Aufsichtsbeamten. Statt der



386. Seitenansicht der Elberfelder Schwebebahn.



387. Unteraufsicht der Elberfelder Schwebebahn.

in der Abb. 385 gezeichneten Einzelstütze wird die Fahrbahn über der Wupper von je 2 schräg gestellten Gitterstreben (Abb. 386 u. 387) getragen, dagegen über der Fahrstraße von portalartigen, in den Bürgersteigen lagernden Stützen. Alle 200 bis 300 m sind unverrückbare Eisenjoche aufgestellt, welche den Längsschub der Bahn aufzunehmen haben, während die vorgenannten in etwa 30 m Abstand errichteten Zwischenstützen den durch die Wärmeänderungen veranlaßten Längenverschiebungen nachgeben müssen und deshalb als Pendelstützen ausgebildet sind. Dem entsprechend besitzt die Gleisbahn in der Mitte zwischen je zwei festen Jochen eine Ausgleichstelle. Die Bahnlinie berührt 20 Stationen, was einen durchschnittlichen Stationsabstand von 700 m ergibt. Die Treppen sind wegen der tiefen Lage des Wagenfußbodens meist nur 4½ m hoch.

Die Züge bestehen aus 2 Wagen mit 50 Plätzen. Jeder Wagen hängt an 2 Drehgestellen, in deren hakenförmigen Tragarmen die Drehzapfen sitzen, so daß die Räder sich leicht in den Gleisbögen nach deren Mittelpunkt einstellen können. Sämtliche 4 Räder jedes Drehgestells werden durch einen Elektromotor angetrieben. Der Strom von 500 Volt Spannung wird mittels Schleifkontakte der Arbeitsleitung entnommen. Die größte Fahrgeschwindigkeit ist vorläufig auf 40 km in der Stunde festgesetzt und wird nach Angabe der Bahngesellschaft in etwa 15 Sekunden nach Abfahrt erreicht. Die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit (Aufenthalte eingerechnet) wird hiernach etwa 30 km in der Stunde betragen. Die Gesellschaft hofft, beide Geschwindigkeitswerte später um je 10 km erhöhen zu können, um den Vorteil des rascheren Anfahrens, den der elektrische Betrieb gegenüber dem Dampfbetrieb besitzt, voll auszunutzen zu können.

Die Stationssignale werden in ganz ähnlicher Weise wie auf der Budapester Untergrundbahn (S. 369) selbsttätig durch die Wagen gestellt.

Die Gleise laufen an den Endpunkten mittels einer Rückkehrschleife von nur 8 m Halbmesser ineinander über, so daß die Wagen nicht gedreht zu werden brauchen. Die gesamten Anlagekosten einschließlich Ausrüstung stellen sich etwa auf 700 000 Mark für 1 km, sind also wesentlich geringer als die der früher besprochenen Stadtbahnen. Die Langensche Schwebbahn ist ohne Frage eine der eigenartigsten Ausführungen. Auf anmutige Wirkung in ihrer äußeren Erscheinung kann sie allerdings ebensowenig Anspruch erheben wie alle anderen Hochbahnen, wenngleich sie noch eins der verhältnismäßig schmalsten und durchsichtigsten Trägergerüste aufweist. Außer der Elberfelder Schwebbahn ist zur Zeit noch eine kleine zweigleisige Bergbahn mit Seilbetrieb in Loschwitz bei Dresden im Bau. Ihre Länge beträgt 250 m, die Höherersteigung rund 80 m. Auch für Zahnschwebbahnen, Feldbahnen sowie namentlich für Schnellbahnen zwischen großen Städten plant die Schwebbahn-Gesellschaft (Mürnberg) ihre Bauart, die zweifellos ein sehr beachtenswertes Glied in der Entwicklung des Eisenbahnwesens bildet.

\* \* \*

Hiermit seien die Betrachtungen über das Eisenbahnwesen geschlossen. Der Leser wird aus ihnen erkennen, wie ungemein vielseitig sich die Ausbildung dieses einflußreichen Kulturmittels im Laufe noch nicht eines Jahrhunderts gestaltet hat. Lokomotive und Schiene haben durch alle Erdteile ihren glänzenden Siegeszug gehalten, haben der Menschheit gewaltige Dienste geleistet und ihr segensreichen Nutzen nach den verschiedensten Richtungen gebracht. In ungeschwächter Bedeutung gilt daher auch heute noch das Wort Buckles:

„Die Lokomotive hat mehr gethan, die Menschen zu vereinen, als alle Philosophen, Dichter und Propheten vor ihr, seit Beginn der Welt.“ —