

ORGAN

für die

FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS in technischer Beziehung.

Fachblatt des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge: LVII. Band.

Die Schriftleitung hält sich für den Inhalt der mit dem Namen des Verfassers versehenen Aufsätze nicht für verantwortlich.
Alle Rechte vorbehalten.

5. Heft. 1920. 1. März.

Die Gestaltung der Bogen im Eisenbahngleise.

Richard Petersen, Professor in Danzig.

Inhalt.

- I. Zusammenfassung der Ergebnisse.
- II. Fliehkraft.
- III. Spurweite.
- IV. Übergangsbogen.
- V. Die kubische Parabel.
- VI. Zeichnerische Darstellung, Berechnung, Absteckung.
 - A. Einfache Ablenkung.
 - B. Übergang zwischen Gegenbogen.
 - C. Übergang zwischen Bogen gleichen Sinnes.
 - D. Gleisverschwenkung.
- VII. Beispiele.
 - A. Aufgabe 1. Einfache Ablenkung.
 1. Übergangsbogen von kürzester Länge.
 2. Fortlaufend veränderliche Krümmung.
 - B. Aufgabe 2. Ablenkung um einen großen Winkel.
 - C. Aufgabe 3. Übergang zwischen Gegenbogen.
 - D. Aufgabe 4. Übergang zwischen Gegenbogen.
 - E. Aufgabe 5. Übergang zwischen Bogen gleichen Sinnes.
 - F. Aufgabe 6. Verschwenken eines Gleises.

Bezeichnungen.

- v = Geschwindigkeit = m/sek.
 V = " = km/st.
 H = Fliehkraft.
 G = Gewicht.
 g = Erdbeschleunigung = 9,8 m/sek².
 r = Halbmesser des Kreisbogens.
 r^0 = " am Ende des Übergangsbogens für $dy : dx = 0$.
 ρ = veränderlicher Halbmesser des Übergangsbogens.
 s = Spurweite.
 h = Überhöhung der äußeren Schiene.
 l = Länge des Übergangsbogens.
 $\left. \begin{matrix} a \\ m \\ n \end{matrix} \right\}$ aus Textabb. 27.
 $\left. \begin{matrix} t \\ g \end{matrix} \right\}$ aus Textabb. 36.
 γ = Winkel der Querneigung des Gleises gegen die Wagerechte.
 φ = Winkel der Mittelkraft aus Fliehkraft und Gewicht gegen das Lot.
 α = Winkel der Endberührenden des Übergangsbogens gegen die Längsachse.
 β = Winkel der Ablenkung = Winkel am Mittelpunkte des Gleisbogens.

I. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Fahrt der Züge durch Gleisbogen ist auf den bestehenden Bahnen im Allgemeinen nicht befriedigend. Die Unruhe der Fahrt ist erheblich größer als in der Geraden. Dabei sind zu unterscheiden:

1. Die Erschütterungen und Stöße aus ungenauer Gleislage, die durch deren Abweichungen von der richtigen entstehen.

2. Die Seitendrucke aus den Schwankungen der Mittelkraft aus Fliehkraft und Gewicht um die Gleismitte, die dadurch entstehen, daß die Geschwindigkeit nicht zu der vorhandenen Überhöhung paßt.

3. Die Stosswirkungen bei der Fahrt durch die Übergangsbogen.

Die Behebung der unter 1. genannten Einflüsse ist nur bis zu einem gewissen Grade möglich; sie findet ihren Ausdruck in dem Aufwande für Gleiserhaltung.

Für die Abmilderung der Einflüsse unter 2. und 3. sollen die nachfolgenden Erörterungen die maßgebenden Gesichtspunkte darlegen.

Behandelt ist zunächst die Frage der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in den Bogen mit Rücksicht auf die Fliehkraft, ferner, in Verbindung damit, die Frage der zulässigen Überhöhung.

Die zur Zeit geltenden Vorschriften können als die Grenze des Erreichbaren angesehen werden, wenn die Gleise mit Zügen sehr verschiedener Geschwindigkeit befahren werden.

Aus den Erfahrungen des Betriebes der bestehenden Bahnen kann man nach Abschnitt II für die zulässige Schwankung dieser Mittelkraft um die Gleismitte aufstellen (Textabb. 1):

$$\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \gamma \leq \pm 0,05.$$

Je enger die Grenzen der Geschwindigkeiten gefaßt werden können, mit denen ein bestimmter Bogen befahren wird, um so größer kann die Überhöhung genommen werden (Textabb. 5), und um so höher wird die zulässige Geschwindigkeit bei gegebenem Halbmesser (Textabb. 6 bis 8).

Bei Stadtschnellbahnen erscheint es beispielweise gegebenen Falles möglich, für 50 km st Geschwindigkeit mit dem Halbmesser äußersten Falles auf 125 m herab zu gehen.

Der zulässige kleinste Halbmesser eines Gleisbogens folgt a) aus der zulässigen Überhöhung, b) aus dem Achsstande der Fahrzeuge und der zulässigen Spurerweiterung, c) aus der erforderlichen Länge des Übergangsbogens.

Zu a) sind die vorstehenden Ergebnisse im Abschnitte II eingehend dargelegt.

Zu b) ist der kleinste Halbmesser für Hauptbahnen auf 180 m festgesetzt. Bei Bahnen, die nicht von Dampflokomotiven befahren werden, empfiehlt es sich, ausschließlich zweischellige

Fahrzeuge, Drehgestellwagen, zu verwenden; die geometrischen Rücksichten erlauben in diesem Falle sehr kleine Halbmesser. Besonders vorteilhaft ist ein Raddurchmesser von 800 mm, weil die Spurweite in den Bogen bei zweiachsigen Fahrzeugen mit solchen Rädern unverändert bleiben kann. Größere Durchmesser erfordern Erweiterungen, kleinere Verengungen der Spur gemäß Abschnitt III.

Zu c) erfolgt auf der Schwebbahn die Änderung der Gleichgewichtslage bei der Fahrt aus der Geraden in den Bogen als Pendelschwingung in der weichsten Art. Es hat sich gezeigt, daß die Dauer dieser Schwingung auf etwa 3 sek bemessen werden muß, damit sie von den Fahrgästen nicht unangenehm empfunden wird.

In den Übergangsbogen der Standbahnen erfolgt die Drehung der Gleichgewichtslage zwangweise. Soll die Bewegung nicht zu heftig wirken, muß die Fahrzeit durch den Übergangsbogen länger sein, als bei der Schwebbahn; nach Schätzung genügen 3,6 sek. Daher muß die Länge l des Übergangsbogens in Metern mindestens gleich der Fahrgeschwindigkeit in km, st sein:

$$l^m \geq V \text{ km/st,}$$

für die Bogen der Neigungswechsel dürfte die halbe Fahrzeit genügen.

Die Übergangsbogen sind demnach bisher meist zu kurz gemacht worden.

Es genügt nicht, für die Ausrundung eines Wechsels der Richtung oder Neigung einen Mindesthalbmesser vorzuschreiben, vielmehr muß die Länge der Berührenden g (Textabb. 36) zu dem Kreise des kleinsten Halbmessers beim Wechsel der Richtung mindestens $0,5 V$, bei dem der Neigung mindestens $0,25 V$ betragen, damit die Länge des Übergangsbogens $= V$ oder $0,5 V$ werden kann.

Die bisherige Zusammensetzung der Gleislinien aus Geraden und Kreisbogen mit dazwischen geschalteten kurzen Übergangsbogen ist vorteilhaft nur für die Arbeit auf dem Zeichenbrette und für die Absteckung im Gelände, sie ist aber ein sehr grobes und unbeholfenes Mittel für den Zweck, ruhige Fahrt der Züge zu erreichen.

Die Untersuchung führt nach Abschnitt IV zu dem Ergebnisse, daß es besser ist, alle Richtungswechsel von kleineren Winkeln mit allmählich abnehmender Krümmung anzulegen und Kreisbogen erst bei größeren Winkeln einzufügen.

Es wird gezeigt, daß diese Lösung ohne Vermehrung der rechnerischen Arbeit und ohne Erschwerung der Darstellung und der Absteckung möglich ist.

Besonders geeignet für die Herstellung von Gleisbogen mit fortlaufend veränderlicher Krümmung ist die kubische Parabel und zwar gerade in dem Teile, der für die Übergangsbogen bisher nicht benutzt wurde. Die kubische Parabel ergibt ausgezeichnete Gleisbogen bis zu einem Winkel ihrer Endberührenden von etwa 24° . Demgemäß empfiehlt es sich, Richtungswechsel bis 48° aus kubischen Parabeln zu formen, dann erst Kreisbogen einzufügen.

Bisher ist die kubische Parabel wegen der Schwierigkeit, ihren Krümmungshalbmesser als Abhängige der Länge darzustellen, nur in sehr unvollkommener Weise benutzt worden. In Abschnitt V wird gezeigt, wie man diese Schwierigkeit beseitigen

kann. Zwischen der Ablenkung, der Achsenlänge des Übergangsbogens und dem Halbmesser besteht die Beziehung:

$$l:r = 2 \operatorname{tg} \alpha \cdot \mu.$$

Die Gleichung der kubischen Parabel (Textabb. 27) lautet:

$$y = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{x^3}{6rl},$$

darin ist

$$\mu = \frac{1}{(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)^{3/2}}.$$

Ferner sind wichtig nach Textabb. 27 die Mafse a und m , letzterer Wert allerdings nur für die Darstellung, denn die Absteckung des anschließenden Kreisbogens geschieht am besten von der gemeinsamen Endberührenden aus. Diese hat die bequeme Eigenschaft, daß sie die Anfangsberührende im zweiten Drittel der Länge schneidet.

Da alle kubischen Parabeln mit demselben Winkel α einander ähnlich sind, braucht man die Werte: μ , $1:\mu$, $l:r$, $r:l$, $a:l$, $m:r$, $m:n$ mit Bezug auf die Werte

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,01 \dots 0,02 \dots 0,45$$

nur einmal zu berechnen. Das ist in Zusammenstellung VI geschehen und in den Textabb. 29 bis 34 dargestellt. Mit ihrer Hilfe erfordert die Ausrechnung, Darstellung und Absteckung bei Gleisbogen mit fortlaufend veränderlichem Halbmesser keine größere Arbeit als das bisher übliche Verfahren.

Für das Verlegen des Oberbaues ist es gleichgültig, ob die Bogen einen festen oder veränderlichen Halbmesser haben, denn das Verlegen geschieht nach den abgesteckten Festpunkten. Daß es sich empfiehlt, diese dauernd festzulegen, ist nichts Neues, das hat sich auch schon beim bisherigen Verfahren als nötig erwiesen.

Die Abschnitte II bis V enthalten die Begründung und weitere Ausführung der vorstehenden Ergebnisse, in Abschnitt VI ist das Verfahren der Berechnung erläutert, Abschnitt VII enthält einige Beispiele.

II. Fliehkraft.

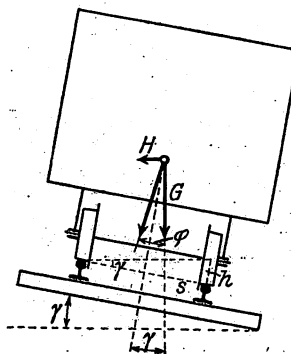
Zwischen Fliehkraft und Gewicht bestehen nach Textabb. 1 die Beziehungen:

$$H = \frac{G v^2}{g r}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{H}{G} = \frac{v^2}{9,81 r} = \frac{V^2}{127 r}, \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{s}.$$

Für eine bestimmte Geschwindigkeit V ist die Überhöhung h der äußeren Schiene

$$h = \frac{V^2}{127 r} s.$$

Abb. 1.



Dieser Ausdruck wird beispielweise angewendet in Bayern bei regelspurigen Nebenbahnen mit $V = 30$ km/st. Er versagt bei den großen Unterschieden der Geschwindigkeit der Hauptbahnen zwischen Güter- und Schnell-Zügen. Hierfür hat man mittlere Überhöhungen gewählt.

Zusammenstellung I gibt die nach der Deutschen Eisenbahn-Bau und Betriebsordnung zugelassenen Höchstgeschwindigkeiten und die nach den preussischen Oberbauvorschriften festgesetzten größten Überhöhungen. Aus ersteren

kann man die zugehörigen Werte $\text{tg } \varphi$, aus letzteren $\text{tg } \gamma$ ermitteln.

Der Unterschied $\text{tg } \varphi - \text{tg } \gamma$ ergibt die zulässige Abweichung der Mittelkraft aus Fliehkraft und Gewicht von der Rechtwinkligen in der Mitte der Gleisebene.

Zusammenstellung I.

1	2	3	4	5	5-4
r	V	h	$\text{tg } \gamma$	$\text{tg } \varphi$	
m	km/st	mm			
100	25	125	0,083	0,049	- 0,034
120	30	125	0,083	0,059	- 0,024
150	40	135	0,090	0,084	- 0,006
180	45	125	0,083	0,089	0,006
200	50	125	0,083	0,098	0,015
250	60	120	0,080	0,113	0,033
300	65	110	0,073	0,111	0,038
400	75	95	0,063	0,111	0,048
500	80	80	0,053	0,101	0,048
600	85	70	0,047	0,095	0,048
700	90	65	0,043	0,091	0,048
800	95	60	0,040	0,089	0,049
900	100	55	0,037	0,088	0,051
1000	105	55	0,037	0,087	0,050
1100	110	50	0,033	0,087	0,054
1200	115	50	0,033	0,087	0,054
1300	120	45	0,030	0,087	0,056

Die Zahlenwerte der Zusammenstellung I beruhen auf alter Erfahrung. Stets ist das Bestreben vorhanden gewesen, die Geschwindigkeiten in den Bogen zu steigern, stets aber hat sich eine weitere Erhöhung als unzulässig erwiesen.

Abb. 2.

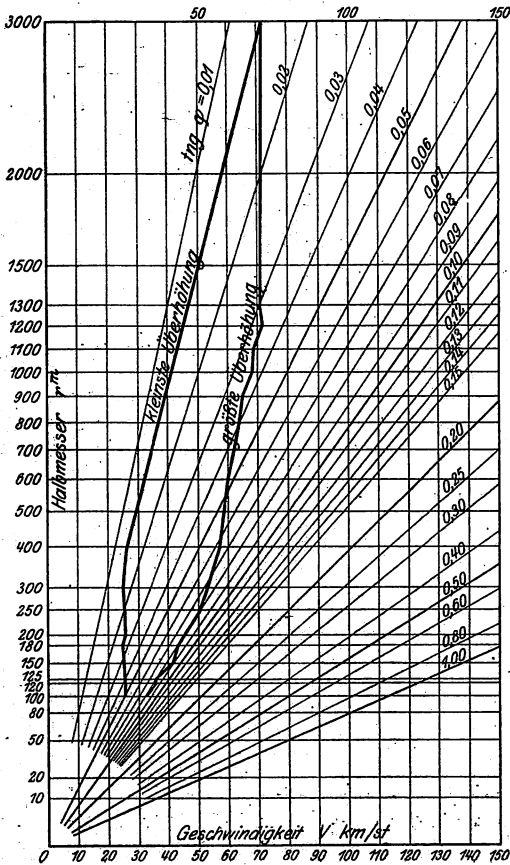


Abb. 3.

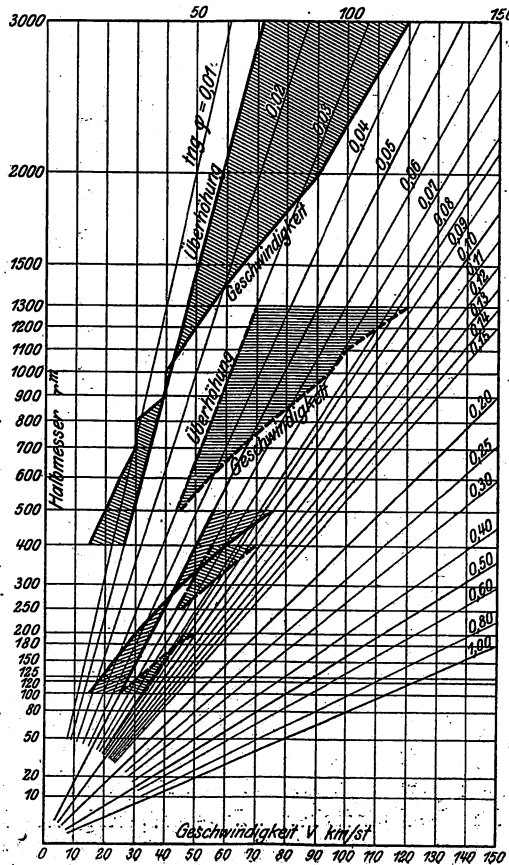
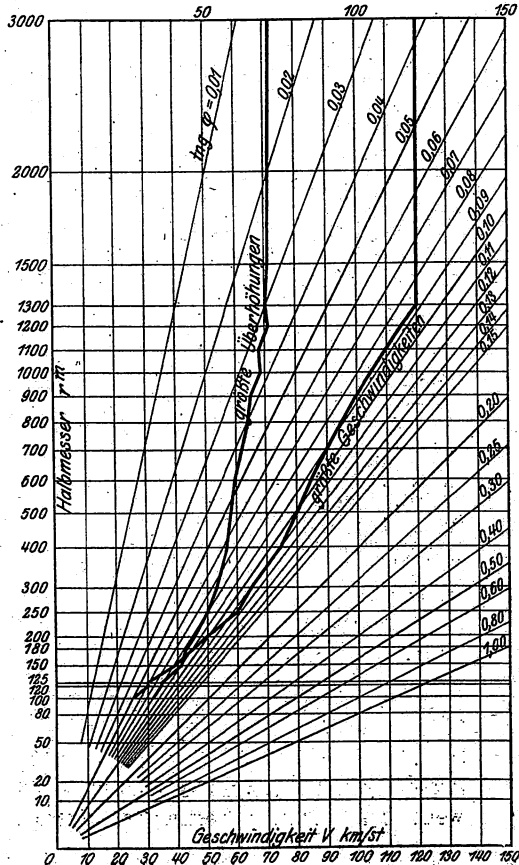


Abb. 4.



Aus den Werten folgt, daß die Mittelkraft aus Fliehkraft und Gewicht nach den Erfahrungen der Deutschen Bahnen nur um einen Winkel von der Rechtwinkligen zur Gleisebene abweichen darf, der durch

$$\text{tg } \varphi - \text{tg } \gamma \leq \pm 0,05$$

bestimmt wird.

Bemerkenswert ist dabei, daß die zugelassene Schwankung für kleine Halbmesser von 300 bis 180 m, auf die es besonders ankommt, noch kleiner ist. Die über 0,05 hinausgehenden Werte beziehen sich auf Geschwindigkeiten ≥ 100 km/st, die nur ausnahmsweise vorkommen und noch nicht ausreichend erprobt sind.

In Textabb. 2 ist die Beziehung $V^2 = \text{tg } \varphi \cdot 127 \cdot r$ so dargestellt, daß parabolische Linien vermieden wurden. Dazu diente die Umformung $V = \sqrt{\text{tg } \varphi} \cdot \sqrt{127} \cdot \sqrt{r}$. Die Fahrgeschwindigkeiten 0 bis 150 km/st sind als Längen, die Wurzeln der Halbmesser 0 bis 3000 m als Höhen aufgetragen, das Strahlenbündel liefert die zugehörigen Werte $\text{tg } \varphi$; beispielweise liefern 80 km/st und 250 m die Neigung der Mittelkraft $\text{tg } \varphi = 0,20$.

In Textabb. 2 sind nun auch die größten und kleinsten Überhöhungen nach den preussischen Oberbauvorschriften eingetragen. Textabb. 3 enthält dasselbe Grundnetz, außerdem die zugelassenen Höchstgeschwindigkeiten für mehrere Überhöhungen, Textabb. 4 außer demselben Grundnetze die zugelassenen größten Überhöhungen mit den zugelassenen Höchstgeschwindigkeiten, alle nach den preussischen Oberbauvorschriften.

Nach Textabb. 3 ist schon für $\text{tg } \varphi - \text{tg } \gamma = 0,013$ eine Überhöhung wünschenswert, im Allgemeinen wird die einseitige Schwankung der Mittelkraft kleiner gehalten, als 0,05. Nach Textabb. 4 liegen die größten Überhöhungen im Mittel um $\text{tg } \gamma = 0,05$, die Höchstgeschwindigkeiten um $\text{tg } \varphi \sim 0,10$.

Wenn man nun eine bestimmte Geschwindigkeit immer genau einhalten könnte, so dürfte man die Querneigung des Gleises beliebig stärker wählen und den Halbmesser entsprechend verringern. Diese Überlegung regt die Frage an:

Zwischen welchen Grenzen darf die Geschwindigkeit V bei gegebenem Halbmesser r und gegebener Querneigung $\text{tg } \gamma$ schwanken? Die Antwort liegt in: $\text{tg } \varphi = \text{tg } \gamma \pm 0,05 = \sqrt{V^2 : (127 \cdot r)}$, $V = \sqrt{127 \cdot r} \cdot \sqrt{\text{tg } \gamma \pm 0,05}$, bei gegebenem Halbmesser r steht V in geradem Verhältnisse zu $\sqrt{\text{tg } \gamma \pm 0,05}$.

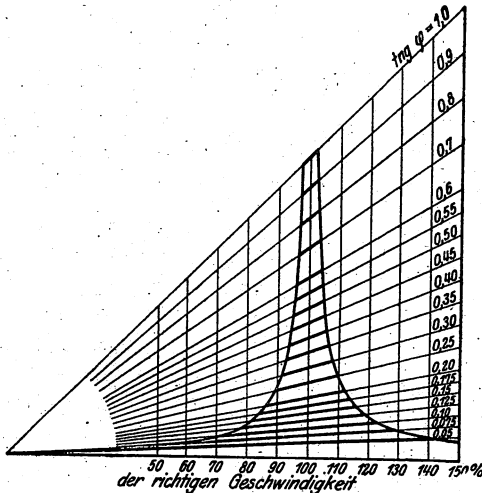
Bezeichnet man die Geschwindigkeit für $\text{tg } \varphi = \text{tg } \gamma$ mit $V_1 = 100\%$, so ergeben sich die Grenzwerte der zulässigen Geschwindigkeit mit Bezug auf die Querneigung des Gleises nach Zusammenstellung II.

Zusammenstellung II.

Zulässig ist $\text{tg } \gamma =$	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	1,00
\geq	0	58	71	81	87	89	91	92	93	95	97,5
bei $V\%$ von V_1											
\leq	141	129	123	115	112	110	108	107	106	104	102,5

In Textabb. 5 sind diese Querneigungen dargestellt und auf jeder die zulässigen Grenzen der Geschwindigkeit bezeichnet, wobei die Geschwindigkeiten als Längen aufgetragen sind.

Abb. 5.



Werden diese Grenzen überschritten, so werden die Seitenkräfte für die Insassen der Wagen größer, als bei den Hauptbahnen. Will man beispielsweise einen Bogen von $r = 125$ m mit 50 km/st befahren, so ist nach Textabb. 2 bis 4 die Querneigung $\text{tg } \gamma = 0,157$ erforderlich. Das ist nach Zusammenstellung II zulässig, wenn die Geschwindigkeit zwischen 81 und 115% von 50 km/st, also zwischen 40 und 58 km/st bleibt. Ist das nicht sicher, so ist $\text{tg } \gamma = 0,157$ nicht zulässig.

Da solche Sicherheit meist nicht besteht, so ist es in der Regel auch bei Bahnen, auf denen nur Züge einer Geschwindigkeit fahren, wie bei Stadtschnellbahnen, nicht zulässig, allgemein erheblich stärkere Querneigungen anzuwenden, als bei den Hauptbahnen. In besonderen Fällen ist die Verkleinerung des Halbmessers unter Anwendung starker Querneigung aber angängig, wenn die Wahrung bestimmter Grenzen der Geschwindigkeit

unter der höchst zugelassenen nach oben und unten verbürgt ist. Solche Fälle sind denkbar bei Stadtschnellbahnen am oberen Ende einer Rampe dicht vor einer Haltestelle.

Eine selten vorkommende Unterschreitung der mindesten Geschwindigkeit ist dabei weniger bedenklich, als eine Überschreitung der höchsten, denn das Umkippen des Zuges nach innen beim Stillstande kommt bei der fraglichen Querneigung noch nicht in Betracht.

Für $\text{tg } \gamma = 0$, Gleise ohne Querneigung, folgt in diesem Falle $\text{tg } \varphi = 0,05$, die Bogen können also (Textabb. 2 bis 4) ohne Überhöhung angelegt werden, beispielweise bei $V = 40$ km/st, wenn $r =$ mindestens 250 m ist.

Auch diese Überlegung dürfte mit den Erfahrungen des Betriebes darin gut übereinstimmen, daß der Größtwert der zulässigen Schwankung der Mittelkraft aus Fliehkraft und Gewicht um die Mitte des Gleises mit $\pm 0,05$ nicht zu klein bemessen ist, man kann vielleicht darüber streiten, ob man besser mit $0,04$ oder $0,06$ rechnet. Keines Falles aber könnte beispielweise $0,10$ in Betracht kommen, denn das würde besagen, daß die Überhöhungen der Hauptbahnen überflüssig seien.

Die auf den Hauptbahnen vorgeschriebenen Überhöhungen entsprechen den am häufigsten vorkommenden mittleren Geschwindigkeiten der Reisezüge von 50 bis 70 km/st (Textabb. 2), und sie sind durchaus zweckentsprechend in verschiedenen Bogen verschieden bemessen.

Für andere Verhältnisse: kleinere Halbmesser und engere Grenzen der Geschwindigkeiten ergeben die Erfahrungen auf den Hauptbahnen etwa die Festsetzungen nach Zusammenstellung III als zweckmäßig.

Zusammenstellung III.

r m	$\text{tg } \gamma = 0,05$			0,08			0,125		
	V km/st			V km/st			V km/st		
	von	bei $\text{tg } \varphi = \text{tg } \gamma$	bis	von	bei $\text{tg } \varphi = \text{tg } \gamma$	bis	von	bei $\text{tg } \varphi = \text{tg } \gamma$	bis
10	0	8	11	6	10	12,5	9,5	12,5	15
40	0	16	22	12	20	25	19	25	30
90	0	24	33	18	30	37,5	28,5	37,5	45
160	0	32	44	24	40	50	38	50	60
250	0	40	55	30	50	62,5	47,5	62,5	75
360	0	48	66	36	60	75	57	75	90
490	0	56	77	42	70	87,5	66,5	87,5	105
640	0	64	88	48	80	100	76	100	120
810	0	72	99	54	90	112,5	85,5	112,5	135
1000	0	80	110	60	100	125	95	125	150

Die mittlere Spalte jeder Hauptspalte entspricht der richtigen Lage der Mittelkraft. Diese Werte sind in Textabb. 6 bis 8 dargestellt.

Bei den Hauptbahnen wird für die großen Halbmesser bis herab zu $r = 500$ m eine Querneigung des Gleises mit $\text{tg } \gamma < 0,05$ angewendet, bei kleineren Halbmessern bis $r = 250$ m steigt $\text{tg } \gamma$ bis auf $0,08$, bei $r \leq 200$ m wird $\text{tg } \gamma = 0,083$, wobei die Überhöhung 125 mm beträgt.

Eine noch größere Querneigung, etwa mit $\text{tg } \gamma = 0,125$, $h = 187$ mm, ist demnach bei Gleisen für Güter- und Schnellzüge ausgeschlossen, dagegen ist sie gegebenen Falles für Stadt-

schnellbahnen anwendbar. Für diese kommen nach Schätzung bei Regelspur äußerste Überhöhungen von etwa 200 mm entsprechend $\text{tg } \gamma = 0,133$ in Betracht.

Abb. 6.

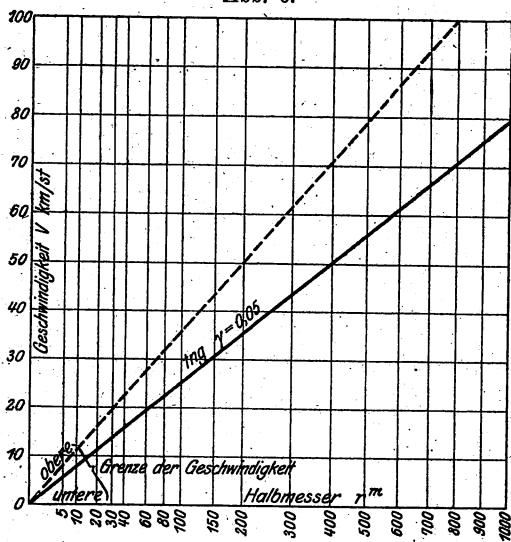


Abb. 7.

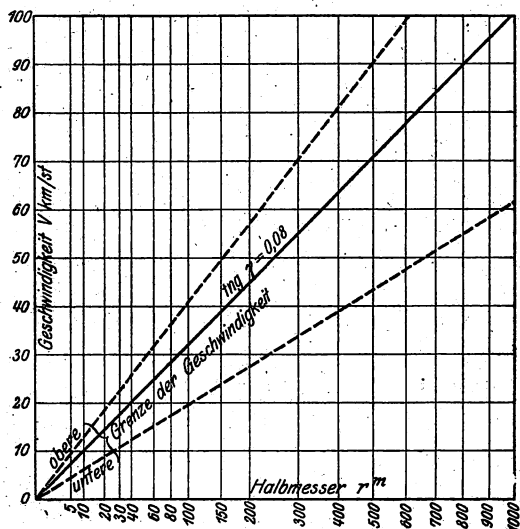
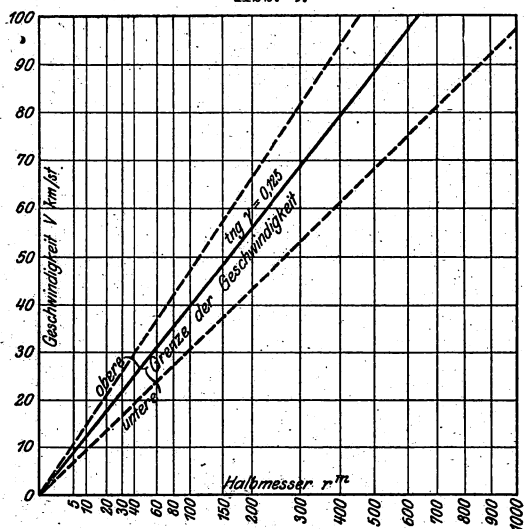


Abb. 8.



Für die Höchstgeschwindigkeit $V = 50$ km/st kann bei einer Stadtschnellbahn unter den obigen Einschränkungen

betreffs der Grenzen der Geschwindigkeit der Halbmesser nötigen Falles bis auf 125 m herabgesetzt werden, dabei wird $\text{tg } \gamma = 0,157$, $h = 235$ mm. $r = 100$ m bei $V = 50$ km/st mit $\text{tg } \gamma = 0,20$, $h = 300$ mm wird dagegen kaum erreichbar sein. Um noch schärfere Bogen mit dieser Geschwindigkeit befahren zu können, muß man von der Standbahn zur Schwebbahn übergehen.

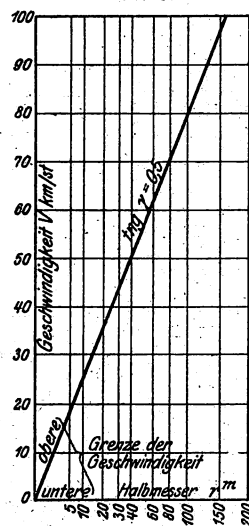
Nach den Versuchen, die vor der Ausführung der Schwebbahn Barmen-Elberfeld auf einer Versuchstrecke bis zu $\text{tg } \varphi = 0,46$, $\varphi = 25^\circ$ angestellt sind*), erscheint bei der Schwebbahn eine Neigung der Mittelkraft bis $\text{tg } \varphi = 0,50$ unbedenklich. Weiter wird man auch schon des Baues wegen kaum gehen können, da zwischen den Grenzlagen des Wagenurisses noch Raum für die Unterstützung des Schienenträgers bleiben muß.

Daraus ergeben sich die zulässigen Geschwindigkeiten bei der Schwebbahn nach Zusammenstellung IV (Textabb. 9).

Zusammenstellung IV.

r^m	V km/st
10	0 bis 25
40	0 „ 50
90	0 „ 75
160	0 „ 100

Abb. 9.



Da sich das Fahrzeug selbsttätig in die der Geschwindigkeit entsprechende Neigung einstellt, fällt hier die untere Grenze der zulässigen Geschwindigkeit auf 0, während bei einer Standbahn mit $\text{tg } \gamma = 0,50$ die Geschwindigkeit nur mit etwa $\pm 4\%$ von der richtigen abweichen dürfte, was unerreichbar ist. Deshalb ist auf der Standbahn die Querneigung $\text{tg } \gamma = 0,50$ ausgeschlossen. Hieraus ergibt sich die Bedeutung der Schwebbahn als großstädtische Schnellbahn.

Sobald ein wechselweiser Zugübergang mit anderen Linien nicht in Betracht kommt, wie meist bei Stadtschnellbahnen, ist die Schwebbahn der gewöhnlichen eisernen Standhochbahn überlegen. Sie läßt sich wegen der schmalern und luftigern Bauweise durch engere Straßenzüge führen und kommt um Ecken mit 50 m Halbmesser herum. Sie ist also in manchen Fällen noch als Hochbahn ausführbar, wo die Standbahn als Untergrundbahn geführt werden müßte. Die Schwebbahn wird daher in manchen Fällen die vorteilhafteste Anlage sein.

III. Spurweite.

Auf den deutschen Hauptbahnen wird der kleinste Halbmesser der Bogen durch den Achsstand von drei- und mehrachsigen Lokomotiven und die Bestimmung der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung bestimmt, daß die Spurerweiterung 30 mm nicht übersteigen darf.

*) Abschnitt IV.

Demgemäß sind Bogen unter 180 m Halbmesser auf den Hauptbahnen nicht zulässig. Umgekehrt müssen die Achsstände der Wagen und Lokomotiven durch Querverschieblichkeit einzelner Achsen der Bedingung angepaßt werden, daß die Spurerweiterung bei $r = 180$ m höchstens 30 mm beträgt.

Bei elektrisch betriebenen Bahnen kann man nun vielfach mit zweiachsigen Fahrzeugen, Drehgestellen, auskommen. Bei solchen ist es möglich, eine einfache Beziehung zwischen Halbmesser, Achsstand, Raddurchmesser und Spurerweiterung zu entwickeln.

Abb. 10.

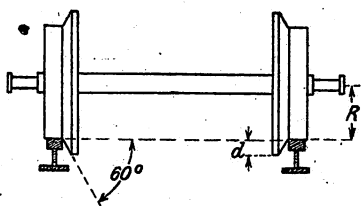
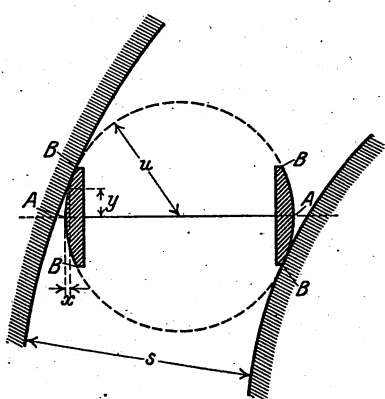


Abb. 11.



BA B eine Hyperbel. Wenn man nun durch die drei Hyperbelpunkte B A B einen Kreis vom Halbmesser u legt, so ist der in Textabb. 11 gezeichnete Fall denkbar, daß $2u = s$, der Durchmesser dieses Kreises gleich der Spurweite wird. Dann liegt in den Bogen kein Anlaß zur Änderung der Spur vor.

Bezeichnet man mit x und y Längen und Höhen der Hyperbel, so ergeben sich zum Beispiel für die Raddurchmesser 600, 800 und 1000 mm die Werte der Zusammenstellung V.

Dem Abstände x entspricht die Höhe der Radflanschen $d = x \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 1,73 x$.

Da d nach den bestehenden Vorschriften zwischen 25 und 36 mm liegen muß, genügt es, die Halbmesser u für $x = 15$ bis 20 mm zu betrachten.

Die Bedingung $2u = s = 1435$ wird für etwa 800 mm Raddurchmesser erfüllt. Die Regelspur kann also in Geraden

Man denke sich der Einfachheit halber (Textabb. 10 und 11) den Radreifen walzenförmig, den Radflansch unter 60° gegen die Wagerechte geneigt und die Schiene in der Oberfläche wagerecht, in der Seitenfläche senkrecht. Die wirklichen Formen des Radreifens und der Schiene ergeben nur Verrückungen der nachfolgend erörterten Berührungslinie. Man denke sich ferner einen wagerechten Schnitt durch die Radflanschen in Höhe von Schienenoberkante. Dann ist die Umrisslinie des abgeschnittenen Radreifens

Reinigung des Dampfes für Lokomotiven und deren Wirtschaft.

Ewald Mees, Regierungsbaumeister a. D. in Kirchen, Sieg.

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 4, Tafel 6 und Abb. 1 und 2, Tafel 7.

Unter den Bauteilen der Lokomotive hat die Vorrichtung zum Reinigen des Kesseldampfes, besonders von dem mitgerissenen Wasser, bezüglich der Vervollkommnung nicht gleichen Schritt mit den übrigen, einer großen Vollendung nahe geführten gehalten; hier ist noch eine Verbesserung der Wirtschaft der Lokomotive erreichbar.

Zusammenstellung V.

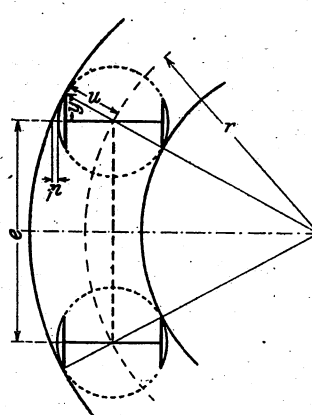
$2 R$ mm	x mm	y mm	$u = (y^2 : 2 x)$ mm	d mm = $1,73 x$
600	5	72,5	523	8,7
	10	103,5	530	17,3
	15	127,3	540	26,0
	20	148,1	550	34,6
800	5	83,7	700	8,7
	10	119,2	710	17,3
	15	146,3	715	26,0
	20	169,7	720	34,6
1000	5	93,5	875	8,7
	10	132,7	880	17,3
	15	163,4	890	26,0
	20	189,2	895	34,6

und Bogen unabhängig vom Achsstand beibehalten werden, wenn nur zweiachsige Fahrzeuge, Drehgestelle, mit etwa 800 mm Raddurchmesser verwendet werden. Bei größeren Raddurchmessern ist Erweiterung, bei kleineren Verengung der Spur erforderlich.

Daher empfiehlt es sich beispielweise, den Raddurchmesser für elektrische Triebwagen der Stadtschnellbahnen und Straßenbahnen = 800 mm zu machen, zumal dieses Maß auch mit Rücksicht auf die üblichen Drehzahlen der Triebmaschinen zweckmäßig ist.

Der kleinste zulässige Halbmesser r ergibt sich dabei nach Textabb. 12 für die Flanschenhöhe von rund 25 mm und den Achsstand e nach $2 r : e = u : y = 715 : 146 =$ rund 5 mit $r =$ rund 2,5 e .

Abb. 12.



Dabei wird der Abstand des Radflansches von der Schiene gemessen in der Radachse $p < 17$ mm (Textabb. 12). Das wäre zulässig.

Ein Halbmesser $r = 2,5 e$ kommt allerdings schon wegen der großen Abnutzung von Radreifen und Schienen nicht in Betracht. Aber es ist doch namentlich für Weichen wichtig, daß mit Rücksicht auf diese räumlichen Beziehungen sehr kleine Halbmesser r zulässig sind. Keines Falles bilden diese Beziehungen ein Hindernis, mit dem Halbmesser r auf die untere, durch die Fliehkraft bedingte Grenze zu gehen. (Schluß folgt.)

Die Rückständigkeit dieser Bauteile ist aus der versteckten Lage im Innern des Kessels zu erklären, die nur grobe Mängel sichtbar werden läßt und die scharfe Beobachtung erschwert, und doch ist die durch das Mitreißen von Wasser verursachte Beeinträchtigung der Wirtschaft und Sicherheit der Lokomotive so wesentlich, daß sie alle Beachtung verdient. Die Unzuläng-

lichkeit ist auch wesentlich mit dadurch veranlaßt, daß für eine genaue Beurteilung dieser Frage hinreichende Grundlagen fehlen, da einwandfreie Messungen der Dampfmasse während des Betriebes nicht durchführbar sind; man weiß nur, daß im Lokomotivkessel, der zu den hoch beanspruchten gehört, beträchtliche Mengen Wasser übergerissen werden. Gegenüber ortfesten Kesseln mäßiger Beanspruchung mit 3 bis 6 % Wasser im Dampf muß man bei Lokomotiven mit wesentlich höherem Gehalte rechnen. Die Lokomotiven verhalten sich bezüglich des Mitreisens von Wasser je nach den Verhältnissen des Betriebes sehr verschieden. Bei unreinem, schäumendem Speisewasser, bei starker Anstrengung des Kessels, hohem Wasserstande, schlechter Gleislage, beim Anfahren, beim Schleudern und bei ungeschickter Handhabung des Reglers werden bis zu 30 % und mehr Wasser mitgerissen, und so bei Nafsdampf bis 9 % Heizstoff durch nutzlose Erwärmung dieses Wassers auf den Grad des hochgespannten gesättigten Dampfes vergeudet.

Die landläufige Ansicht, daß das Überreißen von Wasser bei Heißdampf nicht oder wenig schade, da das Wasser im Überhitzer noch verdampft werde, ist nicht richtig. Der für dieses Verdampfen erforderliche Teil des Überhitzers geht für die Überhitzung verloren und bedeutet wegen der schlechtern Leitfähigkeit des Dampfes für Wärme gegenüber Wasser keinen entsprechenden Gewinn für die Heizfläche des Kessels. Man muß daher die Fläche des Überhitzers beträchtlich größer ausführen, als für die bloße Überhitzung nötig wäre, und dieser Teil der ganzen Heizfläche ist größten Teiles als verloren anzusehen. Trotz dieser zusätzlichen Heizfläche des Überhitzers, die nur für die durchschnittliche Nässe des Dampfes bemessen werden kann, wird die Überhitzung doch noch oft durch die Menge des übergerissenen Wassers beeinträchtigt, ja in ungünstigen Fällen verhindert. Bei der Wichtigkeit der Ausgaben für die Heizung der Lokomotiven im Haushalte der Eisenbahnen ist die Beseitigung der genannten Verluste durch bessere Reinigung des Dampfes eine lohnende Aufgabe.

Ebenso wichtig, wie die Ersparung von Heizstoff, ist die durch Reinigen des Dampfes erreichbare Erhöhung der Leistung der Lokomotiven, die durch den Grad der Nässe des Dampfes begrenzt ist, namentlich bei höchster Belastung des Kessels, bei der sein Wirkungsgrad schon herabgesetzt ist. Je vollkommener ein Wasserabscheider wirkt, desto mehr erhöht er die Leistung des Lokomotivkessels durch die Möglichkeit der stärkern Beanspruchung der Heizfläche.

Auch für die Sicherheit des Betriebes ist die Reinigung des Dampfes vom Wasser wegen der Wasserschläge von Bedeutung. Diese Gefahr ist bei den t-Lokomotiven mit Flachschiebern bei aufmerksamer Bedienung gering; durch die allgemeinere Einführung von T-Lokomotiven ist sie aber gewachsen, da sich diese in dieser Beziehung ungünstiger verhalten. Hier ist namentlich beim Anfahren die Gefahr des Überreisens größerer Wassermassen in die Zylinder wesentlich größer, da der Druckabfall durch das plötzliche Zuschalten des Überhitzerraumes und der größeren Zylinderräume zu dem Dampfraum des Kessels beim Öffnen des Reglers stärker ist. Die Kolbenschieber der Heißdampflokomotive erhöhen noch die durch Wasserschläge entstehende Gefahr trotz der Sicherheitventile der Zylinder.

Schädlich sind nicht nur die offenkundigen Wasserschläge, die zu Brüchen führen, sondern auch die unbemerkten Wasserschläge, und es ist anzunehmen, daß die höheren Kosten der Erhaltung der Triebwerke der T-Lokomotiven auf diese zurückzuführen sind.

Bezeichnend für die Wertschätzung der gebräuchlichen Wasserabscheider ist, daß an anderer Stelle*) unter den Mitteln zur Verminderung der Wasserschläge Wasserabscheider nicht genannt sind, trotzdem doch der Versuch nahe liegt, den Dampf von dem mitgerissenen Wasser vor dem Verlassen des Kessels zu befreien.

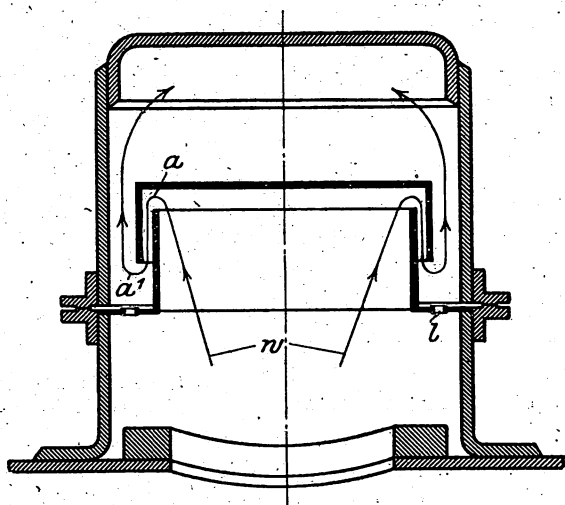
Auch die Verunreinigung des Dampfes durch feste Schlamm- und Staub-Teile aus der Ausscheidung von Kesselstein oder durch Salze aus künstlichem Weichmachen des Wassers kommt in Betracht, wenn sie auch hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Nachteile erst in zweiter Linie steht; ihre Schädlichkeit wird jedoch meist unterschätzt. Bei ortfesten Dampfmaschinen ist die erhebliche Schädlichkeit dieser Beimengungen zum Dampf, namentlich seit der Einführung der Überhitzung und der Dampfturbinen festgestellt, da hier die Nachteile besonders hervortreten. Man hat gelegentlich gefunden, daß von gleichen Dampfmaschinen die eine wegen schlechtern Speisewassers und der dadurch hervorgerufenen stärkern Verunreinigung des Dampfes mit festen Teilen wesentlich höhere Abnutzung der Zylinder und höhern Verbrauch an Zylinderöl aufwies als die andere. Bei Dampfturbinen werden die Schaufeln abgenutzt oder verkrustet und dadurch wird der Verbrauch an Dampf gesteigert. Diese Erfahrungen führen zu der Annahme von Schädigungen auch der Lokomotiven, besonders bei Verwendung von Heißdampf, zumal man in der Wahl des Speisewassers oft wenig frei ist. Hier entstehen hauptsächlich Ablagerungen auf den inneren Flächen der Überhitzer, die den Durchgang der Wärme erschweren und Wirkung und Lebensdauer der Überhitzer beeinträchtigen. Nach einer Mitteilung der Heißdampf-Gesellschaft Schmidt in Kassel kann bei starker Beimischung von Soda zum Kesselwasser eine sehr nachteilige Ablagerung von Salzteilen eintreten, die gelegentlich zum Zusetzen der Röhre geführt hat. Besonders bei Klein-Rauchrohrüberhitzern sind solche nachteiligen Wirkungen beobachtet.

Der Beurteilung der gebräuchlichen Vorrichtungen zum Reinigen des Dampfes und zum Abscheiden des Wassers soll der Kappenentwässerer (Textabb. 1) als Beispiel zu Grunde gelegt werden, der unter anderen bei den preussisch-hessischen Staatsbahnen immer noch allgemein angewendet wird, obwohl er von Fachleuten schon mehrfach verurteilt wurde. Dessen Wirkung beruht darauf, daß der Dampf auf seinem Wege w. zum Regler zweimal zu plötzlicher Umkehrung seiner Richtung gezwungen wird. An diesen Kehren soll das Wasser durch seine größere Trägheit abgeschleudert werden und den Dampfweg verlassen. Das so bei a abgeschiedene Wasser trifft größtenteils auf die Innenwand der Kappe und fließt an dieser mit dem Dampf nach unten. Schon bei dem schnellen Hinstreichen des Dampfes über die nasse Blechwand wird ein Teil des ausgeschleuderten Wassers wieder aufgenommen. Das übrige vom untern Teile der Kappe abtropfende Wasser muß den

*) Organ, 1911, S. 101.

Dampfstrom kreuzen, und geht dabei ebenfalls zu großem Teile wieder in den Dampfstrom über. Das den Dampfstrom bei a^1 wirklich verlassende Wasser sammelt sich im untern Teile des Abscheiders, und soll durch die Löcher l im Bodenbleche in

Abb. 1. Kappenentwässerer.



den Kessel zurück fließen, was aber nicht ungehindert möglich ist. Der über den Löchern l herrschende Unterdruck gegen den Kesseldruck saugt Dampf durch die Löcher nach oben, der das abfließende Wasser im Gegenströme teilweise wieder in den Dampf überführt. Erst nach Schluß des Reglers, also Ausgleich des Unterdruckes, kann das angesammelte Wasser ungehindert in den Kessel zurückfließen. Die gerügten Mängel treten bei hoher Leistung besonders stark auf; die Vorkehrung kann sogar schädlich wirken, wenn sich mehr Wasser in dem Abscheider sammelt, als durch die Löcher l abfließen kann. Dann entsteht auf dem Bodenbleche ein stark bewegtes Wasserbad.

Vielfache Vorschläge für Verbesserung*) haben bislang wenig Erfolg gehabt, weil man diesem Gegenstande geringe Beachtung zuwendet und weil geeignete Einrichtungen ziemlich erheblichen Aufwand an schwierig herzustellenden Schaufeln, schraubenförmigen Führflächen, Raum und anderen Erfordernissen bedingen.

Neben den Grundsätzen des Ablenkens und Anstossens, wie in der beschriebenen Entwässerungskappe, kann besonders die Fliehkraft, wie auf anderen Gebieten der Technik, ausgenutzt werden. Nach dem Vorbilde der einfachen und gut wirkenden Abscheider von Staub**) ist der hier zu beschreibende Wasser- und Schlamm-Abscheider entstanden.

Der dem Verfasser geschützte «Fliehkraft-Dampfreiniger» wird für Lokomotiven, neuerdings auch für ortsfeste Kessel gebaut***). Er besteht aus einem walzenförmigen Behälter, in den der Dampf am Umfange eintritt und durch einen kreis- oder schraubenförmigen Leitkanal (Textabb. 2) so geführt wird, daß er in dem Behälter kreist, bis er an den Austritt in der Mitte gelangt. Bei dieser Bewegung wirkt erhebliche Fliehkraft, die die im Dampfe enthaltenen festen und flüssigen Teile nach außen an die abscheidende Wandfläche schleudert.

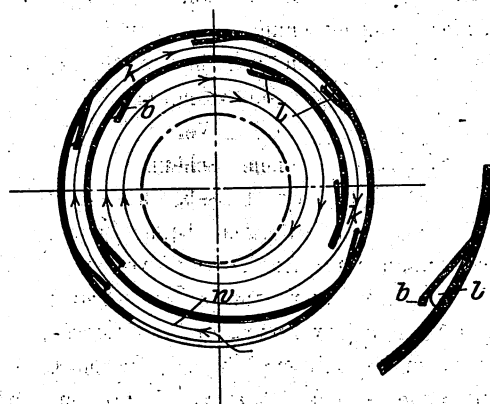
*) Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. I, 3. Aufl. 1912, S. 324.

**) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 53, 1909, S. 602.

***) Lokomotivbauanstalt Arn. Jung, Jungenthal bei Kirchen, Sieg.

Letztere ist in gewissen Abständen mit Fangblechen b besetzt, die schräg von oben nach unten verlaufend unter einem spitzen Winkel an die Blechwand anschließen. Sie verbreitern sich nach unten und umschließen mit ihrem untern Ende die

Abb. 2. Fliehkraft-Dampfreiniger.



Abflußöffnungen l im Boden des Abscheiders. Die ausgeschleuderten Teilchen geraten hinter eines der Fangbleche, werden von diesem zu der zugehörigen Abflußöffnung gelenkt, und so aus dem Abscheider in den Kessel zurück geführt. Dies geschieht unter der Wirkung der lebendigen Kraft des Gemisches und des durch die Fliehkraft gegenüber dem Räume unter dem Boden entstehenden Überdruckes schnell und kräftig. Mit den Verunreinigungen wird auch der sie tragende äußere Teil des kreisenden Dampfstromes abgeschält und in den Kessel zurück geleitet. Dies wird als wesentlich für gute Wirkung angesehen, da völlige Trennung der Verunreinigungen von dem sie tragenden Teile des Dampfstromes wegen der Höhe der Geschwindigkeit nicht möglich ist.

Die abscheidende Kraft wirkt hier nicht nur an zwei Stellen des Dampfweges, sondern während des ganzen Schraubenweges w ; zudem hat sie erhebliche Größe; bei 20 m/sek Geschwindigkeit und 0,3 m Halbmesser der abscheidenden Wand beträgt sie für das Gewicht G des Gemisches ($G \cdot 20^2$): $(9,81 \cdot 0,3) = 136 G$. Die Teile werden sofort nach der Ausscheidung abgefangen und in den Kessel zurück geleitet, ohne wieder mit dem Dampfstrom in Berührung zu kommen. Der Abfluß der Verunreinigungen wird durch einen nach unten gerichteten Teilstrom des Dampfes befördert, die Öffnungen können wegen des über ihnen herrschenden Überdruckes unbedenklich reichlich bemessen werden, so daß auch erhebliche Mengen zu bewältigen sind; neben gründlicher Trocknung und Reinigung des Dampfes wird also bessere Anpassung an die wechselnden Verhältnisse des Betriebes und damit eine Erhöhung der möglichen Leistung der Lokomotiven erreicht.

Die Bauart ist nicht viel verwickelter, als die Kappe (Textabb. 1); der Einbau ist in den engen Dampfdomen der Lokomotiven ebenfalls möglich. Abb. 1 und 2, Taf. 6 zeigen die Anordnung des Abscheiders, wie sie im Dampfdom der D. II. T. G.-Lokomotive G 8, der preussisch-hessischen Staatsbahnen möglich wäre, wobei die Achse des Reglers in die Mitte des Domes gerückt ist. In diesem Falle ist auf die Unterbringung des Abscheiders keine besondere Rücksicht genommen, das Kreisen des Dampfes und damit die Wirkung wird aber durch den Regler beeinträchtigt.

Besser ist die Anordnung nach Abb. 3 und 4, Taf. 6, bei der freier Raum für das Kreisen des Dampfes durch tiefere Stellung des Reglers gewonnen ist. Ganz uneingeschränkte Wirkung wird nach Abb. 1 und 2, Taf. 7 durch Aufstellen des Reinigers in einem zweiten kleinern Dome erzielt, sodass die Reinigung von der Entnahme örtlich getrennt ist.

Wesentliche Erhöhung des Widerstandes durch Einschalten des Wirbels in den Dampfweg ist nach den Erfahrungen an Luftreinigern nicht zu fürchten, die bei ähnlichen Geschwindigkeiten, freilich auch größeren Durchmessern, keinen größeren Widerstand, als etwa 0,01 at aufweisen. Zu den Leit- und Reib-Widerständen kommt noch der durch die Fliehkraft erzeugte. Dieser ist bei $v = 20$ m/sek, $\gamma = 6,534$ Dampfdichte, $r = 0,3$ m Halbmesser des Abscheiders und $r_1 = 0,15$ m der Ausström-Öffnung $p = 10^{-4} \cdot (\gamma : g) \cdot v^2 \cdot [(1 : r_1) - (1 : r)] = 0,089$ at.

Hieraus ist zu schließen, dass sich der Widerstand des Abscheiders in durchaus zulässigen Grenzen hält.

Die Wirkung eines Abscheiders im Betriebe zu messen, ist bei der unzugänglichen Lage im Innern des Kessels schwierig. Die Hauptschwierigkeit liegt in der Bestimmung des Gehaltes des Dampfes an Wasser; mit dem Drossel-Wärmemesser ist sie nur auf dem Prüffelde durchführbar, aber hier sind die Bedingungen, unter denen die Lokomotiven bezüglich des Mitreisens von Wasser arbeiten, so verschieden von denen des Betriebes, dass die Ergebnisse nicht brauchbar sind*). Der Drossel-Wärmemesser ist auch nur für beschränkte Grade von Dampfnässe anwendbar, während gerade die ungünstigen Fälle hoher Kessel-Beanspruchung und starken Überreisens am wichtigsten und zu verfolgen sind.

Die Prüfung von Dampfreinigern kann somit nur durch sorgfältige Versuche im Betriebe erfolgen, indem gleiche Lokomotiven mit und ohne Reiniger auf Strecken, auf denen starkes Überreisen stattfindet; hinsichtlich des Verbrauches an Kohlen und Wasser durch genaue Messung beobachtet werden. Bei T-Lokomotiven dürfte dabei die Beobachtung des Grades der Überhitzung wertvolle Aufschlüsse geben.

So gewonnene Erfahrungen über die Fliehkraft-Dampfreiniger zu sammeln, fehlte bisher die Gelegenheit. Ein einfacher Versuch in der Werkstätte, bei dem einem als trocken anzusehenden Dampfstrom künstlich eine gemessene Menge

*) Garbe, Dampflokomotiven, S. 33.

Wassers zugeführt wurde, ergab, dass die abgeschiedene Menge an Wasser mit der zugeführten übereinstimmte. Ferner stellten mehrere Verwaltungen von Kleinbahnen auch ohne genaue Messungen durch den Einbau der Abscheider erzielte wesentliche Abnahme des Überreisens von Wasser fest.

Die genaue Ermittlung des wirtschaftlichen Erfolges ist, abgesehen von den allgemeinen Schwierigkeiten der scharfen Beobachtung von Lokomotiven im Betriebe, auch dadurch erschwert, dass er sich aus einer Reihe von Umständen, wie Ersparung an Speisewasser, Kohlen und Schmieröl, Steigerung der Leistung der Lokomotiven, Erhöhung der Sicherheit des Betriebes und anderen zusammensetzt. Jeden Falles ist die hier angestrebte Verbesserung der Lokomotiven beachtenswert, zumal sie mit geringem Aufwande erreichbar ist. Bezüglich des einen Vorteiles der Ersparung an Kohlen ist festzustellen, dass eine durch vollkommene Abscheidung des Wassers erreichbare Ersparnis von nur 2% in einem Jahre hinreichen würde, um die Kosten der Ausrüstung der Lokomotiven zum Reinigen des Dampfes durch Fliehkraft zu decken. Auf diesem Wege kann also ein wirtschaftlicher Fortschritt mit einem bemerkenswert geringen Aufwande erreicht werden. Zu beachten ist dabei, dass der an sich schon recht verwickelte Bau neuer Lokomotiven durch die Vorrichtung nicht verwickelter wird, da es sich nur um den Ersatz einer unzulänglichen Einrichtung durch eine bessere handelt, die keiner Erhaltung und Wartung bedarf.

Die bisher vernachlässigte Aufgabe der Reinigung des Dampfes der Lokomotiven begann nach den Erfahrungen an ortfesten Kesseln bereits in der letzten Zeit vor dem Kriege Beachtung zu gewinnen. So hat die preussisch-hessische Verwaltung schon um 1914 eine Erprobung von Wasserabscheidern verschiedener Bauarten auf dem Prüffelde vorgenommen. Ein klares Ergebnis soll nicht erzielt sein, was nach dem Gesagten auf dem Prüffelde auch nicht möglich sein dürfte. Der Krieg hat diese Entwicklung gestört. Das Streben nach Sparsamkeit, das im Kriege hinter dem nach höchster Leistung zurücktreten musste, ist nun durch den Ausgang des Krieges zur gebieterischen Notwendigkeit geworden. Hierzu beizutragen, und zu weiterer Vervollkommnung der Dampflokomotive anzuregen, ist der Zweck dieser Darlegungen.

Normenausschufs der deutschen Industrie.

Die Normung als Mittel zum Weltfrieden.

Der amerikanische Normenausschufs gab unlängst zu Ehren des Herrn Le Maistre von der »British Engineering Standards Association« im Ingeniörklub zu Neuyork ein Festessen, an dem Vertreter aller am Normungswerke beteiligten amerikanischen Verbände teilnahmen.

Auf eine Begrüßung durch den Vorsitzenden Adams vom amerikanischen Normenausschusse erwiderte Herr Le Maistre folgendes:

Die »B. E. S. A.« sei 1901 von Sir John Wolfe Barry gegründet und unter seiner Führung in sechzehn Jahren harter Arbeit zu einem Verbände von einigen 300 Ausschüssen und 1200 Mitgliedern ausgebaut worden, der sich allmählich das Vertrauen der Bevölkerung erobert habe. Obgleich die

Arbeiten in der Hauptsache in London geleistet seien, hätten doch viele Sitzungen an den Orten stattgefunden, an denen die einzelnen zu normenden Erzeugnisse gefertigt würden. Seiner Ansicht nach bestände die Normung zu 15% aus technischer und zu 85% aus menschlicher Arbeit. Außerdem sei die Normung eine Angelegenheit des Großgewerbes, daher müsse dieses die Normen aufstellen und die Unterstützung der Ingenieure und Sachverständigen erhalten. Die Normung bedeute eine wirtschaftliche Fertigung, und diese sei nur zu erreichen, wenn Überschneidungen zwischen verwandten Gebieten vermieden würden. Hierzu sei eine Hauptstelle erforderlich und eine solche sei durch die »B. E. S. A.« mit bestem Erfolge geschaffen; denn die Überschneidungen wären von Jahr

zu Jahr seltener geworden. In den letzten Jahren wären bei der »B. E. S. A.« zahlreiche Schreiben aus den Vereinigten Staaten eingegangen, die eine enge Zusammenarbeit in Normungsfragen angeregt hätten. Die Beantwortung solcher Anfragen sei nicht immer leicht, zumal wenn es sich um so weitverzweigte Verbände wie das amerikanische elektrotechnische Gewerbe handele. Die »B. E. S. A.« glaube aber, daß bei den engen Beziehungen zwischen den Vereinigten Staaten und Großbritannien und dem gegenwärtigen Stande der Entwicklung der Normung eine erfolgreiche Zusammenarbeit in Normungsfragen

auf beiden Seiten des Weltmeeres durchführbar sein würde. Eines der festesten Bindemittel, die zwei oder mehr Völker zusammenzuführen berufen seien, wären die technische und die gewerbliche Normung. Man könnte daher durch ein geschlossenes Zusammengehen in Normungsfragen der Wiederherstellung des Weltfriedens die besten Dienste leisten.

In Deutschland werden die Normungsarbeiten vom »Normenausschusse der Deutschen Industrie«, Berlin NW. 7, Sommerstraße 4a, durchgeführt.

Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

Bahn-Unterbau, Brücken und Tunnel.

Lüftanlage des Simplontunnels.

(F. Rothpletz, Schweizerische Bauzeitung 1919 I, Bd. 73, Heft 1, 4. Januar, S. 3, Heft 2, 11. Januar, S. 14, Heft 5, 1. Februar, S. 41 und Heft 7, 15. Februar, S. 72, mit Abbildungen.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 3 bis 10 auf Tafel 7.

Für den Bau des ersten Simplontunnels waren an den Tunnelenden zwei Lüftanlagen*) mit je zwei Lüftern gebaut, die Luft in den Tunnel einpressen, oder aus ihm absaugen konnten. Jeder der durch Wasserturbinen angetriebenen Lüfter hatte 25 cbm/sek Höchstleistung bei 250 mm Wassersäule. Die beiden Lüfter einer Anlage ergaben neben einander geschaltet ungefähr die doppelte Menge mit einfachem Drucke, hinter einander die einfache Menge bei doppeltem Drucke. Diese für Luftführung durch den zweiten Stollen von 7 qm Querschnitt mit rund 10 km größter Länge und Rückleitung durch die 1 bis 1,5 km lange Arbeitstrecke und den fertigen Tunnel von 25 qm Querschnitt berechnete Anlage wurde auch für die Lüftung des fertigen ersten Tunnels verwendet. Sie konnte bei etwa 10 km langer Tunnelstrecke von 25 qm Querschnitt nicht günstig arbeiten. Die Lüftung des fertigen Tunnels erfolgte durch Einpressen von Luft in Brieg und Absaugen in Iselle. Dies bedingte die Bedienung der beiden Mundloch-Vorhänge in Brieg und Iselle. Durch Verlegen des Hauptkraftwerkes vom Arbeitsplatze nach dem Massaboden und Außerbetriebsetzen der Druckleitung vom Wasserschloß Massaboden bis zum Arbeitsplatze wurde den Turbinen der Lüftanlage das Wasser abgeschnitten, man hätte diese alte abgenutzte Anlage für elektrischen Betrieb umbauen müssen. Für den Ausbau des zweiten Simplontunnels wurde daher eine neue Lüfteinrichtung gebaut, die zweckmäßige Lüftung der beiden ausgebauten Tunnel sicherte. Sie besteht aus nur einer Anlage am Nordende, weil sich das neue Elektrizitätswerk und die Betriebsstelle für den Tunnelbetrieb hier befinden, ferner der Luftdruck am Nordende durchschnittlich höher ist, als am Südende, so daß der natürliche Zug die Anlage entlastet.

Der Zufuhrkanal (Abb. 3 bis 6, Taf. 7) wird nach 47,15 m Länge in zwei schräg abwärts in die beiden Tunnel mündende Kanäle mit je einer Drehklappe verzweigt. Die Mundlöcher der Tunnel werden durch in Rahmen gefaltete lotrecht bewegliche Vorhänge aus Segeltuch geschlossen.

Für den Bahnbetrieb wäre es am günstigsten, wenn die Luft in beiden Tunneln in der Fahrriichtung strömte, wenn also

von Brieg aus in Tunnel I gedrückt, aus Tunnel II gesaugt würde. Diese Lösung scheiterte daran, daß der eiserne Oberbau durch Strömen von Süden feucht wird und rostet, weil die warme Südluft Wasser abgibt, und die Luft am Südende noch besonders feucht ist. Um den Widerstand des Gegenstromes zu verringern, wird der Vorhang des Tunnels II am Nordende vor Abfahrt des Zuges von Iselle geöffnet und die Lüftung hier abgestellt.

Als größter Luftbedarf wurden 90 cbm/sek für jeden Tunnel, im Ganzen 180 cbm/sek angenommen, das ergibt 3 bis 4 cbm/sek Luftgeschwindigkeit im Tunnel, die für die Streckenmannschaft noch als zulässig anzusehen ist.

Die beiden senkrecht über einander angeordneten, mit ihren Triebmaschinen unmittelbar gekuppelten Lüfter (Abb. 7 bis 10, Taf. 7) haben Laufräder für beiderseitigen Lufteintritt von 3,5 m äußerem Durchmesser und 1284 mm äußerer Radbreite. Die ganze Flügelbreite ist 1564 mm, der Durchmesser der Saugöffnungen 2,6 m. Die Laufräder sind aus gußeisernen Naben mit schmiedeeisernen Schaufeln, Stirn- und Zwischenwänden genietet; sie ruhen auf dreimal gelagerten Stahlwellen. Die Lager zu beiden Seiten des Lüfters werden durch eiserne Armkränze gehalten, das äußere neben der federnden Kupplung mit der Triebmaschine ist in einer Nische des Saugkanales untergebracht. Die Gehäuse der Lüfter bestehen aus Mauerwerk, nur der Anfang jedes Ganges aus einer 50 cm langen, im Ganzen 1,8 m breiten Eisenblechspitze, die auf jeder Seite in 530 mm Breite eingemauert ist. Die verschiedenen Schaltungen der Lüfter: oberer oder unterer allein, beide hinter oder neben einander geschaltet, werden durch eine Hauptumstellklappe im Druckkanale, eine obere Umstellklappe und vier Drehklappen in den seitlichen Umläufen erreicht. Wenn nur ein Lüfter arbeitet, sind die obere Umstellklappe und die Drehklappen der seitlichen Umläufe geschlossen. Die Hauptklappe ist in ihrer untern Lage (Abb. 7, Taf. 7), wenn nur der obere, in ihrer obern, wenn nur der untere Lüfter arbeitet. Wenn beide Lüfter hinter einander arbeiten, sind die Türen des obern Lüfters zum Saugen von außen geöffnet, die des untern geschlossen. Die obere und die beiden unteren Umstellklappen sind offen, die Abluft des obern Lüfters strömt durch die Saugöffnungen des untern, der sie in den Druckkanal nach dem Tunnel fördert (Abb. 8 bis 10, Taf. 7). Die Hauptumstellklappe aus 6 mm dickem Eisenblech, I- und T-Eisen ist 7,85 m lang und 4,5 m breit. Sie ist in einem eingemauerten Winkeleisen

*) Organ 1908, S. 266; 1919, S. 251.

drehbar gelagert und wird in gebogenen, in die Seitenwände des Ausströmkanales eingemanerten \square -Eisen geführt. Sie wird durch ein von Hand getriebenes Windwerk über dem Hauptkanale mit zwei seitlichen Drahtseilen bewegt. Die ähnlich hergestellte obere Umstellklappe mißt $3,2 \times 4,5$ m, die vier Drehklappen in den seitlichen Umläufen haben 3×2 m lichte Weite. Zum Aufziehen der je 12 t schweren Laufräder der Lüfter dienen zwei in die Gebäudedecke eingemauerte, je 500 mm hohe \square -Träger, die 4 m aus dem Gebäude herausragen und einen Querbalken aus zwei je 300 mm hohen \square -Eisen tragen, der die Last mit einem Flaschenzuge für 15 t aufnahm. Das Laufrad wurde an Ort und Stelle auf die Welle gebracht. Die Mauerung der Schnecken ist leicht zu entfernen, um die Räder abbauen zu können. Die einzelnen Teile sind durch Gänge, Treppen und Türen zugänglich.

Die von der Geschwindigkeit des Stromerzeugers unabhängigen Dreiwellen-Triebmaschinen werden mit Bahnstrom von 3200 V und 16,67 Schwingungen in der Sekunde gespeist und geben bei der Gleichlauf-Drehzahl von 333,3 Umläufen in der Minute 500 PS. Zur Regelung der Luftzufuhr kann die Drehzahl der Triebmaschinen um 30 % abwärts geregelt werden. Dies geschieht mit Reglern der Schaltung Brown-Boveri-Scherbius; der Läuferstrom der Triebmaschine dient, statt nutzlos in einen Regelwiderstand geführt zu werden, zur Speisung einer Dreiwellen-Triebmaschine mit Stromsammeler, die mit einem auf das Netz arbeitenden Induktions-Stromerzeuger

gekuppelt ist, so daß die Schlupfarbeit zum Herabsetzen der Drehzahl wieder in das Netz zurück gelangt. Dabei kann der Induktions-Stromerzeuger zur Verbesserung der Leistung verwendet werden. Der Regler ist für 138 KW bei 500 Umläufen in der Minute bemessen. Der Induktions-Stromerzeuger ist für 300 V gewickelt und mit dem Netze durch einen Dreiwellen-Aufspanner von 60 KW verbunden. Jede der beiden Triebmaschinen kann in Verbindung mit dem Reglerzusätze arbeiten. Bei gleichzeitigem Arbeiten beider Triebmaschinen wird nur die untere auf diese Weise geregelt, die obere dagegen unter Benutzung des Heißwasser-Anlassers als Schlupfwiderstand. Dieser Anlasser mit 300 l Wasserinhalt und 20 l/min Verbrauch an Kühlwasser von 15° genügt für dauernde Einstellung eines Schlupfes von 28 % bei abnehmendem Drehmomente. Die ganze Schaltanlage ist im Raume der untern Triebmaschine untergebracht.

Die Abschlufsvorhänge werden in Abhängigkeit von der ebenfalls elektrischen Bewegung der Abschlufsklappen in den Zufuhrkanälen und von Streckensignalen durch eine Druckknopfsteuerung betätigt. Zuerst wird die betreffende Klappe geschlossen und dadurch der Luftüberdruck aufgehoben, dann hebt sich der Vorhang, der in seiner obern Endstellung das zugehörige Streckensignal betätigt. Beim Schließen des Vorhanges wiederholt sich der Vorgang in umgekehrter Reihenfolge.

B—s.

Bahnhöfe und deren Ausstattung.

Umbau des Hauptbahnhofes Zürich.

(Schweizerische Bauzeitung 1918 II, Bd. 72, Heft 22, 30. November, S. 216, 221, Heft 23, 7. Dezember, S. 23; 1919 I, Bd. 73, Heft 1, 4. Januar, S. 5, mit Abbildungen.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 5 bis 11 auf Tafel 6.

Abb. 5, Taf. 6 zeigt die drei sich in Zürich kreuzenden Durchgangslinien, nordsüdlich die Linie Schaffhausen—Gotthard, südwest-nordöstlich Westschweiz—Ostschweiz und nordwest-südöstlich Basel—Arlberg mit ihren Fortsetzungen und wichtigen Anschlüssen. Diesen drei Hauptrichtungen entsprechen die drei Einfahr- und Ausfahr-Linien vom Hauptbahnhofe Zürich bis Örlikon, Brugg und Thalwil (Abb. 6, Taf. 6). Die Einführung dieser drei Doppellinien erfolgt in den Kopfbahnhof Zürich von Nordwesten mit der Linie von Brugg—Altstetten. Die Übergänge Gotthard—Schaffhausen und Bern—Winterthur und umgekehrt erfolgen ohne Störung des übrigen Betriebes, weil die betreffenden Linien im Kopfbahnhofs neben einander liegen. Ein von Basel einfahrender Durchgangszug nach dem Arlberge muß aber aus Linie 3 nach 1, ein Durchgangszug von Sargans nach Basel aus 1 nach 3 fahren, um an den Abfahr-Bahnsteig zu gelangen; dadurch werden alle zwischenliegenden Ein- und Ausfahr-Gleise der übrigen Richtungen gesperrt. Dieser Mangel der bestehenden Anlage wird im Entwurfe der schweizerischen Bundesbahnen vom Juni 1916 für Erweiterung des Bahnhofes*) wegen Vermehrung der Gleise noch verschärft, er kann durch andere Anordnung der im Kopfbahnhofs endigenden Linien unter Verdoppelung irgend einer der drei Linien beseitigt werden,

beispielweise nach Abb. 7, Taf. 6. Durch Überführung der Linie 2 über 3 und 1 und durch von 2 unabhängige Einführung einer Linie 4 von Winterthur können hier alle Linien, zwischen denen Durchgangswagen übergehen müssen, neben einander gelegt werden. Gleiches könnte man auch durch getrennte Einführung der beiden Linien von Gotthard und Arlberg durch Abspaltung einer vierten Linie von Wiedikon auf die Nordseite des Bahnhofes neben Linie 3 für den Übergang der durchgehenden Züge Sargans—Basel erzielen, und so so fort. Die Durchführung dieses Grundsatzes kennzeichnet den Vorschlag für einen neuen hoch liegenden Kopfbahnhof am rechten Sihlufer in dem im Auftrage des Regierungsrates des Kantones Zürich und des Stadtrates von Zürich von W. Cauer zu Charlottenburg, Dr.-Ing. C. O. Gleim zu Hamburg und Dr. K. Moser zu Zürich im April 1918 erstatteten Gutachten über den Entwurf der schweizerischen Bundesbahnen.

Von der Schädigung durch Übergänge durchgehender Züge oder Zugteile wegen schienengleicher Kreuzungen wird hauptsächlich der etwa 90 % des ganzen Fahrgastverkehrs umfassende Nahverkehr berührt. Für diesen ist aber ein Durchgangsbahnhof wünschenswert, dessen Ausführung statt des verbesserten Kopfbahnhofes die Gutachter nach einem von ihnen verfaßten Entwurfe empfehlen. Besondere in örtlichen Verhältnissen und in der Entwurfsgestaltung begründete Vorteile des Durchgangsbahnhofes sind wesentliche Abkürzung des Weges für die rechtsuferige Bahn, Ermöglichung von Zugfahrten Örlikon—Örlikon im Kreislaufe und sonstiger Zugdurchläufe im Nahverkehre. Nach überschläglicher Ermittlung der Gutachter kann

*) Organ 1917, S. 165.

der Bahnhof nach dem Entwurfe der Bundesbahnen nach vollem Ausbaue täglich höchstens 660; der Kopfbahnhof nach dem Entwurfe der Gutachter 1000; der Durchgangsbahnhof nach dem Entwurfe der Gutachter 1400 Züge leisten.

Abb. 8 bis 10, Taf. 6 zeigen drei Anordnungen der Linienführung ohne schienengleiche Kreuzungen für einen Durchgangsbahnhof. Bei Anordnung A (Abb. 8, Taf. 6) ist die Stirnwand des gegenwärtigen Kopfbahnhofes geöffnet, um nach Übersetzung der Limmat und Untertunnelung des Zürichberges am südöstlichen Ende aus- und einfahren zu können. Die Gutachter haben diese Anordnung in etwas anderer Gestalt unter Verzicht auf den Durchlauf der Linie Basel—Arlberg als Hochbahnhof bearbeitet und bei ihren Gegenvorschlägen in erste Linie gestellt. Das Empfangsgebäude denken sie sich am rechten Sihlufer.

Bei Anordnung B (Abb. 9, Taf. 6) liegt der Durchgangsbahnhof etwa in der Richtung des Örlikon-Tunnels, in der Berührenden am Ausfahrbogen nach Wiedikon. Die Ausführung dieser Anordnung würde erheblichen baulichen Schwierigkeiten für Bahn- und Strafsen-Führungen begegnen. Der weitere Nachteil der 1,25 km betragenden Entfernung des Hauptgebäudes

vom jetzigen vermied der Entwurf von H. Sommer 1899/1902 (Abb. 11, Taf. 6), ebenfalls nach Anordnung B, aber mit Ableitung der Sihl von der Allmend nach Altstetten und Tieflage des Fahrgast-Bahnhofes im trockenen Sihlbette zwischen Kaserne und Zollbrücke. Für diesen Entwurf ist in Abb. 9, Taf. 6 wegen der Benutzung des Sihlbettes Bahnhof Enge statt Haltestelle Wiedikon zu denken.

Bei Anordnung C (Abb. 10, Taf. 6) ist der gegenwärtige Kopfbahnhof unter Benutzung des trocken gelegten Sihlbettes für die Linienführung in einen Durchgangsbahnhof verwandelt. Auch hier erfolgt die Abzweigung von Enge statt Wiedikon, was indes für den Vergleich belanglos ist. Ein Vorzug gegen A und B liegt darin, daß ein Tunnel weniger nötig ist, ein empfindlicher Nachteil ist die größere Entfernung des nach Nordwesten verschobenen Hauptgebäudes.

Für den Durchgangsbahnhof sprechen grundsätzlich auch die Bedürfnisse der für den Nahverkehr wichtigen rechtsuferigen Seelinie Zürich—Meilen—Rapperswil und der Sihltalbahn, die, als für den Durchgangsverkehr nebensächlich, in den Abbildungen weggelassen sind.

B—s.

Übersicht über eisenbahntechnische Patente.

Aufschneidbarer Weichenhebel.

D. R. P. 304 135. J. H. Möllering in Dresden-Röcknitz.

Der Sicherungskranz an der Stellscheibe eines aufschneidbaren Weichenhebels ist für jede Drehrichtung mit einer gewöhnlich flach abgeschragten Stirnfläche versehen. Nach der Erfindung werden an dem Kranze zwei Paare von Stirnflächen angeordnet, von denen das eine, flach abgeschragte die Bewegung der Handfallenstange schon bei geringerem, das andere, steil gestellte erst bei wesentlich erhöhtem Kraftaufwande vermittelt.

B—n.

Stromdichte Lagerung der Schienen auf eisernen Schwellen.

D. R. P. 304 136. O. Rudolf in Berlin.

Die stromdichte Lagerung von Schienen auf eisernen Querschwellen soll durch eine besondere Verwendung von Papier erreicht werden. Auf der Schwelle liegt eine Unterlegplatte der üblichen Gestalt und Mafse aus Hartpapier, auf ihr werden zwei Klemmplatten aus Hartpapier angeordnet. Ferner wird der Stofs durch eine Lasche aus Hartpapier überdeckt, die nicht dicht am Schienenstege liegt, oder durch ein Eisenblech von diesem getrennt ist. Zwischen den Schienenenden sind Zwischenlagen aus Hartpapier statt aus Leder angeordnet. Diese Unterlegplatten aus Hartpapier kann man auch im nicht stromdichten

Gleise ohne Änderung des vorhandenen Kleiseisenzeuges verwenden. Man erspart so die jetzt üblichen federnden Unterlagen unter den Bolzen. Die Unterlegplatten aus Hartpapier können bis auf 20% der Dicke zusammengedrückt werden, ohne daß sie ihre Gestalt sonst änderten.

B—n.

Gewichthebel für Handbedienung von fernbedienten Weichen.

D. R. P. 304 822. Deutsche Eisenbahnsignalwerke, Aktiengesellschaft in Georgsmarienhütte bei Osnabrück.

Bei den von einem Stellwerke bedienten Weichen muß die Bedienung von Hand für den Fall des Versagens möglich sein. Diesem Zwecke diente bisher ein »Gewichthebel zum Weichenbocke«, der aus dem eigentlichen Hebel mit vordem Führauge und einem kürzern Führungsstücke auf der Welle des Stellbockes hinter dem Zugstangenhebel besteht. Verrostet wegen seltener Benutzung und die Verwendung geschlossener Augen erschweren die Bedienung. Um das Aufsetzen des aus einem Schmiedestücke bestehenden Handhebels zu erleichtern, ist dieser unten statt mit Augen mit Schlitz versehen. Ein mit Keil gesicherter Vorsteckbolzen verhindert das Abgleiten. Die Löcher für den Vorsteckbolzen und für den Keil werden so weit gemacht, daß das Aufsetzen auch bei starker Rostbildung nicht behindert ist. Bolzen und Keil sind mit Ketten gegen Verlust gesichert.

B—n.

Bücherbesprechungen.

Mitteilungen über Versuche, ausgeführt vom Eisenbeton-

Ausschuß des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines. Heft 8. Versuche zur Beurteilung hochwertiger Zemente. Bericht, erstattet von Ing. A. Hanisch, Oberbaurat und Professor, und Ing. B. Kirsch, Professor der Technischen Hochschule in Wien. Leipzig und Wien, 1919, F. Deuticke, Preis 3,5 M.

Als »hochwertig« werden Zemente bezeichnet, die nach 2 Tagen das leisten, was die Bestimmungen nach 28 Tagen fordern. Da bei mehreren gehandelten Zementen die Erfüllung dieser Bedingung zu vermuten war, wurden fünf Zemente von einem Ausschuße eingehend geprüft, die der gehegten Er-

wartung in der Tat mehr oder weniger scharf entsprochen haben. Die Ergebnisse der ausführlich dargestellten Versuche liefern, auch über die gestellte Frage hinaus, allgemein sehr erwünschte Aufklärungen für das Baugewerbe in wissenschaftlicher und tatsächlicher Beziehung.

Geschäftsberichte und statistische Nachrichten von Eisenbahnverwaltungen.

Jahresbericht über die Staatseisenbahnen und die Bodensee-Dampfschiffahrt im Großherzogtume Baden für das Jahr 1918. Im Auftrage des Ministerium der Finanzen herausgegeben von der Generaldirektion der Badischen Staatseisenbahnen. Karlsruhe, 1919, C. F. Müller.