

Über Wirtschaftlichkeitsberechnungen, insbesondere in der Gleiswirtschaft.

Von Reichsbahnoberrat Druesel, Essen.

Die Reichsbahn mit ihren zahlreichen neuen Formen und Hilfsmitteln im ganzen Geschäftsbereich, mit ihrer Mechanisierung und den dazu gehörigen neuzeitlichen Geräten kann vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht entbehren. Die Praxis und auch die über diese Frage ziemlich spärliche Literatur läßt jedoch erkennen, daß über die Ausführung solcher Berechnungen vielfach Zweifel und Unklarheiten bestehen. Dabei ist diese Frage recht wichtig. Die folgende Abhandlung will zu ihr einen Beitrag liefern, der nicht unanfechtbar Richtiges bringen, sondern nur zur Klärung und Vereinheitlichung der Rechnungsart anregen soll.

In den meisten Fällen ist bei einer solchen Rechnung eins der Vergleichsdinge neu und unerprobt. Oft sind es sogar mehrere; z. B. wenn im Oberbaufach die beiden Eisenschwellen Sw 1^a — Reichsoberbau B 49 — und Sw 5^a — Reichsoberbau K mit plattengeschweißten Schwellen — verglichen werden sollen, über deren Nutzungsdauer Erfahrungswerte noch fehlen. Die jährlichen Unterhaltungskosten wird man in solchen Fällen noch einigermaßen richtig schätzen können, die für die Rechnung unentbehrliche Nutzungsdauer dagegen keinesfalls. Und hierin liegt wohl die größte Schwierigkeit für eine auch nur annähernd befriedigende Rechnung. Man kann die Schwierigkeit dadurch mildern, daß man solche Unbekannten nicht mit absoluten und sicher falsch geschätzten Werten einführt, sondern in Verhältniszahlen darzustellen versucht. So z. B. müßte man bei dem erwähnten Vergleich zweier in der Dauer ihrer Gleisfähigkeit noch unerprobter Oberbauschwellen so vorgehen, daß in der Rechnung nur das Verhältnis der Liegezeiten beider Schwellen auftritt. Solche Verhältniszahlen lassen bei der Auswertung des Rechnungsergebnisses einen gewissen Spielraum und erleichtern es, aus dem Resultat brauchbare Schlüsse zu ziehen.

Die Untersuchungen sollen auf folgender Grundlage aufgebaut werden: Zum Vergleich stehen zwei Dinge, die dem gleichen Zweck dienen. Das eine hat eine Nutzungsdauer von l Jahren, das andere von $z \cdot l$ Jahren, wobei $z < 1$ sein soll. Jenes muß im Zeitraum t n -mal, dieses m -mal erneuert werden. In der beigegebenen Skizze ist beispielsweise $n = 3$ und $m = 5$ angenommen. Es gilt $n \cdot l = m \cdot z \cdot l$ und das Verhältnis der Nutzungsdauer ist $\frac{n}{m} = z$. Im Beispiel

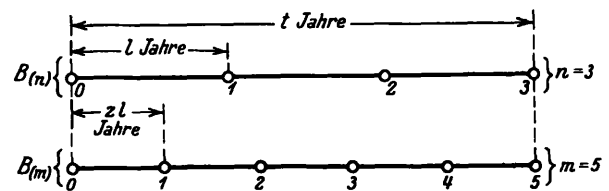
(siehe Abb.) ist $\frac{n}{m} = \frac{3}{5} = 0,60$. $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ bezeichnen den jeweils bei der Erneuerung erforderlichen Beschaffungsaufwand, wobei der am Ende einer Nutzungsdauer vorhandene Altwert des zu ersetzenden Gegenstandes als Rückgewinn angerechnet werden muß. Es sei angenommen, daß bei jeder Erneuerung die gleichen Kosten $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ entstehen. Hierin liegt natürlich eine Unsicherheit der Rechnung, da die in dem Zeitraum t möglichen Veränderungen unberücksichtigt bleiben. Es ist dies jedoch von geringer Bedeutung für die Untersuchung, die hauptsächlich den Wert der möglichen Rechnungsarten untereinander vergleichen will, somit nur grundsätzliche Gesichtspunkte zur Grundlage hat und auf einfachen Voraussetzungen aufgebaut sein kann.

Die jährlichen Unterhaltungs- und Betriebskosten erscheinen in Prozenten von $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$, sie seien $B_{(n)} \cdot \alpha_n$

und $B_{(m)} \cdot \alpha_m$. In diese Beträge müssen zutreffendenfalls noch sonstige jährliche Arbeitsaufwendungen, die bei der Anwendung des betr. Gegenstandes aufkommen, dann eingerechnet werden, wenn sie voneinander abweichen. Weiter sollen die jeweils bei Erneuerung der Anlage entstehenden — in der Regel verhältnismäßig geringen — Kosten für Einrichtung (z. B. Aus- und Einbau) auf Jahresbeträge zurückgeführt gleichfalls mit berücksichtigt sein; bei unbekannter Nutzungsdauer wird man diese Jahresbeträge schätzen müssen, was jedoch nur unerhebliche Fehler gibt.

Es sind zwei Fälle zu unterscheiden:

I. Angenommen, daß der Zeitraum t ein Ausschnitt aus der Gebrauchsdauer der betr. Anlage ist, daß also die erstmalige Beschaffung (Neuanlage) zurück liegt. Es ist somit nur der Betrag für die jeweilige Erneuerung aufzubringen, während das eigentliche Anlagekapital bereits getilgt sein soll. Es kommt also — entsprechend der Voraussetzung gleich bleibender $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ — beim Beginn des Zeitraums t und bei allen späteren Erneuerungen jeweils der Aufwand $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ in Frage. Diesen Fall wird man z. B. immer annehmen können, wenn es sich um Oberbau in vorhandenen Gleisen handelt.



II. Anders liegt es beim zweiten Fall. Hier soll zu Beginn des Zeitraums t erstmalige Beschaffung eines bis dahin auch in ähnlicher Form noch nicht vorhandenen Gegenstandes eintreten. Für diese ausgesprochene Neuanlage stehen weder Rücklagen zur Verfügung, noch können Rückentnahmen aus dem Altwert der zu ersetzenden Anlage (z. B. Schrottwert) angerechnet werden. Die Beschaffungssumme $A_{(n)}$ und $A_{(m)}$ zu Beginn des Zeitraums t — das eigentliche Anlagekapital — ist deshalb in der Regel größer, als die später bei der Erneuerung nötige Aufwendung $B_{(n)}$ oder $B_{(m)}$. Das Anlagekapital $A_{(n)}$ oder $A_{(m)}$ sei $= B_{(n)} \cdot \beta$ oder $B_{(m)} \cdot \beta$, wobei $\beta > 1$ ist. Der Wert β kann für beide Vergleichsanlagen gleich groß angenommen werden, was von der Wirklichkeit nicht viel abweichen wird. β selbst ist leicht zu ermitteln. Wenn z. B. beim Oberbau der Rückgewinn in Schrot besteht (40% des Neuwertes), ergibt sich für β die Beziehung $A(1 - 0,40) = B$;

$$\beta = \frac{1}{0,60} = 1,67.$$

Man kann nun so vorgehen: Für Verzinsung und Tilgung der Beschaffungsbeträge gibt es eine ganze Anzahl mögliche Rechnungsarten, teils bereits gebräuchlich, teils naheliegend. Unter Annahme gleicher Wirtschaftlichkeit der beiden zu vergleichenden Anlagen ($B_{(n)}$ und $B_{(m)}$) ermittelt man den Einfluß dieser verschiedenen Rechnungsweisen auf die wichtigsten Faktoren der Wirtschaftlichkeitsberechnung, nämlich einmal auf die Beschaffungskosten, ausgedrückt als

Verhältniszahl $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$, wobei die Nutzungsdauer l und $z \cdot l$ als bekannt angenommen wird und weiter auf den Wert $z = \frac{n}{m}$, wobei $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und die zu $B_{(n)}$ gehörige Nutzungsdauer l bekannt sein müssen. Nach Annahme ist $l > z \cdot l$ und dementsprechend wird normalerweise $B_{(n)} > B_{(m)}$ oder $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} > 1$ sein, da ein Gegenstand mit langer Gebrauchsdauer naturgemäß teurer sein darf, als ein kurzlebiger.

Ohne Rücksicht auf Verzinsung, Tilgung, Unterhaltung usw. bestehen bei gleicher Wirtschaftlichkeit folgende Beziehungen, die als natürliche bezeichnet seien:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{l}{z \cdot l} = \frac{1}{z} \quad \text{und} \quad z = \frac{n}{m} = \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}$$

Weicht bei einer Rechnungsart der Wert $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ wesentlich von diesem natürlichen Verhältnis $\frac{1}{z}$ ab, so geht dies zu-

ungunsten einer der beiden Anlagen. Wenn z. B. $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ unter $\frac{1}{z \cdot l}$ herabsinkt und sich dem Grenzwert 1 nähert, würde dies bedeuten, daß der Anschaffungsbetrag, bis zu dem zu gehen die Wirtschaftlichkeit gestattet, entweder bei $B_{(n)}$ geringer oder bei $B_{(m)}$ höher wird. Dies geht in jedem Falle offenbar zuungunsten der zu $B_{(n)}$ gehörenden Anlage. Denn wenn der Kaufpreis für die langlebige Anlage geringer werden muß, um den Wettbewerb derjenigen von kürzerer Nutzungsdauer aushalten zu können, rückt die Möglichkeit näher, daß jene Anlage für den verminderten Preis gar nicht mehr zu haben ist; und andererseits, wenn man für die kurzlebige Anlage mehr anlegen kann, ohne die Grenze der Wirtschaftlichkeit zu überschreiten, wächst die Wahrscheinlichkeit für ihren wirtschaftlichen Vorteil. Ähnlich liegt es bei der Zahl $z = \frac{n}{m}$. Nach Annahme ist $z < 1$. Der obere Grenzwert ist $z = 1$.

Sinkt z. B. z unter das natürliche Verhältnis $\frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}$ herab und nähert sich mehr dem unteren Grenzwert „Null“, so geht dies gleichfalls zuungunsten der zu $B_{(n)}$ gehörenden Anlage mit langer Nutzungsdauer. Denn da hier die Zahl n nach endgültiger Festsetzung von t bekannt und nicht mehr veränderlich ist, kann $\frac{n}{m}$ nur kleiner werden, wenn m wächst, d. h. wenn die Nutzungsdauer $z \cdot l$ der kurzlebigen Anlage ($B_{(m)}$) sich verringert. Hierbei wächst aber die Wahrscheinlichkeit, daß diese Anlage die geringe Lebenszeit $z \cdot l$ bestimmt erreicht oder sogar überschreitet und damit die Möglichkeit ihres wirtschaftlichen Vorteils.

In dieser Weise kann man also durch Vergleich feststellen, wie die einzelnen Rechnungsarten die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung beeinflussen und wie ihr Wert einzuschätzen ist.

Fall I. Hier handelt sich — wie gesagt — nur um Erneuerung einer in gleicher oder ähnlicher Form bereits vorhandenen Anlage. Die erstmalige Anschaffung, das eigentliche Anlagekapital soll bereits getilgt sein.

1. Ohne Zinsen und Tilgungsraten. Die am Schluß des Zeitraums t erforderliche Erneuerung bildet den Beginn einer neuen Zeitspanne t und kommt deshalb nicht mehr in Betracht.

Gesamtaufwendung in der Zeit t für die in obiger Skizze dargestellten beiden Anlagen:

$$B_{(n)} \cdot n + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n \quad \text{und} \quad B_{(m)} \cdot m + B_{(m)} \cdot m \cdot z \cdot l \cdot \alpha_m. \quad \text{Man setzt}$$

$m = \frac{n}{z}$ und $m \cdot z = n$ und erhält bei abweichender Wirtschaftlichkeit als Gesamtmehrkosten:

$$M = n \cdot l \left[B_{(m)} \left(\frac{1}{z \cdot l} + \alpha_m \right) - B_{(n)} \left(\frac{1}{l} + \alpha_n \right) \right].$$

$$\text{Jährliche Mehrkosten } M_o = \frac{M}{n \cdot l}.$$

Sind beide Anlagen — ($B_{(n)}$ und $B_{(m)}$) — wirtschaftlich gleichwertig, so ist $M = 0$ und es ergibt sich:

$$1a) \quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z \cdot l} + \alpha_m}{\frac{1}{l} + \alpha_n}$$

$$1b) \quad z = \frac{1}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} (1 + l \cdot \alpha_n) - l \cdot \alpha_m}$$

Sind die durch α_n und α_m gekennzeichneten jährlichen Kosten für Unterhaltung, Betrieb, Einrichtung usw. für beide Anlagen gleich, so ist nach obiger Festsetzung $B_{(n)} \alpha_n = B_{(m)} \alpha_m$ und es fallen in den obigen Gleichungen und ebenso in allen andern noch folgenden die Glieder mit α_n und α_m heraus.

$$\text{Es wird dann: } \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{1}{z \cdot l} = \frac{1}{z} \quad \text{und} \quad z = \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}$$

Diese Beziehungen sind bereits oben benutzt und als das natürliche Verhältnis zwischen $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z bezeichnet.

2. Man sammelt durch jährliche, Zinseszins tragende Rücklagen die Beträge $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ so an, daß sie am Ende jeder Nutzungsdauer l und $z \cdot l$ für die Ersatzbeschaffung zur Verfügung stehen.

Bei einem Zinsfuß von $r\%$ und wenn man wie üblich $1 + \frac{r}{100} = p$ setzt, ist bekanntlich die erforderliche jährliche Rücklage $B_{(n)} \cdot \frac{p-1}{p^l-1}$ und $B_{(m)} \cdot \frac{p-1}{p^{z \cdot l}-1}$.

Gesamtaufwendung im Zeitraum t :

$$B_{(n)} \cdot n \cdot l \frac{p-1}{p^l-1} + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n \quad \text{und} \quad B_{(m)} \cdot n \cdot l \frac{p-1}{p^{z \cdot l}-1} + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_m.$$

Gesamtmehrkosten

$$M = n \cdot l \left[B_{(m)} \left(\frac{p-1}{p^{z \cdot l}-1} + \alpha_m \right) - B_{(n)} \left(\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n \right) \right].$$

$$\text{Jahresmehrkosten } M_o = \frac{M}{n \cdot l}.$$

Gleiche Wirtschaftlichkeit, $M = 0$: alsdann

$$2a) \quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{p-1}{p^{z \cdot l}-1} + \alpha_m}{\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n}$$

2b) z erhält man durch Logarithmieren der Gleichung

$$p^{z \cdot l} = 1 + \frac{B_{(n)} \left(\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n \right) - \alpha_m}{\frac{p-1}{p^{z \cdot l}-1} + \alpha_m}$$

Bei gleichen Unterhaltungs- usw. Kosten fallen α_n und α_m fort und die Gleichungen gehen über in $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{p^l-1}{p^{z \cdot l}-1}$ und

$$p^{z \cdot l} = 1 + \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}} (p^l - 1).$$

Gegen diese Rechnungsweise ist m. E. nichts einzuwenden. Sie ist dann, wenn das eigentliche Anlagekapital bereits getilgt ist, einwandfrei. Da α_m meist beträchtlich größer als α_n ist, so sind die Werte für $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und für z in der

Regel größer als die nach den Gleichungen 1) und zwar dann beträchtlich, wenn es sich um lange Nutzungsdauer l und um größeren absoluten Unterschied zwischen l und zl handelt. Beim Oberbau z. B. können solche Werte für l und zl vorkommen. Es hat dies seine Ursache in dem Einfluß der Zinseszinsfaktoren $\frac{p-1}{p^l-1}$ und $\frac{p-1}{p^{zl}-1}$, wie man aus der Form der Gleichung 2a) ersehen kann, wenn man sich unter Zuhilfenahme von Zinseszinstafeln klar macht, wie die genannten Faktoren von l und $z.l$ abhängen.

Der Einfluß der zweiten Rechnungsweise macht sich somit meistens zugunsten der zu $B_{(n)}$ gehörigen Anlage mit langer Nutzungsdauer geltend, d. h. die Wahrscheinlichkeit des wirtschaftlichen Vorteils dieser Anlage wächst. Zwei Beispiele dafür sind in der beigelegten Tafel zusammengestellt. Die Tafel enthält alle erforderlichen Erläuterungen, so daß der Hinweis auf sie genügt.

3. Vielfach findet man die Tilgung des Erneuerungsbetrages nach folgender Formel berücksichtigt:

$$B \left(\frac{p-1}{p^n-1} + 0,01 \cdot v \right) \text{ für das Jahr.}$$

Bedeutung von B und p wie bisher, n = Nutzungsdauer, v = Zinsfuß für die Verzinsung des Kapitals B . Diese Rechnungsart bedeutet, daß der Erneuerungsbetrag zum Zeitpunkt der Erneuerung geliehen, während der ganzen folgenden Nutzungsdauer mit $v\%$ verzinst und am Ende dieser Zeit zurückgezahlt wird, wofür jährlich Tilgungsraten

Zinseszins tragend $\left(r\% \cdot 1 + \frac{v}{100} = p \right)$ zurückgelegt werden.

Die Rechnung stellt sich so:

$$\text{Gesamtaufwendung: } B_{(n)} \cdot n \cdot l \left(\frac{p-1}{p^l-1} + 0,01 \cdot v \right) + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n$$

$$\text{und } B_{(m)} \cdot n \cdot l \left(\frac{p-1}{p^{zl}-1} + 0,01 \cdot v \right) + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_m$$

Gesamtmehrkosten:

$$M = n \cdot l \left[B_{(m)} \left(\frac{p-1}{p^{zl}-1} + 0,01 \cdot v + \alpha_m \right) - B_{(n)} \left(\frac{p-1}{p^l-1} + 0,01 \cdot v + \alpha_n \right) \right].$$

$$\text{Jahresmehrkosten } M_o = \frac{M}{n \cdot l}$$

Bei gleicher Wirtschaftlichkeit, $M=0$:

$$3a) \quad \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1} + 0,01 \cdot v + \alpha_m}{\frac{p-1}{p^l-1} + 0,01 \cdot v + \alpha_n}$$

$$3b) \quad p^{zl} = 1 + \frac{(p-1) \left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \left(\frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_n \right) - \alpha_m + 0,01 \cdot v \left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} - 1 \right) \right)}{(p-1)}$$

Bei gleichen Unterhaltungs- usw. Kosten fallen α_n und α_m fort und die Gleichungen gehen über in:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1} + 0,01 \cdot v}{\frac{p-1}{p^l-1} + 0,01 \cdot v} \quad \text{und}$$

$$p^{zl} = 1 + \frac{(p-1) \left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \cdot \frac{(p-1)}{(p^l-1)} + 0,01 \cdot v \left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} - 1 \right) \right)}{(p-1)}$$

Der Wert $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ in dieser letzten Fassung nähert sich bei größerem l und zl , also bei kleinen Zinseszinsfaktoren, erheblich der Zahl 1, wird also kleiner, als das entsprechende

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \text{ nach Rechnungsart 2} \left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{p-1}{p^{zl}-1} \right). \text{ Ebenso wird}$$

p^{zl} und damit z kleiner. Das Entsprechende gilt auch für die Werte $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z der erweiterten Gleichungen 3a und 3b, also mit α_n und α_m .

Die Beispiele in der Tafel zeigen, daß diese Werte sogar noch erheblich unter diejenigen nach Gleichungen 1a und 1b herabsinken können. Die Rechnungsart 3 geht also ganz wesentlich zuungunsten der zu $B_{(n)}$ gehörigen Anlage mit langer Nutzungsdauer und zwar in einem Umfange, daß die Möglichkeit des wirtschaftlichen Vorteils dieser Anlage trotz ihrer Langlebigkeit stark beschränkt wird. Dies dürfte natürlich an und für sich kein Grund sein, die Rechnungsweise 3 auszuschließen und man müßte sich hiermit ebenso abfinden, wie mit dem gegenteiligen Einfluß der Rechnungsart 2, wenn man überzeugt sein könnte, daß jene Methode (3) gleichfalls auf einwandfreier Grundlage beruhte. Das ist indessen zweifelhaft. Denn diese Art der Beschaffung und Verzinsung des Kapitals ist einigermaßen unnatürlich, weil es kaum einem Unternehmen einfallen wird, sich bei jedem Erneuerungsaufwand auf lange Jahre hinaus mit der Zinslast $v\%$ zu beschweren. Auch dürfte ein derartiges Geldgeschäft, nämlich entweder den Betrag $B_{(n)}$ auf l Jahre oder $B_{(m)}$ auf $z.l$ Jahre zu leihen, den auf dem Geldmarkt üblichen Gepflogenheiten in der Regel nicht entsprechen, namentlich dann nicht, wenn l hoch und auch zl trotz größerer Abweichung von l immerhin noch beträchtlich ist. Daß man einen höheren Betrag $B_{(n)}$ auf längere Jahre leihen kann, als den geringeren $B_{(m)}$, ist zwar denkbar. Wenn es sich aber um sehr lange Nutzungsdauer handelt, z. B. bei Oberbauschwellen, von denen die eine Art 35 Jahre gleisfähig ist, die andere dagegen nur 21, so ist doch wohl nicht anzunehmen, daß in dem einen Falle das Kapital auf 35 Jahre, im andern dagegen auf 21 geliehen werden kann. Die Regel wird vielmehr sein, daß für beide Kapitalien die Rückzahlungsfrist nicht wesentlich verschieden ist. Ich halte deshalb das Verfahren 3, obwohl es vielfach angewandt wird, für unrichtig und die nach ihm ausgeführten vergleichenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für anfechtbar. Einwandfrei richtig dagegen ist bei Anlagen, deren Anlagekapital bereits als getilgt gelten muß das Verfahren 2 und diese Rechnungsweise sollte deshalb die Regel sein.

Liegen aber besondere Umstände vor — und das dürfte die Ausnahme sein —, daß trotz getilgten Anlagekapitals jeder Erneuerungsbetrag zur Zeit seines Gebrauchs geliehen und unter Verzinsung später zurückgezahlt werden muß, so verdient das im folgenden Abschnitt 4 geschilderte Verfahren, den Vorzug, nämlich Rückzahlung des geliehenen Erneuerungskapitals sowohl für $B_{(n)}$ als auch für $B_{(m)}$ nach Ablauf gleicher Zeiten.

4. Das Erneuerungskapital $B_{(n)}$ oder $B_{(m)}$ wird zur Zeit des Gebrauchs geliehen, während k Jahren mit $v\%$ verzinst und am Ende dieser Zeit aus angesammelten jährlichen Rücklagen $\left(\text{Zinseszins. } r\% \cdot 1 + \frac{r}{100} = p \right)$ zurückgezahlt. Hierfür gelten folgende Beziehungen:

Gesamtaufwendung im Zeitraum t :

$$B_{(n)} \cdot n \cdot k \left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0,01 \cdot v \right) + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n \quad \text{und}$$

$$B_{(m)} \cdot m \cdot k \left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0,01 \cdot v \right) + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_m.$$

Man setze $m = \frac{n}{z}$ und führe zur Abkürzung den Hilfswert

$$\varrho = k \left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0,01 \cdot v \right) \text{ ein.}$$

Gesamtmehrkosten:

$$M = n \cdot l \left[B_{(m)} \left(\frac{\varrho}{z \cdot l} + \alpha_m \right) - B_{(n)} \left(\frac{\varrho}{l} + \alpha_n \right) \right].$$

Jahresmehrkosten $M_0 = \frac{M}{n \cdot l}$.

Bei gleicher Wirtschaftlichkeit, $M=0$:

4a)
$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{\varrho}{z \cdot l} + \alpha_m}{\frac{\varrho}{l} + \alpha_n}$$

4b)
$$z = \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \frac{\varrho}{(\varrho + l \cdot \alpha_n) - l \cdot \alpha_m}$$

Die beiden Gleichungen sind denen nach 1 ähnlich.

Verschwinden α_n und α_m bei gleichen Unterhaltungskosten usw., so gehen die Gleichungen über in

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{l}{z \cdot l} = \frac{1}{z} \text{ und } z = \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}}.$$

Diese Beziehungen sind denen zu 1 sogar völlig gleich.

Hieraus kann man schon schließen, daß die Rechnungsweise 4 im Ergebnis derjenigen zu 1 nahe steht, was auch die Zahlen der Tafel bestätigen.

Fall II. Vollständige Neuanlage: auch in ähnlicher Form vorher nicht vorhanden. Für die erstmalige Beschaffung zu Beginn des Zeitraums t stehen Rücklagen nicht zur Verfügung. Ebenso fehlen Rücknahmen aus dem Wert der alten Anlage. Das erforderliche Anlagekapital muß deshalb in voller Höhe $A_{(n)}$ oder $A_{(m)}$ bereitgestellt werden. Wie schon oben erläutert, ist $A_{(n)}$ oder $A_{(m)}$ in der Regel größer als die für die spätere Erneuerung notwendige Ausgabe $B_{(n)}$ oder $B_{(m)}$ und zwar soll sein $A_{(n)} = B_{(n)} \cdot \beta$ und $A_{(m)} = B_{(m)} \cdot \beta$, wo $\beta > 1$ ist. Auf die obigen Ausführungen bei Erläuterung des Falles II sei verwiesen. Man beginnt auch hier, wie oben beim Fall I, mit der Rechnungsweise ohne Zinsen und Tilgung.

5. Ohne Zinsen und Tilgung. Die am Schluß des Zeitraums t erforderliche Erneuerung bildet den Beginn einer neuen Zeitspanne t und kommt deshalb nicht mehr in Betracht.

Gesamtaufwand im Zeitraum t :

$$B_{(n)} \cdot \beta + B_{(n)} \cdot (n-1) + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n \text{ und } B_{(m)} \cdot \beta + B_{(m)} \cdot (m-1) + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_m.$$

Man setzt $m = \frac{n}{z}$.

Gesamtmehrkosten:

$$M = n \cdot l \left[B_{(m)} \left(\frac{1}{z \cdot l} + \alpha_m + \frac{\beta-1}{n \cdot l} \right) - B_{(n)} \left(\frac{1}{l} + \alpha_n + \frac{\beta-1}{n \cdot l} \right) \right]$$

Jahresmehrkosten $M_0 = \frac{M}{n \cdot l}$.

Bei gleicher Wirtschaftlichkeit beider Anlagen, d. h. bei $M=0$:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z \cdot l} + \alpha_m + \frac{\beta-1}{n \cdot l}}{\frac{1}{l} + \alpha_n + \frac{\beta-1}{n \cdot l}} \text{ und } z = \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \frac{1}{\left(1 + l \cdot \alpha_n + \frac{\beta-1}{n} \right) - l \cdot \alpha_m - \frac{\beta-1}{n}}$$

Die Glieder mit β , die den Einfluß der von $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ abweichenden Anlagekapitalien darstellen, wirken störend.

da sie die Zahl n im Nenner enthalten. Nach den Grundlagen der Rechnung (obige Skizze) hat man in der Wahl der Zahl n freie Hand. Wählt man n groß, so untersucht man einen langen Zeitraum t . Man könnte nun n sehr groß annehmen, so daß die Glieder $\frac{\beta-1}{n \cdot l}$ und $\frac{\beta-1}{n}$ zu vernachlässigen wären.

Daß dies möglich ist, lehrt schon der Rechnungsgang für die Gesamtmehrkosten M , wobei das nur einmal auftretende Anlagekapital durch $n \cdot l$ geteilt, also auf die ganze Zeit t gleichmäßig verteilt wird, so daß bei sehr großem t der Jahresanteil fast verschwindet. Bringt man auf diese Weise die Glieder mit β zum Verschwinden, so gibt man damit den Unterschied zwischen dem Anlagekapital und dem Erneuerungsbetrag auf und bekommt dieselben Gleichungen wie beim Fall 1. Hierbei würde man natürlich einen einflußreichen Fehler begehen. Richtiger rechnet man, wenn man für n einen kleinen Wert wählt, um sicher zu gehen, z. B. $n=1$. Die Gleichungen werden dann:

5a)
$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z \cdot l} + \alpha_m + \frac{\beta-1}{l}}{\frac{1}{l} + \alpha_n + \frac{\beta-1}{l}}$$

5b)
$$z = \frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \frac{1}{(\beta+1 \cdot \alpha_n) - l \cdot \alpha_m - (\beta-1)}$$

Bei $\beta=1$, d. h. wenn man das Anlagekapital gleich dem späteren Erneuerungsbetrag setzt, kommt man natürlich auf die Gleichungen 1a und 1b.

Bei gleichen Kosten für Unterhaltung usw. verschwinden die Glieder mit α und die Gleichungen nehmen die Form an:

$$\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} = \frac{\frac{1}{z \cdot l} + \frac{\beta-1}{l}}{\frac{1}{l} + \frac{\beta-1}{l}} = \frac{1}{z} + (\beta-1) \text{ und } z = \frac{1}{\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} \cdot \beta - (\beta-1)}$$

Wie die Beispiele der Tafel zeigen und wie auch schon aus der Form der Ausdrücke 5a und 5b hervorgeht, werden bei dieser Rechnungsart 5 die Werte $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z kleiner, als nach den Gleichungen 1a und 1b, d. h., die Wahrscheinlichkeit des wirtschaftlichen Vorteils der zu $B_{(m)}$ gehörigen Anlage mit kurzer Nutzungsdauer wächst.

6. Das zu Beginn des Zeitraums t nötige eigentliche Anlagekapital $B_{(n)} \cdot \beta$ bzw. $B_{(m)} \cdot \beta$ wird für beide Anlagen während k Jahren mit $v\%$ verzinst und nach k Jahren zurückgezahlt, wofür während dieser Jahre Zinseszins tragende jährliche Rücklagen ($r\%$, $1+r/100=p$) angesammelt werden. Man wählt also für Verzinsung und Tilgung nicht den Zeitraum der Nutzungsdauer (l und zl); im übrigen ist auf die obigen Ausführungen bei der Rechnungsart 3 zu verweisen. Die späteren Erneuerungsbeträge $B_{(n)}$ und $B_{(m)}$ werden durch vorherige jährliche Rücklagen (Zinseszins $r\%$, $1+r/100=p$) während der Nutzungsdauer l und zl bereitgestellt.

Gesamtkosten im Zeitraum t :

$$B_{(n)} \cdot \beta \cdot k \left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0,01 \cdot v \right) + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \frac{p-1}{p^l-1} + B_{(n)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_n$$

und

$$B_{(m)} \cdot \beta \cdot k \left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0,01 \cdot v \right) + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \frac{p-1}{p^{zl}-1} + B_{(m)} \cdot n \cdot l \cdot \alpha_m$$

Man führt nun wiederum wie bei 4 den Hilfswert $\varrho = k \left(\frac{p-1}{p^k-1} + 0,01 \cdot v \right)$ ein.

Gesamtmehrkosten

$$M = n \cdot l \left[B_{(m)} \left(\frac{p-1}{p^{zl}-1} + \frac{\beta}{n \cdot l} \cdot \varrho + \alpha_m \right) - B_{(n)} \left(\frac{p-1}{p^{l-1}-1} + \frac{\beta}{n \cdot l} \cdot \varrho + \alpha_n \right) \right]$$

$$\text{Jahresmehrkosten } M_0 = \frac{M}{n \cdot l}$$

Auch hier, wie bei 5, haben die Glieder mit β die Zahl n im Nenner. Setzt man dieses n , wie bei 5 erläutert, gleich 1, so erhält man für $M = 0$:

$$6a) \dots \dots \dots \frac{B_{(m)}}{B_{(n)}} = \frac{\frac{p-1}{p^{zl}-1} + \frac{\beta}{1} \cdot \varrho + \alpha_m}{\frac{p-1}{p^{l-1}-1} + \frac{\beta}{1} \cdot \varrho + \alpha_n}$$

$$6b) \dots p^{zl} = 1 + \frac{B_{(m)} \left(\frac{p-1}{p^{l-1}-1} + \alpha_n \right) - \alpha_m + \frac{\beta}{1} \cdot \varrho \left(\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}} - 1 \right)}{(p-1)}$$

Bei gleichen Kosten für Unterhaltung usw. verschwinden die Werte α : die hierbei entstehenden Ausdrücke sind aus 6a und 6b ohne weiteres abzulesen. Die Gleichungen 6a und 6b sind denen nach Rechnungsart 3 ähnlich und unterscheiden sich nur durch den Ausdruck $\frac{\beta}{1} \cdot \varrho$ an Stelle des bei

3a und 3b vorhandenen $0,01 \cdot v$. Der Wert $\frac{\beta}{1} \cdot \varrho$ ist ebenso wie $0,01 \cdot v$ (bei $v = 10\%$ ist $0,01 \cdot v = 0,10$) von beträchtlichem Einfluß. $\frac{\beta}{1} \cdot \varrho$ hat, wenn man die in der Tafel gegebenen

Beispiele zugrunde legt, folgende Größe:

1. Beispiel. $l = 35$ Jahre (Oberbau), $\beta = 1,67$ (Schrotwert),

$$k = 10 \text{ Jahre, } p = 1,07, v = 10\%: \frac{\beta}{1} \cdot \varrho = 0,08$$

2. Beispiel. $l = 9$ Jahre $\beta = 1,11$ (10% Altwert),

$$k = 10 \text{ Jahre, } p, v \text{ wie vor: } \frac{\beta}{1} \cdot \varrho = 0,18$$

Der Einfluß der Rechnungsweise 6 auf $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$ und z ist

deshalb ähnlich wie bei 3, d. h. die Rechnung geht wesentlich zu ungunsten der zu $B_{(m)}$ gehörigen Anlage mit langer Nutzungsdauer und die Wahrscheinlichkeit des wirtschaftlichen Vorteils der kurzlebigen Anlage $B_{(m)}$ wächst. Die Zahlen der Tafel bestätigen dies. Natürlich muß man sich hier mit diesem Ergebnis abfinden, da gegen die Rechnungsart 6 wohl kaum etwas einzuwenden ist.

Hiermit dürften die naheliegenden Rechnungsarten im wesentlichen erschöpft sein. Zwei durchgerechnete Beispiele sind in der folgenden Tafel zusammengestellt.

Für das erste Beispiel (Spalten 3 bis 6 der Tafel) ist eine sehr lange Nutzungsdauer für $B_{(n)}$, nämlich $l = 35$ Jahre gewählt, wie sie z. B. beim Oberbau vorkommen kann. z ist für den Fall des „natürlichen Verhältnisses“ (Gleichung 1a ohne α) zu 0,60 angenommen, so daß die Nutzungsdauer z. l. der kurzlebigen Anlage $(B_{(m)}) = 0,60 \times 35 = 21$ Jahre beträgt. Weiter ist gesetzt $r = 7\%$, also $p = 1,07$ und $v = 10\%$.

α_n und α_m ist zu 0,08 und 0,15 angenommen. Die für den II. Fall (Gleichung 5 und 6) nötige Zahl β , die das Verhältnis des eigentlichen Anlagekapitals zur späteren Erneuerungsausgabe darstellt, ist mit $\beta = 1,67$ festgesetzt, entsprechend 40% Rückgewinn durch Altwert. Nämlich $A(1-0,40) = B \cdot A = \frac{B}{0,60} = 1,67 \times B = \beta \cdot B$.

Dem zweiten Beispiel (Spalten 7 bis 10 der Tafel) liegt eine Anlage mit kurzer Nutzungsdauer $l = 9$ Jahre zugrunde. z für Gleichung 1a (ohne α) $= 0,67$, somit $z \cdot l = 0,67 \times 9 = 6$ Jahre.

p und v wie vor, auch für α_n und α_m sind die Zahlen 0,08 und 0,15 beibehalten. Für β ist 10% Altwert angenommen, so daß $\beta = 1,11$ ist.

Alle sonst noch erforderlichen Annahmen z. B. k sind aus der Zusammenstellung auf Seite 42 zu ersehen.

Das Ergebnis der Rechnungsarten 1 und 5, also ohne Tilgung der Kaufsumme, weicht erheblich von den genauen Verfahren 2 und 6 ab. Bei Überschlagsrechnungen nach 1 und 5 ist also eine gewisse Vorsicht am Platze. Man kann sonst sehr leicht erhebliche Fehlschlüsse ziehen. Selbstverständlich gibt es Verhältnisse, wobei man unbedenklich die Rechnungsarten 1 und 5 anwenden kann. Z. B. kann man dann die einfachen und handlichen Beziehungen 1 und 5 benutzen, wenn es trotz der groben Rechnung möglich ist, aus dem Ergebnis richtige Schlüsse zu ziehen. Bekannt sei

z. B. das Verhältnis $\frac{B_{(n)}}{B_{(m)}}$, ferner l und α , wobei α_m beträchtlich größer als α_n ist, und weiter kennt man den Wert z , der in Wirklichkeit nicht überschritten wird. Will man nun feststellen, welche von beiden Anlagen wirtschaftlicher ist und findet man bei der vorläufigen Überschlagsrechnung nach Gleichung 1b einen Wert für z , der über der genannten Grenze liegt, so ist daraus mit Sicherheit zu schließen, daß die zu $B_{(m)}$ gehörige kurzlebige Anlage weniger wirtschaftlich ist, da ihre im Höchsthalle erreichbare Nutzungsdauer $z \cdot l$ nicht groß genug ist, um der Gleichung 1b zu genügen. Die genaue Rechnung mit Tilgungsrücklagen (Gleichung 2b) braucht man in diesem Falle nicht mehr auszuführen, da deren Wert z noch über dem nach Gleichung 1b liegt.

Das Ergebnis der Untersuchung läßt sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei vorhandenen Anlagen, deren Anlagekapital als getilgt gelten muß, ist die Rechnungsart 2 zutreffend, d. h., die Beträge für die Erneuerung werden durch vorherige, auf die Nutzungsdauer sich erstreckende jährliche Rücklagen, die Zinseszins tragend angelegt werden, angesammelt. Das häufig angewandte Verfahren nach Rechnungsweise 3, nämlich außer den genannten Tilgungsrücklagen noch eine auf die Nutzungsdauer ausgedehnte Verzinsung des Erneuerungskapitals anzunehmen, ist unrichtig.
- Bei völlig neuen Anlagen darf die Verzinsung der Kosten der erstmaligen Beschaffung, also des eigentlichen Anlagekapitals bis zu dessen Rückzahlung und weiter die Ansammlung der Rücklagen für diese Rück-erstattung nicht unberücksichtigt gelassen werden. Der Zeitraum, nach dessen Ablauf das Anlagekapital zurückgezahlt werden muß, hat mit der Nutzungsdauer der Anlage an sich nichts zu tun, sondern richtet sich lediglich nach dem Geldmarkt oder nach besonderen, dem Unternehmen eigenen Umständen. (Rechnungsart 6.)
- Überschlagsrechnungen nach den Verfahren 1 und 5, also ohne Tilgungsraten und evtl. Zinsen sind im Grundsatz unrichtig. Man kann sie jedoch unter gewissen Voraussetzungen ohne große Fehler anwenden, z. B. dann, wenn es nach Lage der Sache möglich ist, richtige Schlüsse aus dem Ergebnis zu ziehen, muß sich aber in jedem Fall überzeugen, daß die betr. Voraussetzungen erfüllt sind.

Zum Schluß sei noch ein Sonderfall behandelt, der sich auf Entschädigungsforderungen bei Verkürzung der Lebensdauer bezieht.

Die Bodensenkungen infolge des Bergbaus schädigen den Oberbau außerordentlich und verkürzen infolgedessen seine Liegedauer. Das gleiche tritt ein durch starke Rostschäden oder durch Verschmutzung, verursacht durch benach-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		Lange Nutzungsdauer $l=35$ Jahre, entsprechend lang auch $z.l$				Kurze Nutzungsdauer $l=9$ Jahre, entsprechend auch $z.l$					
	Nach Gleichung Nr.	Werte für $\frac{B(n)}{B(m)}$ bei $z=0,60$, also $z.l=21$ Jahre		Werte für z		Werte für $\frac{B(n)}{B(m)}$ bei $z=0,67$, also $z.l=6$ Jahre		Werte für z			
		bei gleichen Kosten für Unterhaltung usw., also bei $B(n) \cdot a_n = B(m) \cdot a_m$	bei ungleichen Kosten für Unterhaltung usw. und zwar bei $a_n = 0,08$ $a_m = 0,15$	bei $\frac{B(n)}{B(m)} = 1,67$, im übrigen wie Sp. 3, also $B(n) \cdot a_n = B(m) \cdot a_m$	bei $\frac{B(n)}{B(m)} = 1,82$, im übrigen wie Sp. 4, also $a_n = 0,08$ $a_m = 0,15$	wie Sp. 3, also $B(n) \cdot a_n = B(m) \cdot a_m$	wie Sp. 4, also $a_n = 0,08$ $a_m = 0,15$	bei $\frac{B(n)}{B(m)} = 1,50$, im übrigen wie Sp. 3, also $B(n) \cdot a_n = B(m) \cdot a_m$	bei $\frac{B(n)}{B(m)} = 1,66$, im übrigen wie Sp. 4, also $a_n = 0,08$ $a_m = 0,15$		
Fall I: Vorhandene Anlage, keine erstmalige Anschaffung. Anlagekapital bereits getilgt.	Ohne Rücklagen und Versinsung gerechnet	1a	1,67	1,82	—	—	1,50	1,66	—	—	
		1b	—	—	0,60	0,60	—	—	0,67	0,67	
	Das Kapital für die Erneuerung wird vorher durch jährliche Zinseszins tragende Rücklagen während der Nutzungsdauer l bzw. $z.l$ angesammelt. Zinsfuß $r=7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1,07$	2a	3,10	1,98	—	—	1,67	1,77	—	—	
		2b	—	—	0,81	0,96	—	—	0,73	0,75	
	Kapital wird z. Z. der Erneuerung geliehen und später nach Ablauf der Nutzungsdauer l bzw. $z.l$ zurückgezahlt und bis zur Rückzahlung mit $v=10\%$ verzinst. Für die Rückzahlung werden während der Nutzungsdauer l bzw. $z.l$ jährliche Zinseszins tragende Rücklagen gemacht, hierfür Zinsfuß $r=7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1,07$	3a	1,14	1,45	—	—	1,31	1,48	—	—	
		3b	—	—	0,27	0,24	—	—	0,55	0,52	
	Wie vor, Rückzahlung jedoch für beide Anlagen nach k Jahren. Verzinsung des Kapitals ($v=10\%$) und jährliche Tilgungsrücklagen ($r=7\%$, $p=1,07$) deshalb bei beiden Anlagen nur während k Jahre. k für Spalten 3 bis 6 = 10 Jahre, k für Spalten 7 bis 10 = 6 Jahre	4a	1,67	1,77	—	—	1,50	1,63	—	—	
		4b	—	—	0,60	0,58	—	—	0,67	0,64	
	Fall II: Erstmalige Anschaffung, so daß Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals berücksichtigt werden muß. Anlagekapital = $B(n) \cdot \beta$ bzw. $B(m) \cdot \beta$ für Spalten 3 bis 6 = 1,67, für Spalten 7 bis 10 = 1,11.	Anlagekapital und Erneuerungsbeträge werden nicht verzinst und nicht getilgt.	5a	1,40	1,70	—	—	1,46	1,62	—	—
			5b	—	—	0,47	0,45	—	—	0,64	0,63
		Das eigentliche Anlagekapital wird bei beiden Anlagen nach k Jahren zurückgezahlt und bis zur Rückzahlung mit $v=10\%$ verzinst. Rückzahlung durch jährliche Zinseszins tragende Tilgungsrücklagen ($r=7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1,07$). k für Spalten 3 bis 6 = 10 Jahre, k für Spalten 7 bis 10 = 6 Jahre. Die Erneuerungsbeträge werden durch vorherige jährliche Zinseszins tragende Tilgungsrücklagen während der Nutzungsdauer l bzw. $z.l$ aufgebracht. ($r=7\%$, $1 + \frac{r}{100} = p = 1,07$).	6a	1,17	1,50	—	—	1,21	1,37	—	—
			6b	—	—	0,30	0,28	—	—	0,47	0,42

barte Industrieanlagen. Die Schäden durch Senkungen fallen immer dem Bergbautreibenden zur Last, die sonstigen Schäden der betreffenden Industrie dann, wenn sie über das für eine Industriegegend normale Maß hinausgehen. Die vermehrte laufende Unterhaltung bezahlt der Haftpflichtige von Fall zu Fall. Ebenso muß er aber auch für den Schaden infolge verkürzter Lebensdauer des Oberbaus aufkommen. Und häufig tritt die Frage auf, diesen Schaden zu bemessen.

Bekannt ist aus Vergleichsstrecken oder aus Erfahrung die normale Liegedauer l und die verkürzte z. l. Abnutzung und Altwert gleichartiger Oberbauteile sind in der Schadenstrecke nach $z l$ Jahren dieselben, wie beim Fehlen der schädigenden Umstände nach l Jahren. Infolgedessen ist für gleichartige Oberbauteile der Erneuerungswert $B_{(n)} = B_{(m)} = B$. Bei Berechnung dieses Wertes B darf man einen Zuschlag für Verwaltungs- usw. -kosten nicht vergessen. Die Beträge für Unterhaltung, die durch die Werte α ausgedrückt werden, sind für die Reichsbahn bei jedem gleichartigen Oberbauteil die gleichen. Zwar fordert der geschädigte Oberbau erheblich mehr Unterhaltung als der normale, doch wird dieses Mehr von dem haftpflichtigen Dritten bezahlt. Die Kosten für Unterhaltung fallen somit aus der Vergleichsberechnung heraus und die Zahlen α_n und α_m enthalten nur noch die auf Jahresbeträge zurückgeführten Ausgaben des Ein- und Ausbaus bei der Erneuerung.

Da es sich um eine vorhandene Anlage mit getilgtem Anlagekapital handelt, gilt die Rechnungsart 2. Die infolge Verkürzung der Lebensdauer entstehenden jährlichen Mehrkosten M_0 sind somit, da $B_{(n)} = B_{(m)} = B$ ist:

$$M_0 = B \left(\frac{p-1}{p^{z l}-1} - \frac{p-1}{p^l-1} + \alpha_m - \alpha_n \right).$$

Wie bereits gesagt, bedeuten die Glieder $B \cdot \alpha_m$ und $B \cdot \alpha_n$ die auf die Jahreseinheit bezogenen Kosten für den Aus- und Einbau bei der Erneuerung. Man erhält sie, wenn man die Ausgaben eines einmaligen Aus- und Einbaus durch $z \cdot l (= B \cdot \alpha_m)$ und durch $l (= B \cdot \alpha_n)$ teilt. Ist z. B. $z \cdot l = 16$ Jahre, $l = 20$ Jahre, B nach Abzug des Altstoffrückgewinns $= 30 \mathcal{M}/m$ -Gleis und kostet eine einmalige Auswechslung (Aus- und Einbau) $= 6,0 \mathcal{M}/m$, so erhält man für $1 m$ Gleis:

$$B \cdot \alpha_m = \frac{6,0}{16} = 0,375 \mathcal{M} \text{ und } \alpha_m = \frac{0,375}{30} = 0,0125$$

$$B \cdot \alpha_n = \frac{6,0}{20} = 0,300 \mathcal{M} \text{ und } \alpha_n = \frac{0,300}{30} = 0,0100$$

Weiter ist bei einem Zinsfuß von $r=7\%$, also bei $p=1,07$:

$$\frac{p-1}{p^{z l}-1} - \frac{p-1}{p^l-1} = 0,0359 - 0,0244 = 0,0115.$$

Somit betragen die jährlichen Mehrkosten infolge Verkürzung der Lebensdauer:

$$M_0 = 30 [0,0115 + 0,0125 - 0,0100] = 30 \times 0,0140 = 0,42 \mathcal{M}/m = 420 \mathcal{M}/km \text{ Gleis.}$$

Wie die Annahme $B=30 \mathcal{M}/m$ zeigt, sind die gesamten Oberbauteile, also Schienen, Schwellen und Kleineisen zusammengefaßt. Dies ist natürlich eigentlich nicht streng richtig, da die verschiedenen Teile nicht der gleichen Abnutzung unterliegen. Will man genau rechnen, so muß man die Oberbauteile mit verschiedenem Verschleiß voneinander trennen und die Berechnung mehrfach durchführen, wobei der Wert B einmal für die Schienen, alsdann für die Schwellen und endlich für das Kleineisen gilt, zutreffendenfalls hier auch noch mit weiterer Unterteilung. Die Summierung aller Einzelergebnisse bringt die Gesamtmehrkosten. Die Werte α_n und α_m müssen hierbei nach den einzelnen Werten für B untergeteilt werden. Einfacher ist es aber, dem Wert B den ganzen Oberbau zugrunde zu legen und beim Rückgewinn an Altstoffen mit einer ausgemittelten Abnutzung zu rechnen. Hat man auf

diese Weise B gefunden, so ist die Rechnung an sich einfach, wie das Zahlenbeispiel zeigt. Allerdings ist der Ausdruck mit den Zinseszinsfaktoren nicht bequem, da eine Logarithmen- oder Zinseszinstafel erforderlich ist, Hilfsmittel, die nicht immer zur Hand sind. Insbesondere nicht bei Verhandlungen mit den haftpflichtigen Dritten, wo häufig schnell eine solche Rechnung überschlägig durchgeführt werden muß. In solchen Fällen kann man unbedenklich nach der Rechnungsweise 1 (also ohne Tilgungsrücklagen) rechnen, da der Fehler nicht groß ist. Der Ausdruck für die jährlichen Mehrkosten stellt sich dann auf:

$$M_0 = B \left(\frac{1}{z l} - \frac{1}{l} + \alpha_m - \alpha_n \right)$$

Ganz allgemein, also für jedes beliebige l und $z l$ hat diese Art der Rechnung natürlich nur Überschlagswert. Ist jedoch die normale Nutzungsdauer l nicht sehr groß (etwa höchstens 20 Jahre) so wird der Fehler sehr gering. Die Rechnung kann dann noch weiter dadurch erleichtert werden, daß man die Aus- und Einbaukosten nicht auf die Jahreseinheit umlegt, sondern in einmaliger Höhe dem Erneuerungsbetrag B zuschlägt. Ein Blick auf den Rechnungsgang des Verfahrens 1 zeigt, daß hierbei ein Fehler nicht gemacht wird. B erhält allerdings einen anderen Wert und wird gleich B_1 .

Die jährlichen Mehrkosten errechnen sich dann aus der einfachen Beziehung $M_0 = B_1 \left(\frac{1}{z \cdot l} - \frac{1}{l} \right)$.

Nach obigem Zahlenbeispiel ist für $1 m$ Oberbau $B_1 = 30 + 6 = 36 \mathcal{M}$ und die jährlichen Mehrkosten M_0 sind $36 \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{20} \right) = 36 \times 0,0125 = 0,45 \mathcal{M}/m = 450 \mathcal{M}/km$ -Gleis gegenüber $420 \mathcal{M}$ der genauen Rechnung.

Folgende Zusammenstellung soll noch bestätigen, daß bei nicht zu großem l ($l =$ höchstens 20 Jahre) der Fehler wirklich gering ist. Man braucht nur die Ausdrücke $\left(\frac{p-1}{p^{z l}-1} - \frac{p-1}{p^l-1} \right)$ und $\left(\frac{1}{z l} - \frac{1}{l} \right)$ zu vergleichen, da im übrigen die Formeln gleich sind.

Wenn $r = 7\%$, also $p = 1,07$, so ist

bei $l = 20$ und $z l = 16$ Jahren	a)	$\frac{p-1}{p^{z l}-1} - \frac{p-1}{p^l-1} = 0,012$
	b)	$\frac{1}{z l} - \frac{1}{l} = 0,013$
„ $l = 20$ „ $z l = 15$ „	a)	wie vor = 0,016
	b)	„ „ = 0,017
„ $l = 20$ „ $z l = 10$ „	a)	„ „ = 0,048
	b)	„ „ = 0,050
„ $l = 20$ „ $z l = 5$ „	a)	„ „ = 0,149
	b)	„ „ = 0,150
„ $l = 15$ „ $z l = 10$ „	a)	„ „ = 0,032
	b)	„ „ = 0,033
„ $l = 15$ „ $z l = 5$ „	a)	„ „ = 0,134
	b)	„ „ = 0,133
„ $l = 10$ „ $z l = 6$ „	a)	„ „ = 0,067
	b)	„ „ = 0,067
„ $l = 5$ „ $z l = 3$ „	a)	„ „ = 0,137
	b)	„ „ = 0,133

Man sieht, daß die Unterschiede unerheblich sind.

Erwähnt sei noch, daß sich an der vorstehend durchgeführten Rechnung dieses Sonderfalles nichts ändert, wenn es sich um eine ausgesprochene Neuanlage handelt (Fall II), bei der das eigentliche Anlagekapital getilgt und verzinst werden muß.

Setzt man nämlich bei den nunmehr anzuwendenden Verfahren 5 und 6 in den Ausdrücken für M_0 die Erneuerungswerte $B_{(n)} = B_{(m)} = B$, und so erhält man bei der Rechnungsweise 5: $M_0 = B \left(\frac{1}{z_1} - \frac{1}{1} + \alpha_m - \alpha_n \right)$ und

bei der Rechnungsweise 6: $M_0 = B \left(\frac{p-1}{p^{z_1}-1} - \frac{p-1}{p^1-1} + \alpha_m - \alpha_n \right)$. Das sind die gleichen Ausdrücke, wie sie sich bei Anwendung der Verfahren 1 und 2 ergeben, so daß die Rechnung dieselbe bleibt.

Zugwiderstände und Fahrzeitberechnung*).

Von Regierungs- und Baurat F. Czygan, Hannover.

Bei einem sich im Gleise bewegenden Eisenbahnzug müssen durch die Zugkraft der Lokomotive die dem Zuge entgegretretenden Widerstände überwunden werden; diese bilden daher die Hauptgrundlage aller unserer den Zuglauf betreffenden Berechnungen und haben deshalb schon in den ersten Jahren der Eisenbahn die Aufmerksamkeit der Eisenbahningenieure in Anspruch genommen.

Für den Widerstand der Bewegung in der wagrechten geraden Linie gibt der österreichische Professor Gostkowski in seinem im Jahre 1891 erschienenen Werk: „Die Mechanik des Zugs-Verkehrs“ eine Zusammenstellung von nicht weniger als 35 verschiedenen Formeln, die sich alle auf alte mehr oder weniger sorgfältig ausgeführte Versuche stützen, und von denen keine als unrichtig bezeichnet werden kann. Unter den älteren Formeln sind die von Frank, Vuillemin, Diendonno und Guebard und von Clark die wichtigsten. In der ersten Hälfte der neunziger Jahre wurden mit einer bayrischen $2/4$ gekuppelten Schnellzug-Verbundlokomotive Versuche gemacht, aus denen die Erfurter Formel

$$w = \frac{W}{G} = \left(2,4 + \frac{V^2}{1300} \right)$$

hervorging, welche, ebenso wie die von Frank und Clark heute noch vielfach verwendet wird. Im Jahre 1913 hat dann Strahl die Rechnungswerte der Formel von Frank verbessert und auch nach Zuggattungen und Windstärken getrennt**). Die heute noch zur Berechnung der Widerstände verwendeten Formeln liefern sehr verschiedene Ergebnisse. Es ist z. B. der Widerstand für eine Tonne des Zuggewichtes bei einer mittleren Geschwindigkeit von 60 km/Std. nach der Erfurter Formel

$$w = 2,4 + \frac{60^2}{1300} = 5,17 \text{ kg.}$$

Nach der von Strahl für Schnellzüge aufgestellten Formel, nach der heute die s/V Diagramme vorwiegend aufgestellt werden, ist

$$w = 2,5 + \frac{1}{40} \left(\frac{60}{10} \right)^2 = 3,4 \text{ kg.}$$

Bei dem Gewicht eines Schnellzuges von 400 t wird also der gesamte Widerstand einmal mit $W=2068$, ein anderes Mal mit $W=1360$ kg in Rechnung gestellt. Man wird zugeben müssen, daß in diesem sehr wichtigen Punkt erhebliche Unsicherheiten bestehen.

Der Widerstand in Krümmungen wird noch jetzt allgemein nach der alten Formel v. Roeckls: $W = \frac{650,4}{R-55}$ ermittelt.

Wenn nun auch eine einzige Widerstandsformel als die beste erkannt und amtlich eingeführt würde, so könnte man doch aus schwerwiegenden Gründen zu keiner dieser alten Formeln volles Vertrauen fassen. Seit dem Beginn der achtziger Jahre — und auch noch nach dem Jahre 1913 — haben sich durch den neuen Reichsoberbau K, dessen Einbau

in neuerer Zeit außerordentlich gefördert wird, die Verhältnisse unseres Eisenbahngleises so gründlich geändert, daß die Ergebnisse der vor nahezu 50 Jahren durch Frank, v. Roeckl u. a. angestellten Versuche trotz ihrer dankenswerten Gründlichkeit heute keinesfalls mehr maßgebend sein können. Die Versuchszüge von Frank liefen in den Jahren 1879 und 1880 auf Schienen, deren Gewicht etwa 38 kg f. d. m betrug, und die auf Schwellen mit einem Abstände von nahezu 90 cm lagen. Die Bettung bestand damals aus Kies, dessen Widerstandsfähigkeit nach einer etwas längeren Liegezeit nicht bedeutend ist. Die Schienen bogen sich daher unter den schweren Lasten der Lokomotivräder sehr merklich durch, und eine solche Versuchsfahrt war — mathematisch gedacht — eine Fahrt über Berg und Tal, die naturgemäß erheblich größere Widerstände bietet, als eine Fahrt auf glatter ebener Bahn. Heute fahren unsere Züge auf Schienen, die ein Gewicht von 49 kg haben und auf Schwellen in einer Entfernung von 65 cm liegen. Unsere Bettung besteht aus ganz fest gewalztem oder gestampftem Steinschlag, dessen Widerstandsfähigkeit sehr viel größer ist, als die des alten Kieses. Von einer Durchbiegung der Schienen kann deshalb trotz der vergrößerten Radlasten wohl kaum noch die Rede sein.

Einen sehr bedeutenden Anteil an den Widerständen liefern die Schienenstöße, insbesondere die früher allein üblichen schwebenden Stöße. Hier biegt sich am Stoße die abgebende Schiene nach unten, die Räder stoßen gegen die empfangende Schiene und geben harte Schläge, die wir bei Eisenbahnfahrten in früheren Jahren oft genug sehr unangenehm wahrgenommen haben und jetzt bei einer Fahrt über den neuen Reichsoberbau auf den ruhenden Stößen kaum noch empfinden. Im Jahre 1880 hatten die Schienen eine Länge von 6,6 bis 9 m, die dann später auf 12 m vergrößert wurde. Heute sind die Schienen 18 m — z. T. sogar 30 m — lang, und es war daher z. Z. der Versuchsfahrten die Zahl der schädlichen Schienenstöße im Mittel doppelt so groß als jetzt.

Die Achsen unserer Eisenbahnwagen werden neuerdings mit Walzpendellagern versehen, wodurch die Achsreibung, insbesondere bei langen Güterzügen, sehr erheblich vermindert wird.

Auch die Wirkungen zwischen dem rollenden Rade und der Schiene sind jetzt ganz andere geworden. Die Wölbung des Schienenkopfes der leichten Form 6b nutzte sich sehr bald stark ab, wodurch die Stützfläche des Rades auf der Schiene größer wurde, und die Widerstände der rollenden Reibung sich vermehrten. Der neue Oberbau ist sehr viel widerstandsfähiger; auch lassen wir es jetzt zu einer so starken Abnutzung wie früher nicht mehr kommen.

Für die Berechnung der Fahrzeiten sind seit den neunziger Jahren 16 einzelne Verfahren veröffentlicht worden. Sie gehen z. T. von grundsätzlich verschiedenen Gesichtspunkten aus, und es ist daher leicht verständlich, daß sie mehr oder minder stark voneinander abweichende Ergebnisse liefern. Der Betriebstechniker, der einen Fahrplan aufstellen muß, nach dem die Züge wirklich fahren sollen, braucht dazu aber ein Rüstzeug, welches von allen das beste und zuverlässigste ist. Vor allem aber muß ein solches Rüstzeug einheitlich

*) Wir veröffentlichen diesen Aufsatz, weil er uns bemerkenswerte Anregungen zu enthalten scheint. Mit manchen Ausführungen können wir uns allerdings nicht einverstanden erklären.
D. Schriftl.

***) Siehe: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1913, Seite 326 und Glasers Annalen 1913, S. 124.

im ganzen Reiche angewendet werden, da wir viele Zugverbindungen haben, die das ganze deutsche Eisenbahnnetz nach jeder Richtung durchqueren, und wir entschieden unwirtschaftlich handeln, wenn jede Verwaltung und jede Direktion die Fahrzeiten auf ihre eigene Art berechnet. Für eine zweckmäßige Wahl dieses Rüstzeuges müssen wir die verschiedenen Verfahren wenigstens in den Hauptgruppen einer sorgfältigen Prüfung unterziehen.

Die neueren Verfahren kennzeichnen sich dadurch, daß sie den allmählichen Übergang der Geschwindigkeiten berücksichtigen und dazu die Beschleunigung p in die Rechnung einführen*).

Die Aufgabe wurde vorzugsweise auf zeichnerischem Wege zu lösen versucht. Aus diesen Lösungen sind neuerdings die fünf Verfahren von Unrein, Mueller, Strahl, Velte und Caesar herausgehoben worden, und es ist den Reichsbahndirektionen überlassen, eines der genannten Verfahren für ihren Bezirk bei Neuberechnungen einzuführen. Wie schon vorhin angedeutet wurde, muß es als zweckmäßiger — und auch wirtschaftlicher — erscheinen, dem jetzt überall in erfreulicher Weise nachgestrebten Einheitsgedanken auch hier dadurch Ausdruck zu geben, daß man nicht fünf verschiedene Verfahren zuläßt, sondern nach sorgfältiger Prüfung eines davon als amtliche Regel aufstellt. Anscheinend wird sich dieser wünschenswerte Zustand dadurch von selbst herstellen, daß man das Verfahren von Unrein allgemein als das einfachste und zweckmäßigste den andern vorzieht.

Wir müssen uns zunächst darüber klar werden, daß jedes zeichnerische Verfahren eine Menge von Fehlerquellen enthält, die auch bei sorgfältigster und geschicktester Handhabung nicht zu vermeiden sind, und die dann besonders schädlich werden, wenn sie sich summieren oder wenn schon der erste Fehler den ganzen folgenden Verlauf der zu zeichnenden Linie beeinflusst.

Für die kurze 14,5 km lange Strecke mit nur drei Gefällwechseln, die uns später als Beispiel dienen wird, müssen nach dem Verfahren von Unrein für die Darstellung der Geschwindigkeitswegelinie 21 Punkte ermittelt werden. Hierzu dient das auf Pauspapier gezeichnete S/V-Diagramm, das für eine gegebene Lokomotive und eine bestimmte Zuglast die Geschwindigkeit angibt, mit der die Last auf den verschiedenen Neigungen dauernd bewegt werden kann. Es muß also für jede Lokomotivgattung und für eine große Zahl von Zuggewichten je ein solches Diagramm vorhanden sein. Bei Personen- und Schnellzügen sind die Zuggewichte im allgemeinen nicht sehr verschieden. Bei den Güterzügen weichen nicht nur die Gewichte der verschiedenen Züge erheblich voneinander ab, sondern auch ein und derselbe Zug, der im Fahrplan unter einer bestimmten Nummer geht, hat oft an einem Tage eine ganz andere Stärke als am vorhergehenden. Man ist daher gezwungen, irgend ein Durchschnittsgewicht anzunehmen und wählt dasselbe meistens nicht weit vom Höchstgewicht**). Ist nun das wirkliche Gewicht des Zuges erheblich niedriger, als das angenommene, so könnte er schneller fahren; da er aber möglichst in dem einmal festgesetzten Fahrplan bleiben muß, wird die Zugkraft der Lokomotive nicht genügend ausgenutzt. Ist das wirkliche Gewicht höher, als das angenommene, so muß man es dem Lokomotivführer überlassen, heranzuholen, was eben möglich ist. In beiden Fällen, — welche die Regel bilden, — ist die mit vieler Mühe gezeichnete Geschwindigkeitswegelinie nur ein Schaubild, welches wohl den

* Siehe: Dr. Ing. W. Mueller, „Die Entwicklung der Fahrzeitberechnung der Personen- und Güterzüge.“ Verkehrs-technische Woche 1921, Seite 215.

** Für Durchgangsgüterzüge der Strecke Hamm—Berlin werden z. B. 1600 t, für diejenigen von Berlin nach Hamm 1400 t angenommen. Für weniger verkehrsreiche Straßen wählt man 1200 t.

ungefähren Verlauf der Fahrt erkennen läßt, mit der Wirklichkeit aber nicht übereinstimmt. —

Zunächst wird der sogenannte „Ausschwingwinkel“ berechnet und auf der Diagrammpause mit seiner Mittellinie genau wagrecht aufgetragen. Die so fertiggestellte Diagrammpause muß nun mit einem der Streckenneigung entsprechenden Punkt nacheinander auf alle Punkte der zu zeichnenden Geschwindigkeitswegelinie und auf je einen Punkt der Wegeachse aufgelegt, mit einer Nadel festgehalten und einmal nach links und einmal nach rechts so gedreht werden, daß erst der eine und dann der andere Schenkel des Ausschwingwinkels gleichlaufend mit der Wegeachse liegt. Bei dem vorerwähnten sehr einfachen Beispiel muß also das Diagramm 42mal umgesetzt und 42mal gedreht werden. Wird der Winkel nicht ganz richtig aufgetragen, oder werden seine Schenkel nicht genau in die rechte Lage gebracht, so erhält man einen unrichtigen, oder wenigstens ungenauen Punkt der Geschwindigkeitswegelinie. Sodann wird der Zeitwinkel in genauer Aufeinanderfolge längs der ganzen Linie aufgelegt, um die vollen Minuten zu bestimmen, und schließlich werden die Stationen bzw. die Gefällwechsel mit dem Meßkeil noch genauer eingemessen.

Bei dem Verfahren des Dr. Ing. Velte werden mehrere Pole angenommen und es muß zu deren Polstrahlen eine große Zahl von Parallelen gezogen werden, was auch der gewandteste Zeichner auf dem Zeichenbrett niemals ganz fehlerlos ausführen kann. Außerdem müssen die Winkel, welche die einzelnen Stücke der Geschwindigkeitszeitlinie mit der wagrechten Achse bilden, mit einem besonderen Werkzeug gemessen und in die Zeichnung übertragen werden.

Wenn auch die erwähnten fehlerhaften Ausschläge an sich nur gering sind, so pflanzen sie sich doch auf die ganze zu zeichnende Linie fort; auch ist zu berücksichtigen, daß in den kleinen Maßstäben, die wir für unsere Zeichnung wählen müssen, 1 mm schon einen bedeutenden Wert darstellt. Jedenfalls werden wir nur zu einem Verfahren volles Vertrauen fassen können, das keine so große Zahl von Fehlerquellen enthält, wie die vorgenannten, sondern durchweg auf mathematischen Grundlagen beruht, gegen die es einen Einwand nicht gibt.

Unter den rechnerischen Verfahren ist das von Dr. Ing. Gaede aufgestellte das neueste und klarste. Für den hier zu ziehenden Vergleich können nur die Hauptgrundsätze angeführt werden: eine genaue Darstellung des Verfahrens ist im Archiv für Eisenbahnwesen 1921 Heft 1 veröffentlicht.

Dr. Gaede benutzt für die Widerstände die Formel von Frank:

$$7*) \dots \dots \dots W = \left[a + b \left(\frac{V}{10} \right)^2 \right] \frac{G}{1000} \text{ in Tonnen und} \\ b = \frac{b_1 \cdot L + b_2 \cdot Q}{G}$$

Hierin ist $a=2,5$; $b_1=0,067$ und b_2 ein von der Beschaffenheit der Wagen abhängiger Beiwert, der zwischen 0,025 bei vierachsigen Schnellzugswagen und etwa 0,14 bei leeren offenen Güterwagen liegt. L ist das Gewicht der Lokomotive mit Tender in t, Q das Gewicht des Zuges ohne Lokomotive mit Tender und G das Gewicht des ganzen Zuges.

Für die beschleunigende Kraft stellt Gaede aus der über der Geschwindigkeitslinie gezeichneten Lokomotivzugkraft und der aus der obigen Widerstandsformel folgenden Widerstandskraft (für ein bestimmtes Zuggewicht) ein Diagramm auf, dessen Linie er zur Ermöglichung der rechnerischen Behandlung durch zwei Gerade (für den Bereich der Zugkraft aus der Reibungsgrenze und aus der Kesselleistung)

*) Der besseren Übersicht wegen werden hier die Formeln mit denselben Nummern bezeichnet, die Dr. Gaede ihnen in seiner Abhandlung gibt.

ersetzt. Dementsprechend muß auch bei der rechnerischen Auswertung zwischen diesen beiden Fällen unterschieden werden (vergl. Abb. 1, V' ist die Grenzgeschwindigkeit zwischen den beiden Gebieten bei der mit der Zugkraft aus der Reibung die Kesselleistung erreicht ist, V_i und V'' die Beharrungsgeschwindigkeit, Beschleunigung = 0). Führt der Zug auf einer Steigung oder im Gefälle i : so ist die Beschleunigung für die t Zuggewicht um i größer oder kleiner (bildlich durch Eintragen paralleler Linien zur Abszissenachse im Schaubild zu berücksichtigen). Für die Anfahrperiode, wo $Z_0 = Rf$ (Reibungsgewicht R , Reibungsziffer $f = \frac{1}{7}$) unveränderlich, somit auch p_{00} und P_{0i} (Beschleunigung für $V=0$ und Wagrechte oder Steigung) ergibt sich dann die Zeit bis zur Erreichung der Geschwindigkeit V' :

$$t = \frac{V'}{p_{00}} \text{ bzw. } \frac{V}{P_{0i}}$$

Wenn man die in kreisende Bewegung zu setzenden Massen mit 8% berücksichtigt, so ist die ganze Masse $M = \frac{G \cdot 1,08}{9,81} = \frac{G}{9,08}$.

Dieses sind die einfachen Grundlagen für den ersten Streckenabschnitt; für die folgenden wird dann die Anfangs- und Endgeschwindigkeit jedes Abschnittes in die Rechnung eingeführt und weiterhin auch das Absteigen der Beschleunigungslinie berücksichtigt. Gaede stellt für diesen Abschnitt die Zeitdauer Δt durch diejenige Zeit t , die erforderlich wäre, wenn die Teilstrecke (s) mit der ihrer Neigung entsprechenden Beharrungsgeschwindigkeit V' durchlaufen würde und aus einem Zuschlag, der dem Verlust infolge der tatsächlichen vorhandenen geringeren Geschwindigkeit entspricht:

$$42) \dots \dots \dots t = t + \Delta t (1 - m).$$

Darin ist

$$43) \dots \dots \dots t = \frac{s}{V_i}$$

$$44) \dots \dots \dots \Delta t = \frac{(V_i - V_1)(V_i - V_1')}{V_i \cdot p_0}$$

$$45) \dots \dots \dots m = e^{-p_0 t / (V_i - V_1')}$$

Der Wert m wird mit Hilfe einer dafür aufgestellten Tafel berechnet, indem man das darin noch unbekanntes t zunächst schätzungsweise annimmt und dann die Rechnung wiederholt.

Diese Berechnung ist sehr umständlich, behält aber gegenüber den zeichnerischen Verfahren den Vorzug, daß sie für jedes Zuggewicht und für jede Lokomotive ohne weiteres durchgeführt werden kann, daß sie auf festen mathematischen Grundlagen beruht und, wenn sie mit der nötigen Sorgfalt behandelt wird, frei von allen Fehlerquellen ist.

Man kann sich nun aber die Arbeit mehrfach unbedenklich erleichtern, wenn man berücksichtigt, daß der absteigende Zweig der Beschleunigungslinie (s. Abb. 1) nur bei hohen Geschwindigkeiten bedeutende Abweichungen ergibt, und wenn man demgemäß auch im zweiten Abschnitt die Streckenteile mit geringeren oder mittleren Geschwindigkeiten nach der einfachen Art wie sie von Gaede in der Anfahrperiode angenommen wird berechnet, indem man die von Dr. Gaede aufgestellte Gleichung:

$$22) \dots \dots \dots t = \frac{V_1}{p_{0,i}} + \sqrt{\frac{2s}{p_{0,i}} + \left(\frac{V_1}{p_{0,i}}\right)^2}$$

benutzt, das würde bedeuten, daß stets mit der der Geschwindigkeit 0 entsprechenden höchsten Zugkraft der Lokomotive gerechnet wird. Die Schriftleitung.

In dem nachstehend behandelten Beispiel findet Dr. Gaede für den Streckenabschnitt 2 die Fahrzeit $t=150$ Sek. und für den Abschnitt 3: $t=191$ Sek. Aus der vorstehenden

Gleichung 22) ergeben sich für dieselben Abschnitte die Fahrzeiten $t=148$ Sek. und $t=178$ Sek., also nur bei letzterem die geringe Abweichung von 13 Sek., die, wie wir später sehen werden, unbedenklich ist.

Dr. Gaede hat im Archiv 1921, S. 68 bis 70 nach seinem Verfahren ein Beispiel mit folgenden Grundlagen durchgerechnet: Schnellzuglokomotive preußischer Gattung S. 6 Tender 4 T. 21,5, 9 D-Zugwagen. Gewicht der Lokomotive $L'=61$ t, Gewicht des Tenders $T=50$, Gewicht der Wagen $Q=9 \times 40 = 360$ t, das ganze Zuggewicht $G=61+50+360=471$ rund $=470$ t.

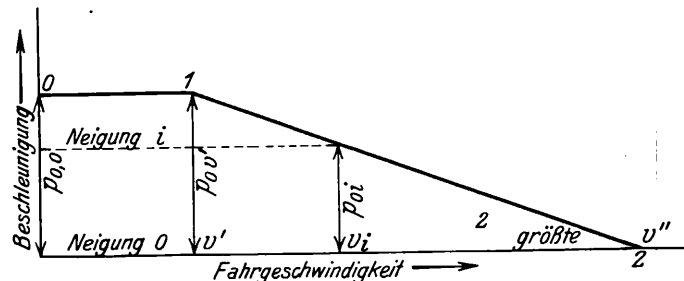


Abb. 1.

Schaubild für die von der Geschwindigkeit abhängigen möglichen Beschleunigungen.

0 bis 1 Bereich unveränderlicher Lokomotivzugkraft aus der Reibungsgrenze,

1 bis 2 Bereich der durch die Kesselleistung begrenzten Beschleunigungen,

V'' V_i Beharrungsgeschwindigkeiten für Wagrechte und Neigung i , V' Grenzgeschwindigkeit zwischen beiden Bereichen.

Streckenabschnitt 1:	300 m lang, steigend	2,50/00
„ 2:	1200 m „ „	40/00
„ 3:	3000 m „	1:∞
„ 4:	10000 m „ fallend	20/00

Für das Verfahren von Unrein konnte die alte Lokomotive S. 6 nicht beibehalten werden, da dieselbe kaum noch im Betriebe ist und daher s/V -Diagramme dafür nicht vorhanden sind. Es wurde die ihr zunächst stehende Lokomotive P. 8 gewählt. Dieselbe ist etwas stärker und wurde deshalb das Zuggewicht von 470 auf 500 t erhöht. Hiermit wurde die auf Abb. 2 dargestellte Geschwindigkeitswegelinie genau aufgetragen.

Streckenabschnitt Nr.	Fahrzeit in Sekunden auf				Ganze Strecke
	1	2	3	4	
Nach Unrein	75	140	195	420	830
Nach Dr. Gaede	110	150	191	406	857

Aus der vorstehenden Zusammenstellung ist zu ersehen, daß die nach Unrein und Gaede ermittelten Fahrzeiten z. T. nicht unerheblich voneinander abweichen*). Das kann hier nicht daran liegen, daß wir für das Verfahren von Unrein eine etwas stärkere Lokomotive mit einer dementsprechend vergrößerten Zuglast wählen mußten, weil die daraus hervorgegangenen Größen bald niedriger bald höher sind, als die von Gaede. Bei näherer Prüfung der zahlreichen heute noch als richtig anerkannten und zur Berechnung der Fahrzeiten

*) Die Verschiedenheit erklärt sich wohl daraus, daß erstens zwei ihrer Art nach ganz verschiedene Lokomotiven verglichen wurden und zweitens, daß als Grundlage für sämtliche zeichnerische Verfahren das genaue s/V -Diagramm, für die Untersuchungen Gaedes aber ein der rechnerischen Behandlung zugängliches Ersatzschaubild dient. Bei der vom Verfasser vorgenommenen weiteren Vereinfachung wird überhaupt nur ein Zugkraftwert der Lokomotive und zwar der größte benützt.

Die Schriftleitung.

benutzten Verfahren wird man finden, daß alle mehr oder weniger voneinander verschiedene Ergebnisse liefern.

Es wird gewiß niemand die wissenschaftliche Leistung, die in diesem Verfahren enthalten ist, verkennen; heute, wo nächst der Betriebssicherheit die Wirtschaftlichkeit unseres Eisenbahnbetriebes als oberster Grundsatz gilt, müssen wir uns aber fragen, ob es richtig ist, so viel kostbare Zeit und Arbeitskraft*) an eine Aufgabe zu wenden, die so viele verschiedene Lösungen zuläßt, von denen wir schon im voraus wissen, daß keine derselben der Wirklichkeit entspricht, vielmehr unter Umständen weit davon abweicht.

Jeder Lokomotivführer weiß, daß die Fahrt eines und desselben Eisenbahnzuges ganz anders verläuft, wenn die Schienen trocken sind, als wenn sie naß oder gar mit Reif oder Schnee bedeckt sind. Es ist auch bekannt, daß unsere Lokomotiven, wenn sie schon längere Zeit im Dienst sind, an zahlreichen Krankheiten leiden, welche ihre Zugkraft und damit auch die Zugfahrt sehr wesentlich beeinflussen.

Ferner kann eine Zugfahrt durch ungünstigen Wind sehr verzögert werden. Wie schon früher kurz erwähnt wurde, gibt

Wenn wir nun einen Blick in die Zukunft werfen, so tritt vor allem der dringende Wunsch in den Vordergrund, daß jetzt nach einem halben Jahrhundert erneut Versuche ausgeführt werden mögen, welche der in jüngster Zeit vorgenommenen gründlichen Umgestaltung unseres Oberbaues gebührend Rechnung tragen. Auch im Lokomotivbau stehen wir gegenwärtig an der Wende eines neuen Zeitabschnittes. Als die Ländereisenbahnen an das Reich übergingen, betrug die Zahl der übernommenen Lokomotivgattungen nicht weniger als 210. Durch die neue Vereinheitlichung soll diese Zahl auf 14 herabgemindert werden. Außerdem ist bei diesen 14 Gattungen noch möglichste Einheitlichkeit der Bau- und Ausrüstungsteile angestrebt, um die Herstellungs- und Unterhaltungskosten durch Austauschbau auf ein geringstes Maß herabzumindern. Es ist nicht gut denkbar, daß für alle diese durchgreifend geänderten Verhältnisse die alten Formeln und Versuche auch nur annähernd richtige Ergebnisse liefern können.

Hierbei liegt nun der Gedanke nicht ferne, warum wir erst durch Versuche die Widerstände ermitteln, um dann

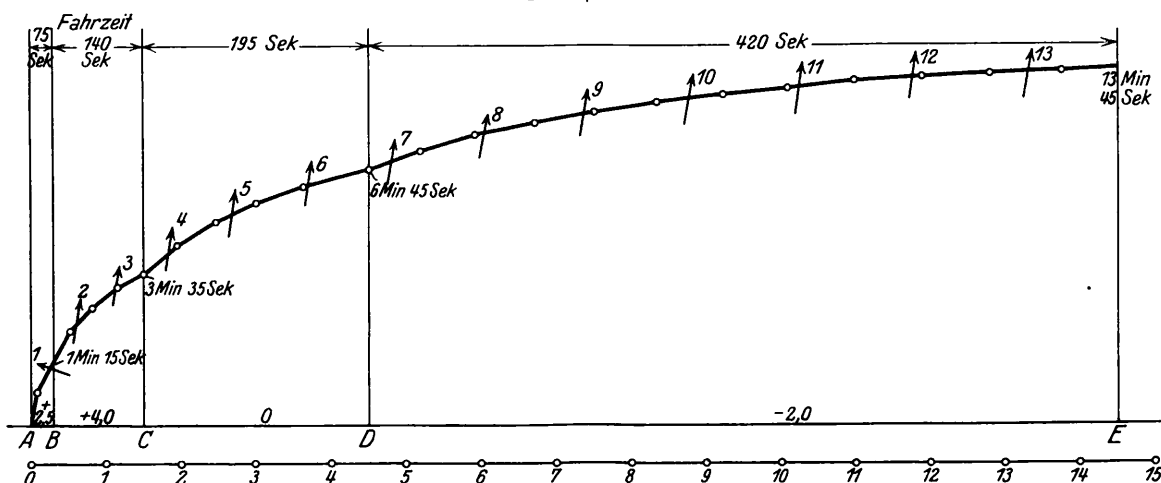


Abb. 2. Geschwindigkeitswegelinie.

Strahl, wenigstens für Eil- und Schnellzüge sowie für schwere Güterzüge, eine Widerstandsformel für Windstille und eine für starken Seitenwind und berechnet dann nach der ersteren die kürzeste Fahrzeit und nach der letzteren die regelmäßige Fahrzeit**). Bei den übrigen Verfahren wird nach der neuesten Verfügung der Hauptverwaltung die planmäßige Fahrzeit dadurch bestimmt, daß zu der durch Rechnung oder Zeichnung ermittelten Fahrzeit Zuschläge gemacht werden und zwar für FD-Züge 4%, für D-Züge 7%, für Eilgüter-, beschleunigte und gewöhnliche Personenzüge 10%. Die kürzeste Fahrzeit wird dann nach der (B. O.) bestimmt. Ob diese Zuschläge angemessen sind, kann nur die Erfahrung lehren. Die hiernach auf diesem Gebiete herrschende große Unsicherheit sollte doch dahin führen, zur Berechnung der Fahrzeit nur das allereinfachste Verfahren zu benutzen, vor allem aber, wie schon früher angedeutet wurde, ein einziges solches Verfahren einheitlich im ganzen Reiche anzuwenden.

*) Bei einzelnen Reichsbahndirektionen sind drei Beamte etwa $\frac{3}{4}$ des Jahres hindurch nur mit diesen Ermittlungen beschäftigt.

**) Siehe: Glasers Annalen 1913, Band 73, Seite 86 u. f.

mit vieler Mühe die Geschwindigkeiten und Fahrzeiten auszurechnen, da es doch möglich sein muß, unmittelbar durch Versuche festzustellen, mit welcher Geschwindigkeit eine Lokomotivgattung verschiedene Lasten auf den einzelnen Neigungen der Bahn bewegen kann, ohne übermäßig angestrengt zu werden, oder zu viel Kohlen zu verbrauchen. Es würde sich dabei nicht einmal um eigentliche Versuche handeln, sondern nur um planmäßig eingerichtete Aufschreibungen aus dem Betriebe, wie wir sie auch zu anderen Zwecken vielfach machen. Die Zahl dieser Aufschreibungen müßte allerdings eine große sein, würde aber die Zugführer gewiß nicht übermäßig belasten und würde sich durch unser sehr zweckmäßiges Lochkartenverfahren mit geringer Arbeit sehr nützlich verwerten lassen. Bei den früheren 210 Lokomotivgattungen war ein solches Verfahren nicht gut durchführbar; bei den künftigen 14 Gattungen ist es aber sehr wohl möglich. Wir könnten dann hiermit ein neues „Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn“ anlegen, ähnlich dem, das wir jetzt besitzen, aus dem wir dann alle für die Festsetzung der Fahrzeit nötigen Angaben ohne Rechnung oder Zeichnung mühelos entnehmen könnten.

Zeichnerisches Verfahren zur Erstellung von Geschwindigkeits-(s. V-)Diagrammen der Dampflokomotiven.

Von Ing. Dr. techn. Konrad Koref, Košice.

Hierzu Tafel 4.

Zur Berechnung der Fahrzeiten für ein gegebenes Gewicht des Wagenzugs verwendet man das s, V-Diagramm, d. i. die

Darstellung der zusammengehörigen Geschwindigkeiten V (km/h) und Steigungen s in $\frac{0}{100}$ für dieses Wagengewicht.

Die bisherige Art der Gewinnung dieses Diagrammes erfordert die Berechnung der sog. „Leistungscharakteristik“ bei der größten Dauerleistung des Kessels, die Bestimmung der indizierten Zugkräfte und aus diesen, durch Abzug des Widerstandes von Lokomotive und Tender, die Errechnung der Zugkräfte am Tenderzughaken in der wagrechten Bahn (Z_{eo}), sämtliche Größen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Diese Rechnungen werden nach dem Strahlschen Verfahren durchgeführt; allerdings ergibt die Strahlsche Theorie zu günstige Leistungen, da sie mit zu kleinem Dampfverbrauch für die indizierten PS/Std. rechnet; sie benützt eine analytische Formel für die Charakteristik als Funktion der Geschwindigkeit. Das in Heft 8 des Jahrg. 1927 dieser Zeitschrift veröffentlichte Verfahren liefert auf zeichnerischem Wege mit den Ergebnissen der bekannten neuesten Versuche (Prof. Nordmann) gut übereinstimmende Werte.

Hat man die Z_{eo} für einige Geschwindigkeiten auf eine dieser Arten berechnet, so wird aus der Beziehung

$$G_w = \frac{Z_{eo} - G_1 \cdot s}{w + s}$$

eine Reihe von Belastungen G_w in Tonnen einerseits für die gewählten Geschwindigkeiten, andererseits für verschiedene Steigungen berechnet und zeichnerisch dargestellt. Hierin ist G_1 das Gewicht der Lokomotive samt Tender in Tonnen, s die Steigung in ‰ und w der Widerstand der Wagen in kg/t in der Horizontalen.

Die langwierige Rechnung kann sehr abgekürzt werden, wenn man nur für die Steigungen 0, 2, 5, 10, 20, 30 ‰ und für die Geschwindigkeiten 10 oder 20 km/h, die charakteristische Geschwindigkeit und für zwei bis drei höhere Geschwindigkeiten die G_w berechnet und zur zeichnerischen Darstellung dann zwei Diagramme verwendet, und zwar ein V, G- und ein s, G-Diagramm. Zeichnet man V, G im I. Quadranten, s, G im II. Quadranten, wobei die G auf die gemeinsame y-Achse aufgetragen werden, so erhält man die s, V-Diagramme im Quadranten III. Die Nebeneinanderzeichnung von V, G und s, G ermöglicht auch eine genaue Zwischenschaltung für nicht berechnete und gelegentlich gebrauchte V oder s. (Siehe Abb. 1, Taf. 4).

Die Rechnungen, welche von den Z_{eo} zu den s, V-Diagrammen führen, können nun durch ein zeichnerisches Verfahren ersetzt werden.

Das zeichnerische Verfahren besteht in der Darstellung des Verhältnisses:

$$G_w : 1 = (Z_{eo} - G_1 \cdot s) : (w + s).$$

Man entwirft ein rechtwinkliges Achsenkreuz mit den gleichmäßigen Teilungen für die Z_{eo} und G_w auf der positiven, für V auf der negativen Ordinatenachse, ferner die Teilung der w auf der positiven Abszissenachse mit Benützung der Kurven $w_0 = 2,5 + \frac{(V+12)^2}{y}$ nach Strahl, worin für Schnellezüge $y=4000$, für Personenzüge $y=3000$ und für Güterzüge $y=2000$ ist.

In dieses Achsenkreuz tragen wir nun die aus der Leistungscharakteristik errechneten Z_{eo} -Werte auf die Ordinaten in den, mit den zugehörigen V-Werten bezeichneten, w-Punkten auf.

Wählen wir die Maßstäbe:

G_w	10 mm = 100 t
Z_{eo}	10 mm = 500 kg
w	10 mm = 1 kg/t
(s)	10 mm = 1 ‰ = 1 kg/t
V	10 mm = 10 km/h

so wird die Poldistanz $\overline{P.O}$ gleich 50 mm = 1.

Die Punkte der „verzerrten“ Zugkraftkurve Z_{eo} werden mit dem Ursprung O verbunden und zu diesen Strahlen durch

den Pol P die parallelen Strahlen gezogen. Wir erhalten so auf der positiven Ordinatenachse die Belastungen in der Wagrechten ($s=0$ ‰) nach der Gl. $G_w : 1 = Z_{eo} : w$. Durch Übertragen dieser Werte auf die w -Ordinaten ergibt sich die (verzerrte) Belastungskurve für $s=0$ ‰ $G_o = f(w)$.

Zeichnen wir für ein beliebiges s ‰ die Kurve Z_{es} auf die gleichen w -Ordinaten und tragen links vom Ursprung s in ‰ an, so ist die gleiche Konstruktion anzuwenden, nur tritt an Stelle des Ursprungs der Punkt $-s$ ‰ (nach der allgemeinen Gleichung).

Die verzerrten Belastungskurven sind im Bedarfsfalle in maßstäbliche Ordinaten zu übertragen.

Dieses Verfahren eignet sich auch zum Aufsuchen beliebiger Zwischenwerte; man findet zu zweien der drei Veränderlichen V, G und s die gesuchte dritte.

Zum Ermitteln der Fahrzeiten brauchen wir aber nur das (s, V)-Diagramm für ein gegebenes G_w . Durch eine kleine Änderung in der Zeichnung (Abb. 2, Taf. 4) ist eine unmittelbare Bestimmung des (s, V)-Diagrammes, aus Z_{eo} möglich ohne die Zwischendiagramme (V, G) und (s, G).

Wenn wir uns von jedem w ab eine gewisse Steigung s , z. B. 10 ‰, rechts antragen und auf der Ordinate in $(w+s)$ dann $Z_{eo} - G_1 \cdot s = Z_{es}$ auftragen, so sehen wir, daß die Endpunkte der den verschiedenen Steigungen entsprechenden Z_{es} -Ordinaten für gleiche Geschwindigkeit auf einer Geraden durch Z_{eo} liegen, und alle Z_{es} Geraden für die verschiedenen Geschwindigkeiten untereinander parallel sein müssen. Die Verhältnisdreiecke haben nun einfach eine horizontale Verschiebung um s ‰ erhalten; sonst ist alles unverändert.

Nun schneidet aber für ein bestimmtes Wagengewicht G_w eine zu dem betreffenden Polstrahl $\overline{PG_w}$ durch den Koordinatenanfangspunkt parallel gezogene Gerade auf dem vorerwähnten Z_{es} Liniensystem Punkte ab, deren Abszissen die zur Geschwindigkeit V der betreffenden Z_{es} Linie gehörige Steigung s ergeben, so daß man zusammengehörige Werte V, s für das angenommene Wagengewicht erhält, in Übereinstimmung mit der oben angeführten Grundgleichung.

Die erhaltenen Wertpaare V, s sind in ein gewöhnliches Koordinatensystem zu übertragen, wie in Abb. 2, Taf. 4) im Quadranten III gezeigt (Anmerkung 1 und 2).

Der Schnittpunkt des (s, V)-Strahles mit der Z_{eo} -Kurve liefert die Geschwindigkeit, bei welcher die gegebene Last in der Wagrechten (im Beharrungszustande) befördert werden kann; in der Abb. 2, Taf. 4 ist dies für $G=1400$ t eingezeichnet.

Zur Ermöglichung der Kontrolle sei angeführt, daß beide Abbildungen die Heißdampfschnellzuglokomotive 2 D Reihe 455.0 CSD betreffen. Das Gewicht von Lokomotive und Tender mit halben Vorräten ist $G_1=131$ t.

Die errechneten Zugkräfte (nach dem Verfahren des Verfassers und mit der Strahlschen Widerstandsformel für Lokomotive samt Tender und die Widerstände der Wagen) sind für

	Z_{eo}	w
V = 20	9990 kg	2,76 kg/t
V = $V_k = 36,2$	9910 „	3,09 „
V = 50	7430 „	3,46 „
V = 60	6190 „	3,80 „
V = 70	5140 „	4,18 „
V = 80	4300 „	4,62 „

Das Verfahren ist natürlich auch anwendbar auf die zeichnerische Bestimmung der zulässigen Grenzbelastungen mit Rücksicht auf die Zughakenbeanspruchung. Diese Beanspruchung erscheint als feste Zugkraft Z_e ; es ist leicht zu bestimmen, von welcher Steigung an die möglichen Be-

lastungen für verschiedene Geschwindigkeiten nicht mehr herabgesetzt werden müssen.

Solche Fälle können bei Vorspannleistungen auch bei schwächeren Lokomotiven vorkommen; es ist dann die summarische Zugkraftkurve beider Lokomotiven in Vergleich zu setzen mit der zugelassenen Zughakenbeanspruchung (Anmerkung 3).

Anmerkungen:

1. Der s, V-Strahl teilt die Zugkraft Z_e in zwei Abschnitte: Den Widerstand der Wagen $G_w \cdot (w + s)$ und die beschleunigende

(bzw. verzögernde) Kraft $\pm P_{kg} = Z_e - G_w \cdot (w + s)$; es ist auch $\frac{P}{G_w + G_l} = s \text{ kg/t.}$

$$\text{Z. B. } 9990 - 400 \cdot 2,76 = 8886 \dots \dots s = \frac{8886}{400 + 131} = 16,7.$$

2. Das Ziehen der Polstrahlen entfällt, wenn man auf der Ordinate im Abstand \overline{PO} rechts von O einfach G_w aufträgt und den erhaltenen Punkt mit dem Koordinatenanfangspunkt verbindet.

3. Kommen größere effektive Zugkräfte (über 10 000 kg) in Betracht, dann trägt man Z_e in halbem Maßstab 10 mm = 1000 kg auf, wodurch die Polentfernung $\overline{PO} = 100 \text{ mm}$ wird.

Aus amtlichen Erlassen.

Gesichtspunkte für die Konstruktion der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen der Deutschen Reichsbahn.

Die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hat auf Grund einer Beratung in Berlin vom 5. bis 9. Juli 1927 über die Konstruktion elektrischer Wechselstromlokomotiven und Tiebwagen, zu der auch fachlich beteiligte ausländische Eisenbahnverwaltungen geladen waren, eine Reihe von Entscheidungen getroffen, deren wichtigste kurz angedeutet seien.

Die verhältnismäßig hohe Zahl der Stromabnehmerentgleisungen macht es nötig, den Ausschlag des Fahrdratzickzacks in Kurven von 600 mm auf 500 mm zu verringern. Ferner soll durch Verwendung liegender Rillenisolatoren an der Bauhöhe des Stromabnehmers gespart werden, was einer Erhöhung des Lokomotiv-Dachscheitels zu gute kommt. Eine Steigerung der Bügelanpreßkraft um 1 bis 1,6 kg erscheint ebenfalls geboten, während ein Abgehen von der doppelten Isolation der Hochspannungsdachleitungen noch von der Bewährung der Versuchsisolatoren abhängt. Gegen das Anbringen von Dachleitern ist bei der ausreichenden Gefährvertrautheit des Lokomotivpersonals heute nichts mehr einzuwenden. Ob der umstrittene Wert des Einschaltwiderstandes im Hauptölschalter dazu führen wird, ihn künftig fortzulassen, ist noch nicht endgültig entschieden. Wahrscheinlich wird dies aber so kommen. Die Frage des Luftschalters bedarf noch eingehender Versuchsarbeit, ebenso

ein Verlegen der Abschaltung schwererer Kurzschlüsse vom Lokomotivhauptschalter weg ins Unterwerk. Bei 38 neuen 1-Do-1-Schnellzuglokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft werden Trockentransformatoren eingebaut, um die Betriebssicherheit der neuen Bauart zu erproben. Die Überlastungsfähigkeit der Umspanner und Motoren soll künftighin nicht mehr so sehr durch die Erwärmungsvorschriften als vielmehr durch höhere Nennleistungen bei besserer thermischer Baustoffausnutzung erzielt werden. Die Normung der Kohlebürsten ist noch völlig im Fluß. Umspanner- und Schalteröle sind auch weiterhin nach technisch-physikalischen und chemischen Bedingungen und nicht nach den wenig zuverlässigen Markenbezeichnungen zu beschaffen.

Elektropneumatische Schützen werden bis auf weiteres nicht mehr verwendet, wohl aber elektromagnetische Schützen und die bewährten Schlitten- und Feinreglersteuerungen. Im Gesamtaufbau werden bei Neubauten einteilige Rahmen bevorzugt. Auf Keilnachstellung an Stangenköpfen kann bis auf wenige verzichtet werden. Der Wert der Zahnradfederungen ist noch nicht einwandfrei erwiesen, Ersatz durch Schrägverzahnung bei doppeltem Antrieb wäre vielleicht vorzuziehen. Bei den Triebwagen muß erst eine längere Betriebszeit über die Überlegenheit einzelner Typen entscheiden. Sch-I.

B e r i c h t e.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Eisenbahnschienen in Amerika.

Bekanntlich arbeitet man auch in Amerika heute mit erheblich schwereren Schienen als früher. Was das letzte Jahrzehnt angeht, so machten in den Vereinigten Staaten im Jahre 1917 die über 50 kg/m schweren Schienen nur 26% der Gesamtzeugung aus, während dieser Anteil bis 1927 auf 68,8% gestiegen waren, und von den Schienen des Jahres 1927 wog etwa ein Drittel mehr als 60 kg/m. Dabei ist natürlich nicht nur die Schiene schwerer geworden, sondern der ganze Oberbau ist verstärkt worden, wie auch auf seiten der Lokomotive neben dem erhöhten Gewicht auch die größere Fahrgeschwindigkeit zu der vermehrten Beanspruchung des Oberbaus beigetragen hat.

Nachdem im Jahre 1908 Normen für Schienen von 25 bis 50 kg mit einer die Breite übertreffenden Höhe aufgestellt worden waren, machten im Jahre 1916 die Lehigh Valley- und die Pennsylvania-Eisenbahn, von denen namentlich die letztgenannte immer eine führende Rolle im amerikanischen Eisenbahnwesen gespielt hat, einen Vorstoß auf dem hier behandelten Gebiet, indem sie von der 55 kg/m schweren Schiene zu einer solchen mit 65 kg Metergewicht übergingen. Die anderen Eisenbahnen folgten diesem Beispiel nur langsam. Der Umfang, in dem schwere Schienen auf Strecken mit schwerem und schnellem Verkehr verwendet werden, ist neuerdings durch einen Fragebogen ermittelt worden. Daraus ging hervor, daß Eisenbahnen von zusammen 97 890 km Länge oder 28,2% der Gesamtlänge Schienen

von 63,5 bis 68 kg/m Gewicht als schwerste verwenden; nur wenig mehr, nämlich welche mit 99 582 km Länge oder 28,7% bezeichnen 55 kg/m als ihre schwerste Schiene; Eisenbahnen mit 121 552 km Länge oder 35,1% gehen mit dem Schienengewicht bis 50 kg/m. Bei Eisenbahnen von nur 23 052 km Länge oder 6,6% ist 45 kg/m das Höchstgewicht der Schienen, und nur zwei Eisenbahnen mit 4503 km Länge oder 1,3% bleiben mit 42,5 kg/m Höchstgewicht noch hinter ihnen zurück. Der Übergang zu schwereren Schienen hat sich namentlich in den letzten Jahren vollzogen, dabei wurden bei einigen Bahnen die neuen Formen nicht gleich für ganze durchgehende Strecken, sondern zunächst für scharfe Krümmungen, für Tunnel und schwer belastete Teilstrecken im Gebirge eingeführt.

Mit einer Erhöhung des Schienengewichts werden vier Ziele verfolgt: Verringerung des Unterhaltungsaufwands, Verlängerung der Lebensdauer, Verringerung der Zahl der Schienenbrüche und sonstigen Schäden an einzelnen Schienen und eine allgemeine Verbesserung des Oberbaus. All dies hängt natürlich nicht nur von der Schiene ab, sondern besonders auch vom Gleisbett. Die Zeit, die seit Einführung der schweren Schienen bei den einzelnen Eisenbahnen vergangen ist, ist noch zu kurz, als daß ein abschließendes Urteil möglich wäre, aber im allgemeinen kann gesagt werden, daß die neuen Schienen den Ansprüchen genügen, die an sie gestellt werden.

Für die zweckmäßigste Schienenform gilt z. Z. in den

Vereinigten Staaten diejenige der Lehigh Valley-Eisenbahn mit 68 kg/m Gewicht. Infolge ihrer hohen Tragfähigkeit verteilt sie die Last auf eine größere Fläche der Bettung; ihr gegen andere Formen etwas verbreiteter Fuß gewährleistet eine sichere Lagerung auf der Schwelle, und ihr hoher Steg ermöglicht das Anbringen kräftiger Laschen am Stoß, dem schwächsten Punkt des Schienenstrangs. — Bei den Kanadischen Staatsbahnen glaubt man feststellen zu können, daß der Übergang von einem Schienengewicht von 42,5 kg zu 50 kg/m zu einer jährlichen Ersparnis von 100 Dollar für eine (englische) Meile (1,61 km) geführt hat: die Lebensdauer der Schienen ist um 30% verlängert worden. Die Auswechslung von Schienen wegen Beschädigungen kommt nur halb so oft vor, die Schwellen leiden weniger, und es ist leichter, die richtige Lage des Gleises nach Höhe und Richtung zu erhalten. Von anderer Stelle wird sogar die Ansicht ausgesprochen, die 65 kg/m-Schiene werde doppelt so lange halten wie diejenige mit einem Metergewicht von 50 kg. Wieder an anderer Stelle wird zwar das gute Verhalten der schwereren Schienen anerkannt, zugleich aber hinzugefügt, daß dabei auch eine Verstärkung des Schotterbettes mitgewirkt habe. Die Zahl der wegen Beschädigungen ausgewechselten Schienen betrug bei einer Eisenbahn unter ihren 55 kg/m-Schienen nur ein Viertel bis ein Fünftel der Zahl, die bei Schienen mit 45 kg/m ausgewechselt werden mußten.

Die Zeitschrift „Railway Engineering and Maintenance“, die im wesentlichen als Quelle für die vorstehenden Darlegungen gedient hat, bringt eine ganze Sammlung von Äußerungen leitender Beamten der amerikanischen Eisenbahnen, die sich alle dahin aussprechen, daß die Einführung schwererer Schienen sich bewährt habe, namentlich auch vom wirtschaftlichen Standpunkte, indem die höheren Ausgaben für die Beschaffung durch Ersparnisse in der Unterhaltung, namentlich auch infolge ihrer längeren Lebensdauer z. T. wieder ausgeglichen werden. Dabei sind die Mehrkosten nicht einmal so erheblich, wie sich aus dem Gewichtsunterschied bei gleichem Einheitspreis ergeben würde, weil der Tonnenpreis für die schwereren Schienen niedriger ist als für die leichten.

Im allgemeinen ist man in Amerika der Ansicht, daß die letzten Jahre Verbesserungen bei den Eisenbahnschienen nicht nur im Gewicht, sondern auch in bezug auf den Baustoff gebracht haben. Es wird aber auch geklagt, daß bei den heutigen Schienen Querrisse in erheblicher Zahl auftreten, und es wird ein Stahl mit größerer Verschleißfestigkeit verlangt. Neuerdings ist eine Vorrichtung entwickelt worden, die es ermöglicht, mit Hilfe der Elektrizität dem Auge verborgene Fehler an den Schienen zu entdecken (s. Heft 2. Jahrgang 1927 dieser Zeitschr.), und wenn erst der mit dieser Vorrichtung ausgerüstete Wagen sich bewährt haben wird, hofft man einerseits, den vererblichen Folgen solcher Risse für den Betrieb vorbeugen, andererseits aber die Vorschrift aufheben zu können, daß alle Schienen aus einer Schmelzung zu verwerfen sind, wenn sich bei den Schienen daraus mehr als drei Querrisse gezeigt haben.

Richtig erkannt hat man aber auch in Amerika, daß es nicht genügt, eine schwere Schiene anzuwenden, um einen tragfähigen, dauernd betriebssicheren Oberbau zu schaffen, und unter den Ansichten, die an der genannten Stelle veröffentlicht sind, gehen einige dahin, daß eine wichtige Forderung des heutigen Tages eine Verstärkung der Stöße sein muß. In dieser Beziehung wird auf wertvolle Versuche hingewiesen, die mit dem Ziel angestellt worden sind, ausgeschlagene Stöße durch Schweißen wieder herzustellen.

Hand in Hand mit den Bemühungen der für den Zustand der Strecke verantwortlichen Beamten, einen einwandfreien Oberbau zu schaffen und zu erhalten, gehen die Bestrebungen des Lokomotivbaus dahin, trotz Zunahme des Gewichts der Lokomotiven durch dessen bessere Verteilung auf die Achsen, durch Vermehrung

ihrer Zahl und durch Verbesserungen bei Einzelheiten der Lokomotivbauweise die Gleise zu schonen. Daß hier schon Erfolge erzielt sind, zeigt die 2D2-Lokomotive der Atchison, Topeka und Santa Fe-Eisenbahn, deren Triebräder insgesamt mit 122,3 t belastet sind. Diese Lokomotive soll trotz ihres Gewichts bei einer Fahrgeschwindigkeit von fast 100 km das Gleis nicht so ungünstig beanspruchen wie leichtere ältere Lokomotiven von weniger vollkommener Bauart.

Wernecke.

Entlüftungsschwierigkeiten für Tunnel.

Die erheblichen Nachteile, die die Rauchgase der Lokomotiven in langen Tunneln für die Reisenden wie für das mit Unterhaltungsarbeiten beschäftigten Bahnpersonal haben, sind bekannt. Dazu verursachen die chemischen Auswirkungen der Lokomotivgase einen drei bis viermal stärkeren Abgang des Gleismaterials durch die raschere Verrostung. Mehr oder weniger hat man solche Schwierigkeiten auch in anderen langen Eisenbahntunneln. Abhilfe durch Einrichtung elektrischen Betriebs ist zwar technisch möglich, stößt aber meistens, wenn die Bahnen nicht auch sonst für Elektrifizierung reif sind, auf große wirtschaftliche Schwierigkeiten.

Seitens der Eisenbahnverwaltungen geschieht natürlich alles mögliche, um die schlechte Luft zu beseitigen. So ist am Cochemer Tunnel schon seit 1900 eine starke Entlüftungsanlage System Saccardo in Betrieb, welche mittels großer Ventilatoren einen Frischluftstrom von der Cochemer nach der Ellerer Seite pressen soll. Und da diese den Erwartungen nicht genügend entsprochen hat, ist 1914 noch ein Entlüftungsschacht gebaut worden, dessen Abzugswirkung ebenfalls noch durch einen Ventilator verstärkt wird.

Der Wirkungsgrad solcher kostspieliger Anlagen sinkt aber sehr stark, wenn dem Entlüftungsstrom widrige Winde bzw. ein Luftüberdruck von der anderen Seite entgegenstehen. Es findet dann womöglich überhaupt keine Luftbeförderung durch den Tunnel mehr statt und es bildet sich in ihm ein Rauchpfropfen. Liegt dieser Rauchpfropfen — in der Richtung des Ventilatorluftstromes betrachtet — vor dem etwa angelegten Schacht, so fördert dieser anstatt Rauch die vom Wind durch das jenseitige Tunnelende eingeführte Frischluft, soweit nicht durch die fahrenden Züge eine Luftvermischung im Tunnel bewirkt wird. Gegen solche Schwierigkeit gibt es an sich die Möglichkeit, durch Ergänzung oder Verdopplung der Ventilatoranlage den Luftstrom im Tunnel umzukehren, so daß er jeweils durch den Außenwind unterstützt wird. Aber abgesehen von den erheblichen Mehrkosten der Anlage ist dieses Mittel dann nicht anwendbar, wenn aus Rücksicht auf die Örtlichkeit — wie z. B. bei Cochem, wo der Qualm wegen des Ortes nicht nach Osten heraustreten soll — der Ventilatorstrom nur in einer Richtung durch den Tunnel strömen soll.

Durch eingehende längere Versuche im aerodynamischen Institut der Technischen Hochschule Aachen ist es nun dem Regierungsbaumeister Dr. Ing. Karl Schmitt-Essen gelungen, nachzuweisen, daß besonders geformte Vorbauten, vor dem jenseitigen Tunnelportal profillfrei aufgestellt, die schädlichen Windkräfte nicht nur vernichten — das wäre an sich schon ein wesentlicher Vorteil —, sondern sie sogar zu einer Mitwirkung in Richtung der künstlichen Lüftung heranziehen, also für gleiche Wirkung eine Ersparnis von Kraftaufwand im Betrieb ermöglichen. Die Kosten sind dabei für die zweckmäßig in Eisenbeton auszuführenden Vorbauten verhältnismäßig sehr gering.

Ein Modell der Versuchsanlage ist auf der Ila-Berlin im Oktober in Betrieb gezeigt worden. Die Erfindung hat auch bereits im Auslande angeregte Beachtung gefunden und ist dort auch erfreulicherweise patentamtlich geschützt worden.

Prof. Wentzel-Aachen.

Bahnhöfe nebst Ausstattung.

Rauchfreier Lokomotivschuppen in Chicago.

Die Entfernung des Rauches aus Lokomotivschuppen, die in dicht bevölkerten Gebieten liegen, gehört zu den neuerdings stark beachteten Aufgaben.

Die Grand Trunk Western-Eisenbahn hat in ihrem innerhalb des Stadtbereiches von Chicago gelegenen Lokomotivschuppen

Elsdon diese Aufgabe erfolgreich gelöst. Aus den einfahrenden Lokomotiven wird vor dem Schuppen über einer Schlackenrube das Feuer herausgezogen und die Lokomotive wird dann im Schuppen an eine Dampfleitung angeschlossen, die sie von einem festen Kessel aus mit Dampf speist. Mit diesem Dampf fährt die Lokomotive, ehe ihr nächster Dienst beginnt, wieder aus, und erst

vor dem Schuppen wird das Feuer auf ihrem Rost wieder entzündet; ein Verfahren, das als „direct steam“ bezeichnet wird. Der Schuppen hat daher keine Rauchabzüge.

Die zu behandelnden Lokomotiven sind Verschiebelokomotiven mit 6,8 m³ Kessel-Wasserinhalt. Personenzuglokomotiven mit 15 m³ und mit 9,5 m³. Von diesen Lokomotiven werden täglich etwa drei ausgewaschen oder erhalten vollständig neues Speisewasser, die übrigen bleiben unter Dampf. Für die Dampflieferung sind zwei ortsfeste Kessel von 14 at mit neuzeitlicher Kohlenzuführung und Aschenabfuhr vorgesehen.

Der Schuppen ist von einer doppelten Dampfleitung von 2" und von 1½" durchzogen, an die die Lokomotiven durch ein biegsames Rohr oder durch einen Schlauch angeschlossen werden, je nach dem Dampfbedarf. Nachdem der Kessel und die Feuerbüchse durchgesehen sind, werden 90 Schaufeln Kohle für die spätere Entzündung gleichmäßig über den Rost verteilt. Die Prüfung der Luftpumpen, der Turbine für die Beleuchtung, der Dampfstrahlpumpen u. dergl. wird mit dem Hilfsdampf ausgeführt.

Wenn der Kessel neu gefüllt werden soll, wird zunächst zu gleichmäßiger Erwärmung der immer noch warmen Teile etwas Dampf und dann aus der weiteren Leitung vorgewärmtes Wasser von etwa 80° und Dampf gleichzeitig eingeleitet bis genügend Wasserfüllung und ein Druck von etwa 7 bis 10 at erreicht ist. Dann wird die Wasserzufuhr abgestellt und der nötige Druck durch Dampfzuführung erzeugt. Dieser Vorgang dauert etwa 30 Minuten. Nach Beendigung wird die weitere Leitung abgesperrt; der aus dem dünnen Schlauch übertretende Dampf genügt, um den Druck zu erhalten. Die Dampfleitungen verlaufen oberhalb der Lokomotiven, die Ventile werden vom Fußboden aus bedient.

Vor dem Schuppen wird das Feuer mit Hilfe einer mit Öl gespeisten Zündvorrichtung, der Druckluft mit 7 at Druck zugeführt wird, entzündet, was ungefähr 5 bis 6 Minuten in Anspruch nimmt. Die Zeit, die vergeht, bis die Lokomotive an den Zug angekuppelt ist, reicht für das Durchbrennen der Feuerschicht aus.

Das geschilderte Verfahren wird als sehr vorteilhaft bezeichnet. Die Lokomotiven sind nicht nur schneller dienstbereit, sondern es werden auch erhebliche Ersparnisse erzielt. Rauch und Dampf, sowie das Geräusch abblasenden Dampfes im Schuppen sind beseitigt, das Arbeiten im Schuppen ist infolgedessen viel angenehmer. Der Lokomotivschuppen ist mit Dampfheizung versehen; doch hat sich gezeigt, daß sie kaum nötig ist, da die Wärme nicht mehr durch die Rauchabzüge entweicht.

Von besonderem Wert sind die Ersparnisse an Brennstoff. Man hat in dieser Beziehung vergleichende Versuche angestellt,

indem eine leichte Mikado-Maschine, von Hand gefeuert, 24 Stunden lang unter Dampf von etwa 10 at Druck gehalten wurde; dabei wurden in der Stunde 170 kg Kohle verbraucht. Um eine gleiche Lokomotive nach frischer Füllung des Kessels mit Wasser von 50° auf einen Kesseldruck von 10 at zu bringen, waren 1300 kg Kohle nötig. Bei einem angenommenen achtstündigen Aufenthalt der Lokomotive im Schuppen wäre der stündliche Kohlenverbrauch 162 kg. Bei Speisung der Lokomotive mit Dampf aus dem festen Kessel ist der Verbrauch an Brennstoff aber nur etwa 50 kg, so daß etwa 2/3 der beim Anfeuern der Lokomotive nötigen Kohlenmenge erspart wird. Nicht zu vergessen sind auch die Ersparnisse, die infolge des Wegfalls von Rauch und Ruß bei der baulichen Unterhaltung des Lokomotivschuppens eintreten, zumal die Unterhaltung der Rauchabzüge vollständig wegfällt.

Bemerkenswert ist auch die Erfahrung, daß das Anheizen der Lokomotiven, wenn sie mit 10 at Druck im Kessel aus dem Lokomotivschuppen ausfahren, fast ohne Rauchentwicklung vor sich geht. We.

Drehscheibe Bauart Mundt.

Bei der Niederländischen Staatsbahn sind fünf Drehscheiben von 20 m Durchmesser und 150 t Tragfähigkeit und eine Drehscheibe von 24 m Durchmesser und 275 t Tragfähigkeit, sämtlich der Bauart Mundt, in Betrieb genommen worden. Die Drehscheibe Bauart Mundt ist eine gelenklose Drehscheibe auf drei Stützen, die einerseits die Nachteile der auf dem Königszapfen pendelnd aufliegenden Scheibe — Stöße beim Auf- und Abfahren der Lokomotiven, die auch bei Entlastungsvorrichtungen nicht ganz vermeidbar sind — andererseits die Nachteile die der Gelenkkonstruktion anhaften, vermeiden will.

Als letztere werden bezeichnet: Ungenügende Steifigkeit in der Horizontalebene gegenüber den drehenden Kräften, schlechte Ausnutzung des Baustoffes. Diese wird am günstigsten, wenn die Drehscheibe einen auf drei Stützen aufliegenden kontinuierlichen Träger bildet.

Die gewünschte Verteilung der Last wird dadurch herbeigeführt, daß das mittlere Auflager durch Beilagen gehoben oder gesenkt werden kann. Das mittlere Auflager ist als Kugellager ausgebildet. Der zylindrische Zapfen hat nur die Aufgabe, den Mittelpunkt der Scheibe gegen Längskräfte beim Auffahren und Bremsen zu sichern. Die Bauhöhe der Hauptträger einer Mundtschen Drehscheibe von 20 m Durchmesser und 150 t Tragfähigkeit beträgt nur 0,7 m gegenüber 2,0 m einer Pendelscheibe mit Königsstock von 18 m Durchmesser und 120 t Tragfähigkeit. Eb.

Lokomotiven und Wagen.

Schornstein-Rauchableiter bei ungarischen Lokomotiven.

Bei den Lokomotiven neuerer Bauart mußte zur Ausbildung der Feuerbüchse der Kessel hoch über die Rahmenplatte gehoben und der Schornstein mit Rücksicht auf die Umgrenzung des lichten Raumes niedrig, der Führerstand hingegen höher angebracht werden. Infolge dieser ungünstigen Lage der beiden Teile zu einander wird der aus dem Schornstein herausströmende Rauch (Abdampf, Ruß) zu den Beobachtungsfenstern geschleudert, dringt unter das Schutzdach und füllt selbst oft in unerträglicher Weise den Führerstand. Dadurch wird aber nicht nur die Beobachtung der Strecke behindert, sondern auch die Gesundheit der Lokomotivbeamten gefährdet. Um diese ungünstigen, schädlichen Einwirkungen hintanzuhalten, mußte eine Vorrichtung gefunden werden die geeignet ist, den Rauch abzulenken.

Verläßt der Rauch (Abdampf und Rauchgase) einmal den Schornstein, so gelangt er unter die Einwirkung der Luftströmungen und ist nicht mehr zu beherrschen. Soll daher der Rauch aus den angeführten Gründen vom Schutzdache (Führerstand) ferngehalten werden, so muß er gleich beim Austritt aus dem Schornstein gelenkt werden. Dazu könnte einerseits der durch die Fahrgeschwindigkeit verursachte Luftdruck dienen, andererseits wäre dies durch Einschränkung des ungünstigen Einflusses der Windrichtungen zu erzielen. Während der Fahrt entsteht hinter dem Schornstein eine Luftverdünnung und diese zieht einen Teil der Dampf- bis zur Höhe der Beobachtungsfenster herab.

Der übrige über der Lokomotive schwebende Teil gelangt durch die herausragende Oberfläche des Dampfdoms, Wasserreinigers usw. zerteilt vor das Schutzdach. Nach diesen Beobachtungen mußte eine Vorrichtung geschaffen werden, die

1. einen aufwärts wirkenden Luftstrom erzeugt, der die aus dem Schornstein austretenden Rauchgase in die Höhe treibt,
2. die ausströmenden Verbrennungsprodukte aus teilweise unvollständiger Verbrennung zusammenhält und dem erzeugten Luftstrom zuführt,
3. das Herabziehen der hinter den Schornstein gelangenden Rauchgase verhindert,
4. die hinaufgetriebenen Verbrennungsprodukte in der Höhe hält, damit das Schutzdach darunter durchfahren kann.

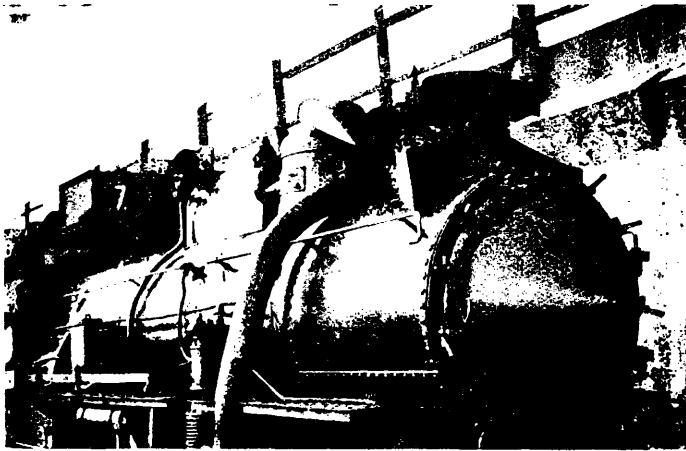
Die Vorrichtung erfüllt ihre Aufgabe mit folgenden Bestandteilen:

Zu 1. An beiden Seiten des Schornsteins wird je ein trichterförmiger Luftleiter angebracht. Der Eintrittsquerschnitt des Trichters ist um das Zwanzigfache größer als der Austrittsquerschnitt. — Der Eintrittsquerschnitt liegt am Fuße des Schornsteins in einer Vertikalebene zur Lokomotiv-Längsachse. Der Austrittsquerschnitt befindet sich auf der Fläche des oberen Schornsteinflansches und umfaßt 5/6 der rückwärtigen Hälfte desselben. Der von der Fahrgeschwindigkeit abhängige Luftdruck, in einem dem Verhältnis der beiden Querschnitte entsprechenden Maße gesteigert, erzeugt hinter dem Schornstein den erwünschten

aufwärts wirkenden Luftstrom. — Die Versuche haben ergeben, daß dieser Luftstrom genügt, die Rauchgase sowohl bei Windstille als auch bei ungünstiger Windrichtung in entsprechende Höhe zu treiben.

Zu 2. Zum Zusammenfassen des aus dem Schornstein austretenden Rauchgas-Dampfgemisches wird an zwei Seiten der Schornsteinöffnung je ein senkrechter Flügel angebracht; diese laufen in einem Neigungswinkel von etwa 15° zur Lokomotiv-Längsachse nach rückwärts zusammen, und lenken Ruß und Rauch zum Luftstrom hin. Die Flügel sind gelenkartig befestigt und hindern daher das Bedecken des Schornsteins nicht.

Zu 3. Zur Verhinderung des Zustandekommens eines Unterdruckes hinter dem Schornstein dient ein zweiter Luftstrom, erzeugt durch Trichter, ähnlich den unter 1. beschriebenen, jedoch mit dem Unterschied, daß ihr Austrittsquerschnitt tiefer liegt.



Schornstein-Rauchableiter bei ungarischen Lokomotiven.

Zu 4. Um die hinaufgetriebenen Gase in der Höhe zu halten, wird eine schiefe Platte angewendet, die sich in einem Neigungswinkel von ungefähr 40° an den Dampfdom lehnt. Sie ist an beiden Seiten mit Seitenplatten und längs der Lokomotiv-Längsachse, parallel mit den Seitenplatten, mit Rippen versehen. Die Bestimmung dieser Platten ist, den Einfluß des Seitenwindes zu verringern. Während der Fahrt bringt diese schiefe Platte einen der Fahrgeschwindigkeit entsprechenden, aufwärts wirkenden Luftstrom hervor, der nicht nur der Stauwirkung des Dampfdoms entgegenwirkt, sondern den hinaufgetriebenen Rauch auch in der Höhe hält, so daß dieser auch bei Seitenwind erst hinter dem Schutzdache herabfällt.

Mit der Rauchablenkungseinrichtung wurde versuchsweise zunächst eine Schnellzuglokomotive des Heizhauses in Szeged ausgerüstet (siehe Abb.). — Diese ist ständig im Betrieb und es zeigte sich, daß der Führerstand rauchfrei ist und die Lokomotivbesatzung eine von Dampf und Rauchgasen nicht behinderte freie Aussicht hat. Auf Grund der gewonnenen guten Erfahrungen schlug die Betriebsdirektion Szeged der Generaldirektion in Budapest vor, sämtliche Schnellzuglokomotiven, die leicht entzündbare, qualmbildende Kohlen in größerem Maße verbrauchen, mit dieser Einrichtung auszurüsten. Oberinspektor Wittchen.

Eiserne Wagen für Schnellzüge in Frankreich.

Die französische Nordbahn hat vor kurzem 40 eiserne Wagen erster und zweiter Klasse in Dienst gestellt, die hauptsächlich für Schnellzüge bestimmt sind. Der Bau dieser Personenwagen aus Stahl wurde durchgeführt auf Grund der Erfahrungen mit einer Versuchsausführung*), die bereits im Jahre 1923 im Verfolge der

*) Organ 1927, Seite 175, Personenwagen der französischen Nordbahn aus Stahl.

Bestrebungen stoßfeste Wagen aus Stahl einzuführen, erstellt worden war.

Die Baupläne der neuen Wagenart zeigen folgende Konstruktionen:

Das Kastengerippe besteht aus dem Wagenkasten, den Längs- und Querversteifungen und den Innenwänden. Der Wagenkasten soll allen während der Fahrt oder bei Zusammenstoßen auftretenden Kräften größten Widerstand leisten, im besonderen vor Zusammendrückung geschützt sein, soll auch bei größten Geschwindigkeiten keine unzulässigen Schwingungen annehmen und soll schließlich der Luft geringen Widerstand bieten. Die beiden äußeren Seitenwände und das Dach sind aus Einzelstücken entsprechend der Zahl und den Abmessungen der Abteile zusammengesetzt. Die vier Seiten eines jeden solchen Einzelstückes sind zum Zwecke einfacher Verbindung rechtwinklig umgebogen. Diese aneinanderstoßenden Flansche bilden dann durchlaufende Rippen. Im Inneren des unverkleideten Wagenkastens zeigt sich also ein Netz von Längs- und Querrippen, die senkrecht zu einander stehen. Die Außennähte werden verschweißt. An den Querrippen werden die Querwände befestigt. Jede Querwand besteht aus zwei Blechen von 3 mm Stärke im Abstand von 30 mm, die zur Gewichtsersparnis mehrfach ausgeschnitten sind. Die Ausschnitte sind durch aufgenietete Winkeleisen verstärkt. Die beiden ebenfalls doppelwandigen Kopfstücke sind stärker gehalten als die Innenquerwände. Die Längswand besteht in gleicher Weise aus solchen Doppelblechen, die aber eine Stärke von 1,5 mm haben. Der Boden wird von einem Rahmen aus U-Eisen 200×100 mm mit zwischenliegenden Versteifungsstücken gebildet. Eine Sonderkonstruktion an den beiden Kopfenden des Wagenkastens soll dazu beitragen, die normal und bei Unfällen auftretenden Stoß- und Zugkräfte zuverlässig auf die kräftigen Längsversteifungen zu übertragen. Der Bodenrahmen ist mit Wellblech abgedeckt, auf dem Terrazolith (Magnesiumzement) liegt. Die Decke wird aus elliptischen Einzelblechbögen von 1,5 mm Stärke gebildet, die an den Querrippen des Daches befestigt werden.

Für die Drehgestelle ist die Pennsylvania-Bauart (mit Schwanenhalsträger) gewählt. Sie haben ein in einem Stück hergestelltes Stahlgußgestell. Jedes dieser Gestelle wurde vor dem Einbau mit einer 24stündigen Belastung von 52 t ausgeprobt. Es zeigte sich keinerlei bleibende Formänderung. Die Durchbiegung einer jeden der beiden Blattfedergruppen der Wiege beträgt 12 mm/t und die einer Wickelfeder 16,7 mm/t. Das Gesamtgewicht eines Drehgestells ist 6500 kg.

Die Wagenausrüstung zeigt elektrische Beleuchtung nach dem selbsttätigen System Brown-Boveri, bestehend aus einer am Wagenboden befestigten Lichtmaschine, einer Akkumulatorenbatterie und einem Mauronregler. Die Leuchten in den Abteilen werfen das Licht gleichmäßig um ihre senkrechte Achse, die Leuchten im Gange verteilen das Licht nach der Längsachse des Wagens. Die Heizung ist nach dem System Westinghouse mit thermostatischem Regler ausgeführt. Alle Wagen sind mit Westinghouse-Schnellbremse, mit Henrybremse, Handbremse und selbsttätigem Gestängeregler ausgestattet. Die Zug- und Stoßvorrichtung besitzt zur Aufnahme der Zug- und Druckkräfte außer einer querliegenden Blattfeder mehrere Kautschukpuffer. Der Waschraum liegt in der Mitte des Wagens. Die beiden Wasserbehälter von je 400 l Inhalt sind an der Decke aufgehängt. Ein Warmwasserbereiter ist vorgesehen. Die Wasserspülung wird durch Druckluft betätigt.

Die Herstellung der Wagen erfolgte nach neuzeitlichen Arbeitsweisen unter ausgiebiger Verwendung von Schweißverfahren und unter besonderer Beachtung der Grundsätze des Austauschbaues. Die Einzelteile werden so genau hergestellt, daß der Aufbau des Wagens rasch vonstatten geht. Das Gewicht eines fertigen Wagens 1. Klasse beträgt 48,2 t.

Die Probefahrten haben alle Erwartungen bestätigt. Die Wagen laufen auch bei den größten Geschwindigkeiten und bei der Einfahrt in Gleiskrümmungen bemerkenswert sicher und ruhig.

(Bull. Ch. d. f., Mai 1928.)

Eb.