

Die Wirtschaftlichkeit der Diesel-Lokomotive im Vollbahnbetrieb.

Von Dipl.-Ing. Herbert Straßer.

Hierzu Tafel 6 im Heft 8 und Tafel 7 im Heft 9.

Die Schwierigkeiten, den Dieselmotor zum Lokomotiv-Antrieb zu verwenden, liegen hauptsächlich in der Kraftübertragung vom Motor auf die Treibräder. Um hier eine geeignete Lösung zu finden, wurden bisher verschiedene Wege beschritten, ohne daß heute schon entschieden werden kann, welcher derselben am aussichtsreichsten ist. Meist handelt es sich um kleine Leistungen, für welche die Diesel-Lokomotive verwirklicht wurde. Größere Einheiten, wie sie für den Vollbahnbetrieb in Frage kommen, sind heute nur in wenigen Versuchsausführungen gebaut und erprobt. Aus ihrer Zahl sollen drei grundsätzlich verschiedene Ausführungen herausgegriffen und einem wirtschaftlichen Vergleich mit der Heißdampflokomotive unterzogen werden:

1. Die Diesel-Elektro-Lokomotive (Versuchslokomotive für Rußland).
2. Die Diesel-Getriebe-Lokomotive (Versuchslokomotive für Rußland).
3. Die Diesel-Druckluft-Lokomotive (Versuchslokomotive der Deutschen Reichsbahn).

Die Grundlagen für die betriebswirtschaftliche Wertung einer Lokomotive sind:

1. Die Leistung der Lokomotive im Betrieb.
2. Der Aufwand für die Lokomotive.

Der Aufwand, auf eine bestimmte Leistungseinheit bezogen, ist dann das Maß für die Wirtschaftlichkeit. Damit ergibt sich für den Vergleich zweckmäßig folgende Gliederung der Ausgaben:

A. Sächliche Ausgaben.

1. Kosten für die Betriebsstoffe.
 - a) Kosten für Brennstoffe (Beschaffung, Zufuhr, Umschlag, Lagerung),
 - b) Kosten für Schmierstoffe,
 - c) Kosten für Wasser (Beschaffung, Reinigung),
 - d) Kosten für Putzmittel,
 - e) Kosten für Beleuchtungsmittel,
 - f) Kosten für sonstige Verbrauchsstoffe und Vorratsstücke.
2. Kosten für die Lokomotive.
 - a) Kosten für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals (Beschaffungskosten der Lokomotive),
 - b) Kosten für die Ausbesserung in den Hauptwerkstätten,
 - c) Anteilige Kosten für Verzinsung und Tilgung des Kapitals für die zur Unterstellung und Behandlung der Lokomotiven dienenden Anlagen und Einrichtungen.

B. Persönliche Ausgaben.

1. Kosten für das Lokomotivpersonal.
2. Kosten für Betriebshandwerker.
3. Kosten für Betriebsarbeiter.
4. Kosten für Lokomotivdienstleitung und Aufsicht.

Der Anteil der einzelnen Ausgabeposten an den Gesamtkosten hängt nun nicht allein von den Bau- und Betriebsverhältnissen der betrachteten Lokomotive ab, sondern wird auch noch von anderen Faktoren beeinflusst, insbesondere

von der wirtschaftsgeographischen Lage der Bahnlinie (Brennstoff- und Wasservorkommen, Güte des Wassers, Arbeiter- und Lohnungsverhältnisse, Verkehrsdichte), ferner von der Leistungsgröße der Lokomotive, der Zuggattung und dem Streckenprofil.

Es kann also eine vergleichende Kostenaufstellung kein absolutes Werturteil über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Lokomotivbau- und Betriebsarten erbringen, vielmehr wird dieses Urteil je nach den vorliegenden Wirtschafts- und Verkehrsbedingungen verschieden ausfallen.

Dem vorliegenden Vergleich wurden allgemein die Verhältnisse zugrundegelegt, wie sie z. Z. für die Zugförderung bei der Deutschen Reichsbahn vorliegen, im besonderen wurde die Güterzug-Dampflokomotive der Betriebsgattung G 55.15 (G 10) als Vergleichslokomotive gewählt, weil sie in Abmessung und Leistungsfähigkeit den Versuchsdiesellokomotiven sehr nahe kommt. Als Einheit der Betriebsleistung, worauf alle Ausgaben bezogen werden, ist der „Lokomotivkilometer“ (Lok.km) angenommen worden.

I. Die Grundlagen für die Kostenaufstellung.

In Anlehnung an die im vorstehenden dargestellte Gliederung der Ausgaben werden im folgenden die Grundlagen für die Kostenaufstellung erörtert.

A. Sächliche Ausgaben.

1. Verbrauch an Betriebsstoffen.

Der auf 1000 Lok.km bezogene Kohlen- bzw. Treibölverbrauch ist sehr schwankend, da er unmittelbar vom Wagengewicht, von der Fahrgeschwindigkeit und den Streckenverhältnissen beeinflusst wird. Er kann daher als allgemeiner Durchschnittswert kein Bild von der Wärmewirtschaft einer Lokomotive geben. Dagegen bietet einen gewissen Maßstab der auf eine PSh bezogene Brennstoffverbrauch, der sich im Wärmewirkungsgrad ausdrückt. Er ist jedoch auch kein fester Wert, sondern ändert sich mit der Arbeitslage der Lokomotive (Geschwindigkeit, Belastung).

Da für den wirtschaftlichen Vergleich die einwandfreie Feststellung des Brennstoffverbrauchs von großer Bedeutung ist, so wurde dieser für jede der Vergleichslokomotiven unter Zugrundelegung gleicher Verhältnisse besonders ermittelt. Zu diesem Zweck wurde jeweils für eine Zugfahrt auf der Strecke Stuttgart—Ulm—München und Ulm—Stuttgart das Weg-Zeit-Diagramm (Bahndiagramm) aufgezeichnet, welches die wechselnden Geschwindigkeiten und Belastungen wiedergibt. Die bezeichneten Strecken wurden gewählt, um einen Durchschnitt über verschiedenartige Streckenprofile zu erhalten. Das Wagengewicht des Zuges (Güterzug) wurde zu 1000 t festgesetzt, die Höchstgeschwindigkeit zu 45 km/h. Die Bremsverzögerung ist gleichbleibend zu $0,3 \text{ m/sec}^2$ angenommen (Luftbremsung). Zur Überwindung der Steigungen von 14‰ und 22‰ wurde eine Schublokomotive der Gattung Gt 57.19 (T 20) herangezogen.

Die zeichnerische Ermittlung der Bahndiagramme ist nach dem Strahlschen Verfahren erfolgt*). Die Grundlage

*) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1924, S. 123.

dazu bildet die für jede Lokomotive besonders ermittelte Kurve der Beschleunigungskräfte über der Fahrgeschwindigkeit (s V-Diagramm), welche sich aus der Kurve der Zugkräfte über der Fahrgeschwindigkeit (Z V-Diagramm) ableiten läßt. Bei der Dampflokomotive entspricht diese Kurve einer gleichbleibenden größten Dampflieferung des Kessels, bei der Diesel-Elektro- und Diesel-Druckluft-Lokomotive einem gleichbleibenden größten Brennstoffverbrauch des Motors, dagegen bei der Diesel-Getriebe-Lokomotive einer gleichbleibenden größten Füllung des Motors, aus der sich in Verbindung mit der Motordrehzahl der Brennstoffverbrauch ergibt.

Im Z V- und s V-Diagramm jeder Lokomotive wurde nun außer der für die größte Dauerbeanspruchung geltenden Kurve eine Schar von Kurven gleichen Dampf- bzw. Brennstoffverbrauchs eingezeichnet. Damit läßt sich im Bahndiagramm für jeden Streckenabschnitt ein der jeweiligen Lokomotivbeanspruchung entsprechender augenblicklicher Dampf- bzw. Brennstoffverbrauch feststellen und in bestimmtem Maßstab über der Zeitlinie eintragen. Auf diese Weise ergeben sich für die Dampflokomotive Dampfverbrauchsflächen, aus denen der Gesamtverbrauch der Zugfahrt ermittelt werden kann. Für die Hilfseinrichtungen (ohne Zugheizung) werden 4% zugeschlagen. Der Kohlenverbrauch errechnet sich daraus unter Annahme einer mittleren Verdampfungsziffer. Für die Fahrt bei geschlossenem Regler, wobei ebenfalls ein gewisser Kohlenverbrauch stattfindet, werden nach neueren Versuchen 0,5 kg pro m² Rostfläche und Minute angesetzt. Der Kohlenverbrauch für das Anheizen der Lokomotive und für das Feuerhalten in den Betriebspausen läßt sich aus dem Streckenverbrauch nach Erfahrungswerten feststellen. Für eine Güterzuglokomotive können bei günstiger Ausnutzung etwa 10% des Streckenverbrauchs angenommen werden. Aus dem Gesamtverbrauch ergibt sich der Durchschnitt für 1000 Lok.km.

Für die Diesellokomotiven wird der Brennstoffverbrauch aus dem Brennstoffverbrauchsflächen des Bahndiagramms ermittelt. Dazu kommt noch der Verbrauch für den Antrieb der Hilfseinrichtungen (Kühllüfter, Hilfs-Luftverdichter, Stromerzeuger, Erregermaschine), die im vorliegenden Fall durch einen besonderen Hilfsmotor angetrieben sind. Für den Leerlauf des Hauptmotors wird der Brennstoffverbrauch zu 40 kg/h angesetzt.

Der Wasserverbrauch der Dampflokomotive ergibt sich unmittelbar aus dem Dampfverbrauch. Da das Wasser auch zu anderen Zwecken verwendet wird, so werden dafür 10% zugeschlagen. Der Kühlwasserverbrauch der Diesellokomotive (geschlossener Kreislauf) ist ganz unbedeutend und kann vernachlässigt werden.

Der Schmierstoffverbrauch läßt sich aus dem Verbrauch für Dieselmotor, Übertragungsanlage und Laufwerk vergleichsweise errechnen. Er ist für die Diesellokomotive nicht unwesentlich höher, da dort mehr bewegte Teile vorhanden sind als bei der Dampflokomotive.

Der Verbrauch an Putz- und Beleuchtungsmitteln ist von untergeordneter Bedeutung. Für Putzmittel ist bei der Diesellokomotive das Drei- bis Vierfache der Dampflokomotive anzusetzen, für Beleuchtungsmittel etwa das Doppelte bis Dreifache.

Der sonstige Stoffverbrauch betrifft Sand, Talg, Dichtungsmittel u. a., außerdem Werkstoffe und Vorratsstücke, soweit sie bei den laufenden Ausbesserungen in den Betriebswerken verwendet werden, also Lagermetall, Rotguß und Kupferteile, Kolbenringe, kleinere Armaturen, Federn, Roststäbe und Bremsklötze. Für die Diesellokomotive kommen in Frage Brennstoffnadeln bzw. -Düsen, Ventilfedern und -Kegel, Ersatzventile, Kühlererlemente und je nach der Übertragungsart verschiedene sonstige Ersatzteile. Die Kosten für

derartige Verbrauchsstoffe und Vorratsstücke liegen gegenüber der Dampflokomotive um 20 bis 30% höher.

2. Kosten für die Lokomotive.

a) Kosten für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals.

Für die Beschaffung der Dampflokomotiven sind von der Reichsbahn Richtwerte aufgestellt worden. Nach diesen kostet eine Güterzuglokomotive, welche der G 10 entspricht, mit Tender rund 1,85 *R.M.* je kg Leergewicht.

Die Beschaffungskosten für Diesellokomotiven entsprechender Leistung liegen je nach der Bauart unter Umständen wesentlich höher. Bei einer Gegenüberstellung dieser Kosten ist zunächst in Betracht zu ziehen, daß der Aufbau der Diesellokomotiven verwickelter ist und daß Motor- und Kraftübertragungsanlage hochwertige Arbeit und Werkstoffe verlangen, wenn eine Betriebssicherheit gewährleistet sein soll. Dann aber darf nicht außer acht gelassen werden, daß die bisher gebauten Lokomotiven Einzelausführungen sind, welche sich weder im Entwurf noch in der Herstellung auf Erfahrungen stützen konnten. Wir dürfen also das Preisverhältnis zwischen Dampf- und Diesellokomotive keinesfalls auf Grund dieser ersten Ausführungen bestimmen. Bei ausgedehnter Verwendung der Diesellokomotive kann zweifellos mit einer günstigeren Preisgestaltung gerechnet werden, da bereits Erfahrungen in Bau und Betrieb vorliegen und überdies Reihenherstellung erfolgen wird.

Unter diesen Voraussetzungen können etwa folgende Preise je kg Leergewicht angesetzt werden:

Diesel-Elektro-Lokomotive	. 3.00 <i>R.M.</i> für 1 kg
Diesel-Getriebe-Lokomotive	. 2.50 <i>R.M.</i> „ 1 „
Diesel-Druckluft-Lokomotive	2.30 <i>R.M.</i> „ 1 „

Während die Kilopreise voraussichtlich keinen größeren Schwankungen unterworfen sein dürften, werden die Gesamtpreise in der weiteren Entwicklung der Diesellokomotive durch Verringerung des Lokomotivgewichts einen merklichen Rückgang erfahren können. Wie schon an anderer Stelle erwähnt, sind die Motoren der Versuchslokomotiven normale Viertakt-Schiffsmotoren mit einem Gewicht von 22 bis 25 kg/PS₆. Es lassen sich aber nach dem heutigen Stand des Dieselmotorenbaus durch besondere Maßnahmen Gewichte von 10 bis 12 kg/PS₆ ohne weiteres auch beim Viertaktmotor erreichen. Bei Erhöhung der Motordrehzahl kann sich eine Gewichtsverringerung unter Umständen auch auf die Übertragungsanlage erstrecken, so daß insgesamt eine nicht unerhebliche Ersparnis erwartet werden darf. Diese Möglichkeiten sollen jedoch bei Ermittlung der Beschaffungskosten für unsere Untersuchungen nicht berücksichtigt werden. Wir müssen hier noch mit den Lokomotivgewichten rechnen, wie sie für die Versuchslokomotiven tatsächlich vorliegen.

Bei der Berechnung des Kapitaldienstes wurde die Verzinsung des Anschaffungswertes zu 6%, die Tilgung zu 5% angenommen. Dabei wurde auch für die Dampflokomotive der Neuwert zugrunde gelegt. Dies ist zulässig, da der Ersatz der Dampflokomotiven durch Diesellokomotiven nach Bedarf in stetigem Fortgang erfolgen kann und damit nicht die Notwendigkeit besteht, noch brauchbare Dampflokomotiven vorzeitig aus dem Betrieb zu ziehen, wie es vielfach die Elektrisierung einer Bahnlinie mit sich bringt.

Um die Kosten für die Verzinsung und Tilgung auf 1000 Lok.km beziehen zu können, müssen wir zunächst die jährliche Lokomotivbetriebsleistung ermitteln, d. h. die Zahl der durchschnittlich in einem Jahr zurückgelegten Lok.km. Als Grundlage dafür dient:

1. die tägliche Betriebsleistung, d. h. die dienstplanmäßige km-Leistung der Lokomotive an einem Betriebstag,

2. die Zahl der jährlichen Lokomotivbetriebstage, d. s. die Tage, an welchen innerhalb eines Jahres die Lokomotive in Dienst ist.

Die tägliche Betriebsleistung.

Wir können einen Lokomotivbetriebstag (24 Stunden) einteilen in:

- Nutzzeit A: Nutzleistung vor dem Zug, Verschiebe- und Bereitschaftsdienst,
- Behandlungszeit B: Auf- und Abrüsten der Lokomotive vor und nach jeder Fahrt,
- Wartezeit C: Ruhe im Feuer, Betriebspausen.

Die Ausnützung einer Lokomotive im Betrieb ist um so günstiger, je größer die Nutzzeit und je geringer die Behandlungs- und Wartezeiten sind, oder: Das Verhältnis der Nutzzeit zum vollen Betriebstag ist ein Maßstab für die Lokomotivausnutzung,

$$\frac{A}{A+B+C}$$

Die Lokomotive ist also weitgehend ausgenutzt, wenn Nutz- und Behandlungszeiten den Betriebstag ausfüllen. Eine solche Ausnutzung der Lokomotive im regelmäßigen Dienst ist jedoch, von Sonderfällen abgesehen, nicht möglich, da selbst bei bester Einteilung der Lokomotivdienstpläne Pausen unvermeidlich sind, während welcher die Lokomotive ohne Verwendung ist. Dies ist ein wesentlicher Gesichtspunkt, der auch bei Ermittlung der Tagesleistung für die Diesellokomotive nicht außer acht gelassen werden darf, da sich sonst ein falsches Bild ergibt.

Fassen wir die täglichen Betriebspausen, wie sie an Hand einer Anzahl von Lokomotiv-Dienstplänen ermittelt wurden, zusammen, so ergibt sich im Durchschnitt eine Wartezeit von etwa $4\frac{1}{2}$ Stunden, d. h. von 18 bis 20% des Betriebs-tags. Mit ähnlichen Wartezeiten ist auch bei Dieselbetrieb zu rechnen. Zwar ermöglicht die Diesellokomotive das Durchfahren langer Strecken ohne Unterbrechung und damit eine bessere Lokomotivausnutzung, doch kann dieser Vorteil bei europäischen Bahnverhältnissen nur wenig in Erscheinung treten. Hier fehlen in mancher Hinsicht die Voraussetzungen für lange Lokomotivläufe. Eine volle Ausnutzung der Diesellokomotive ist nur im Vorortverkehr und im Verschiebedienst möglich, wo ihre Überlegenheit besonders zutage tritt.

Aus fahrplan- und verkehrstechnischen Gründen werden sich also, was die Betriebspausen betrifft, auch für die Diesellokomotive keine wesentlich günstigeren Dienstpläne aufstellen lassen. Somit können wir als Wartezeit 16 bis 18% des Betriebstags, also etwa vier Stunden annehmen.

Von der Betriebsausnutzung der Lokomotive zu unterscheiden ist die Ausnutzungsfähigkeit. Sie läßt sich darstellen durch das Verhältnis von Nutzzeit zu Nutz- + Behandlungszeit, also:

$$\frac{A}{A+B}$$

Dieser Verhältniswert bietet einen Maßstab für den Vergleich der Fahrleistungen verschiedener Lokomotivbauarten, da er sich nur in engen Grenzen ändert. Er beträgt für die Dampflokomotive im Güterzugdienst etwa 60 bis 70%. Bei bestmöglicher Lokomotivausnutzung wird sich der Wert

$\frac{A}{A+B}$ etwas erhöhen, da die Behandlungszeiten nicht in dem Maße wachsen, wie die Nutzzeiten. So erhalten wir für die Dampflokomotive als Nutzzeit rund 13 Stunden pro Betriebstag.

Um ein Bild von der Ausnutzungsfähigkeit der Diesellokomotive zu bekommen, müssen wir zunächst auf die

Betriebseigenschaften von Dampf- und Diesellokomotive eingehen. Bei der Dampflokomotive erfordert die Versorgung mit Wasser und Kohle vor jeder Fahrt eine längere Vorbereitungszeit, zu der unter Umständen noch das Anheizen kommt. Ebenso bedingt das Feuerputzen, Ausschlacken, Rohr- und Rauchkammerreinigen nach Maßgabe der örtlichen Verhältnisse vielfach längere Wende- und Abschlußzeiten. Zur Vornahme der erwähnten Arbeiten muß die Lokomotive einem Betriebswerk zugeführt werden, was wiederum längere Zeit in Anspruch nimmt, da die Betriebswerke meist abgelegen und oft auch die Zufahrtsstrecken dorthin durch den Zugverkehr gesperrt sind.

Demgegenüber sind die Behandlungszeiten für die Diesellokomotive wesentlich geringer. Sie ist stets innerhalb kürzester Zeit betriebsbereit, da das Anheizen bzw. Wiederhochheizen des Kessels wegfällt. Die Brennstoffübernahme erfolgt auf einfache rasche Weise, dabei reicht der Vorrat für weit größere Fahrleistungen aus. Die Lokomotive kann von einem Zug auf den andern übergehen ohne Überführung in ein Betriebswerk. Nach den bisherigen Erfahrungen ist die Ausnutzungsfähigkeit der Diesellokomotive zu etwa 85 bis 90% anzunehmen, d. h. wir erhalten eine reine Nutzzeit von $17\frac{1}{2}$ Stunden pro Betriebstag.

Da die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit der Dampf- und der Diesellokomotive etwa gleich ist, so können wir die tägliche Kilometerleistung im Verhältnis der Nutzzeiten berechnen. Nehmen wir für die Dampflokomotive als Tagesleistung 300 km an, so erhalten wir für die Diesellokomotive etwa $\frac{300 \cdot 17,5}{13} = 400$ km.

Nach Vorstehendem ergäbe sich also für die beiden Betriebsarten folgende Tageseinteilung:

	Dampfbetrieb	Dieselbetrieb
Nutzzeit	13,0 Std.	17,5 Std.
Behandlungszeit .	6,5 „	2,5 „
Wartezeit	4,5 „	4,0 „
Tagesleistung . .	300 km	400 km

Die jährlichen Lokomotivbetriebstage.

Die Zahl der jährlichen Lokomotivbetriebstage ist abhängig von Häufigkeit und Dauer der Untersuchungen und Ausbesserungen, die an den Lokomotiven in regelmäßiger Wiederkehr in den Betriebs- bzw. Ausbesserungswerken vorzunehmen sind.

Untersuchung im Betriebswerk: Jede Dampflokomotive wird an bestimmten Tagen zur Vornahme der Kesselreinigung (Auswaschen) aus dem Betrieb gezogen. Die Zeitfolge dieser Auswaschtag hängt von den Wasserverhältnissen und von der Lokomotivbeanspruchung ab. Im Durchschnitt entfällt bei einer Güterzuglokomotive auf 9 Betriebstage ein Auswaschtag (24 Std.), der gleichzeitig zu kleineren Ausbesserungen verwendet wird.

Bei der Diesellokomotive fallen naturgemäß die Auswaschtag fort. Dafür sind von Zeit zu Zeit Untersuchungstage anzusetzen zur Vornahme der laufenden Instandhaltungsarbeiten, die sich im wesentlichen auf den Dieselmotor erstrecken. Dabei handelt es sich in erster Linie um das Auswechseln der Auslassventile und das Reinigen der Verbrennungsräume. Ferner sind die Brennstoffventile bzw. die Brennstoffdüsen zu reinigen. Bei dieser Gelegenheit werden zweckmäßig auch die Triebwerksteile des Motors durchgesehen, die Treibstangenschrauben sind auf Lockerung der Muttern zu untersuchen, wobei auch das Lagerspiel von Kolben und Kurbelzapfen nachgeprüft werden kann. Bei Motoren mit Lufteinspritzung sind am Kompressor alle

Ventile auszubauen, zu reinigen und einzuschleifen. Gleichzeitig ist die Kraftübertragungsanlage und das Laufwerk einer Durchsicht zu unterziehen, ebenso sind die Hilfseinrichtungen zu prüfen und in Stand zu setzen.

Nach den bisherigen Erfahrungen empfiehlt es sich, diese Untersuchungen in Zwischenräumen von etwa drei Wochen vorzunehmen, wofür dann ein Tag (24 Stunden) anzusetzen ist. Kleinere in der Zwischenzeit etwa notwendig werdende Ausbesserungen können während der täglichen Betriebspausen ausgeführt werden.

Untersuchung im Ausbesserungswerk: Die Untersuchung und Überholung der Dampflokomotive in den Ausbesserungswerken (Haupt- und Zwischenausbesserung) erfolgt nach einer bestimmten Kilometerleistung der Lokomotive im Betrieb, der sog. „Sollleistung“. Diese beträgt für die G 10 Lokomotive 85 000 km, doch wollen wir im Hinblick auf Mehrleistungen 90 000 km annehmen. Bei einem täglichen Lauf von 300 km wird also die Lokomotive nach $90\,000:300=300$ Betriebstagen in Hauptausbesserung kommen, d. h. unter Berücksichtigung der Auswaschtage und zehn sonstiger Ausfalltage nach $300+300:9+10=343$ Kalendertagen. Die durchschnittliche Dauer einer Hauptausbesserung ermittelt sich für eine Güterzuglokomotive bei $8\frac{1}{2}$ stündiger Werkstattzeit zu 24 Arbeitstagen. Dabei ist angenommen, daß im Bedarfsfall Ersatzkessel zur Verfügung stehen, weshalb auch größere Kesselarbeiten ohne Einfluß auf die Ausbesserungsdauer sind. Rechnen wir noch mit einer Zwischenausbesserung von 7 Arbeitstagen, so ergibt sich eine gesamte Ausbesserungszeit von durchschnittlich 35 Kalendertagen. Es entfallen also auf insgesamt $343+35=378$ Kalendertage 300 Betriebstage, oder auf ein Jahr $300:365:378=290$ Betriebstage.

Die Untersuchung und Überholung der Diesellokomotive in den Ausbesserungswerken wird zweckmäßig ebenfalls nach bestimmten Weglängen im Betriebsdienst zu erfolgen haben. Der kurze Zeitraum, in welchen die bisherigen Betriebs Erfahrungen mit der Diesellokomotive fallen, reicht jedoch noch nicht aus, um für die Festlegung der Kilometerleistung zwischen zwei Hauptausbesserungen sichere Unterlagen zu erhalten. Ebensowenig läßt sich heute schon ein abschließendes Urteil über die Dauer einer Hauptausbesserung bilden. Es ist somit notwendig, hierfür gewisse Annahmen zu machen, die teils auf den Dampflokomotiv-, teils auf den stationären Dieselmotor zurückgreifen.

Von allen Teilen der Diesellokomotive ist zweifellos der Motor der größten Beanspruchung unterworfen. Um also feststellen zu können, nach welchen Weglängen eine Hauptausbesserung fällig wird, müssen wir vom Motor ausgehen. Im stationären Betrieb unter normalen Arbeitsbedingungen ist es zweckmäßig eine gründliche Überholung des Motors jährlich einmal vorzunehmen. Eine solche wird im Lokomotivbetrieb schon früher notwendig werden, denn der Motor wird durch das oftmalige Anlassen und Abstellen, sowie durch die unregelmäßige Belastung mehr beansprucht und verschmutzt als dies beim stationären Dauerbetrieb der Fall ist, auch ist normalerweise die tägliche Betriebszeit länger. Es sollen daher als Kilometerleistung bis zu einer Hauptausbesserung 85 000 Lok.km angenommen werden. Bei einer Tagesleistung von 400 km entspricht dies $85\,000:400=212$ Betriebstagen. Unter Einrechnung der Untersuchungen im Betriebswerk (jeden 21. Tag) und zehn sonstiger Ausfalltage erfolgt demnach eine Hauptausbesserung nach $212+212:21+10=232$ Kalendertagen.

Die Ausbesserungsdauer läßt sich, wie schon erwähnt, heute nur angenähert feststellen. Der Vorteil, der sich aus dem Wegfall der Kesselausbesserung ergibt, ist seit Einführung von Ersatzkesseln für die Dampflokomotive nicht mehr be-

deutend. Eine gewisse Zeitersparnis wird jedoch eintreten, da bei der Dampflokomotive vielfach Kesselausbesserungen ohne Wechsel erfolgen. Von größerem Einfluß auf die Überholungsdauer ist die geringere Beanspruchung des Laufwerks bei der Diesellokomotive infolge Fehlens größerer hin- und hergehender Massen. Die Abnutzung der Lager und der Radreifen wird damit geringer. Dies trifft jedoch für die Diesel-Druckluft-Lokomotive nicht zu. Am günstigsten schneidet die Diesel-Elektro-Lokomotive ab, deren elektrische Teile bei guter Ausführung weniger der Ausbesserung bedürfen und außerdem leicht ausgewechselt werden können. Eine nennenswerte Kürzung der Ausbesserungszeiten wird sich jedoch für die Diesellokomotive im allgemeinen nicht ergeben, da Folgendes nicht übersehen werden darf.

Die Entwicklung der Dampflokomotive in Regelbauart ist ziemlich abgeschlossen. Auf Grund jahrzehntelanger Erfahrung haben sich Einheitsbauarten herausgebildet, auf welche in weitestem Maße die Grundsätze des Austauschbaues angewandt worden sind. Im Zusammenhang damit steht die Umstellung und Ausgestaltung der Werkstätten und ihrer Einrichtungen im Hinblick auf größte Wirtschaftlichkeit. So ist bei fast allen Reichsbahn-Ausbesserungswerken die fließende Fertigung durchgeführt. Derartige Maßnahmen lassen sich natürlich nur bis zu einem gewissen Grade auf solche Lokomotivbauarten anwenden, deren Entwicklung noch so im Fluß ist, wie dies bei der Diesellokomotive der Fall. Immerhin dürfen wir bei unserem Vergleich voraussetzen, daß in den Ausbesserungswerken zweckentsprechende Einrichtungen für Untersuchung und Ausbesserung der Diesellokomotiven vorhanden sind und daß schadhafte Teile weitgehend gegen Ersatzteile aus dem Werkstattlager ausgewechselt werden können.

Unter diesen Umständen ist für die Überholung der Diesellokomotive je nach Bauart mit 20 bis 25 Arbeitstagen zu rechnen. Als Durchschnitt nehmen wir 22 Tage. Zuzüglich einer Zwischenausbesserung von 5 Arbeitstagen ergibt sich dann eine gesamte Ausbesserungszeit von 31 Kalendertagen. Es entfallen also nach den früheren Ermittlungen auf insgesamt $232+31=263$ Kalendertage 212 Betriebstage, oder auf ein Jahr $212 \times 365:263=295$ Betriebstage.

Aus der täglichen Betriebsleistung und der Zahl der jährlichen Betriebstage ermittelt sich die jährliche Betriebsleistung

für die Dampflokomotive zu $300 \times 290 = 87\,000$ Lok./km,
für die Diesellokomotive zu $400 \times 295 = 118\,000$ Lok./km.

b) - Kosten für die Ausbesserung in den Hauptwerkstätten.

Auf 1000 Lok.km der G 10 Lokomotive entfallen etwa an Kosten

für eine Hauptausbesserung (24 Arbeitstage) . 220 RM
für eine Zwischenausbesserung (7 Arbeitstage) . 70 RM
zusammen . 290 RM

In dieser Summe sind neben den unmittelbaren Kosten für Werkstoffe und Löhne auch die mittelbaren Kosten (Verwaltungskosten) für Gehälter, Werkzeuge, Maschinen, Gebäude, Kraft usw. enthalten, welche im Abrechnungsverfahren der D. R. B. durch einen prozentualen Zuschlag zu den Lohnkosten berücksichtigt werden.

Die Ausbesserung der Diesellokomotive wird billiger durch den Wegfall der Instandsetzung des Kessels, die bei der Dampflokomotive stets einen beträchtlichen Teil, bei ungünstigen Wasserverhältnissen bis zu 60% der Gesamtkosten, ausmacht, auch ist dort das Vorhalten einer Anzahl Ersatzkessel notwendig.

Insgesamt erfordert die Überholung geringere Ausgaben für Werkstoffe. Nach vorsichtiger Schätzung auf Grund bis-

heriger Erfahrungen können die Ausbesserungskosten für die Diesellokomotive zu etwa 80 bis 90% derjenigen der Dampflokomotive angenommen werden.

c) Anteilige Zins- und Tilgungskosten für die Lokomotivbehandlungsanlagen.

Dazu gehören die Lokomotivschuppen mit Einrichtungen für das Auswaschen der Lokomotivkessel, sowie den maschinellen Einrichtungen für die laufenden Ausbesserungen.

Die Lokomotivbekohlungsanlagen mit Einrichtungen für das Fördern und Wiegen des abzugebenden Brennstoffs.

Die Ausschlackanlagen mit Einrichtungen für das Ausblasen der Rauch- und Siederohre und für das Verladen der anfallenden Schlacke und Lösche.

Die Wasserfüllanlagen, vielfach in Verbindung mit Wasserreinigungsanlagen.

Die Kosten für Unterhaltung und Erneuerung dieser Anlagen werden im Abrechnungsverfahren der D. R. B. in einem Pauschalsatz auf die Lokomotiveinheiten*) umgelegt. Die Höhe des Satzes hängt also von dem Beschaffungswert der Anlagen und von der Zahl der auf sie entfallenden Lokomotiven ab. Auf 1000 Lokeinh.km kommen im Durchschnitt bei 10% Verzinsung und Abschreibung 50 *R.M.*, damit auf 1000 Lok.km der G 10 Lokomotive $3 \times 50 = 150$ *R.M.*

Die Diesellokomotive erfordert für ihre Behandlung weit weniger Anlagen als die Dampflokomotive. Die Schuppenanlagen können kleiner gehalten werden, da bei gleicher Verkehrsleistung des Betriebswerks weniger Lokomotiven erforderlich sind. Die Zahl der vorzuhaltenden Lokomotiven steht im umgekehrten Verhältnis zu ihrer jährlichen Betriebsleistung. Wir können also auf Grund früherer Ermittlung die

Anzahl der Diesellokomotiven zu $\frac{87000}{118000} \approx 75\%$ der Dampflokomotiven annehmen. Die Anzahl der notwendigen Lokomotivstände entspricht beim Dampfbetrieb etwa 60 bis 70% der Betriebslokomotiven. Bei Dieselbetrieb kann dagegen als Folge der kürzeren Behandlungszeiten mit Lokomotivständen für 40% der Betriebslokomotiven gerechnet werden, d. h. auf die Anzahl der Dampflokomotiven bezogen mit $\frac{40 \times 75}{100} = 30\%$. Die Anzahl der notwendigen Lokomotiv-

stände kann also auf weniger als die Hälfte verringert werden. Dazu kommt noch, daß durch die kürzere Baulänge der Diesellokomotive ebenfalls eine Raumersparnis erzielt wird.

Die Bekohlungsanlagen werden ersetzt durch Öltankanlagen, welche weniger umfangreich sind und sich bedeutend leichter und rascher bedienen lassen. Die Kosten für Tankanlagen sind geringer als für Bekohlungsanlagen bei gleicher Verkehrsleistung der versorgten Lokomotiven. Die Ausschlackanlagen fallen weg, ebenso die Wasserversorgungsanlagen. Das von den Diesellokomotiven benötigte Wasser kann den Wasserleitungen des Betriebswerks entnommen werden.

Der Langlauf der Diesellokomotiven bringt es weiter mit sich, daß die Stützpunkte für die Lokomotivbehandlung auseinandergerückt werden können, so daß sich insofern auch die Zahl der Tankanlagen gegenüber den bisher nötigen Bekohlungsanlagen vermindert. Es kann also die Arbeit von

*) Um Lokomotiven verschiedener Leistungsfähigkeit in eine Rechnung einreihen zu können, sind die Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn in Lokomotiveinheiten zerlegt. Eine für jede Lokomotivgattung besonders festgelegte Zahl der Lokomotiveinheiten (Leistungsverhältniszahl) ist von der schwächsten Lokomotivgattung abgeleitet, deren Leistung mit 1 bewertet ist. Die Leistungszahlen gelten für alle Abrechnungsgebiete, also für Betriebs- und Werkstätteleistung, Personal- und Stoffaufwand. Die Leistungszahl der G 10 ist 3,0.

Zwischenbetriebswerken eingeschränkt, unter Umständen können solche ganz aufgegeben werden. Eine überschlägige Schätzung ergibt eine Verringerung an Betriebsstützpunkten um rund 25%.

Diese Erwägungen zeigen, daß die Verwendung der Diesellokomotive in bezug auf die Behandlungsanlagen große Ersparnisse mit sich bringt, es bleibt nur die Frage offen, inwieweit wir die angeführten Vorteile auch in unserer Vergleichsberechnung berücksichtigen dürfen. Bei Feststellung der Wirtschaftlichkeit einer neu zu bauenden Bahnlinie werden natürlich diese Vorteile voll zur Geltung kommen. Hingegen können sie nicht so sehr zutage treten, wenn es sich darum handelt ein bereits bestehendes Eisenbahnnetz schrittweise von Dampf- auf Dieselbetrieb umzustellen. Die vorhandenen Anlagen müssen auch weiterhin unterhalten werden, wobei die Kosten mit Einführung der neuen Betriebsart nicht in gleichem Maße zurückgehen. Immerhin ist ein merklicher Rückgang der Ausgaben für die Behandlungsanlagen zu erwarten, auch insofern als eine sonst mit wachsendem Verkehr notwendig werdende Erweiterung oder Erneuerung nicht mehr in Frage kommt.

Um diese nicht genau zu erfassenden Faktoren einigermaßen zu berücksichtigen, wird angenommen, daß die Diesellokomotive noch die Verzinsung, nicht mehr aber die Abschreibung und Erneuerung der in Wegfall kommenden Anlagen zu tragen hat. Wenn wir damit die auf 1000 Lok.km entfallenden Kosten zu 60% derjenigen der Dampflokomotive annehmen, so ist dies keinesfalls zu niedrig gegriffen.

B. Persönliche Ausgaben.

1. Lokomotivpersonal.

Die Diesellokomotive erfordert wie die Dampflokomotive zwei Mann zur Bedienung. Dabei genügt es, wenn der Dieselmachinist gelernter Handwerker ist. Der Lokomotivführer kann, wie es z. B. bei englischen Bahngesellschaften üblich ist, ein Nichthandwerker sein. Jedenfalls liegt kein Grund vor beim Dieselbetrieb höhere Gehälter des Lokomotivpersonals anzusetzen, als beim Dampfbetrieb mit gelernten Heizern.

Um die auf 1000 Lok.km entfallenden Kosten ermitteln zu können, müssen wir zunächst auf die Diensterteilung des Lokomotivpersonals eingehen. Für den planmäßigen Streckendienst, dem unsere Untersuchung in erster Linie gilt, ist im Dampfbetrieb größtenteils die Doppelbesetzung durchgeführt, d. h. die Benutzung derselben Lokomotive durch zwei Mannschaften innerhalb eines Betriebstags (24 Stunden). Dabei ist, wie sich aus den Diensterteilern ergibt, die wirkliche Nutzleistung der Lokomotivmannschaft gering, da ein großer Teil der Gesamtdienstzeit ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$) für Nebenleistungen verwendet wird (Vorbereitungs- und Abschlußdienst). Dieses Verhältnis gestaltet sich im Dieselbetrieb weit günstiger, da die Zeiten für das Auf- und Abrüsten kürzer werden. Dadurch lassen sich aber höhere Nutzleistungen der Lokomotivmannschaft erzielen, ohne daß die durch die Dienstdauervorschriften gezogenen Grenzen überschritten werden. Ermöglicht der Fahrplan eine hohe Lokomotivausnutzung, dann wird sich allerdings die Doppelbesetzung mit eingeschobener Zusatzmannschaft als notwendig erweisen, welche beim elektrischen Bahnbetrieb fast durchweg eingeführt ist. Im allgemeinen darf aber für die Diesellokomotive noch die reine Doppelbesetzung angenommen werden. Damit lassen sich die auf 1000 Lok./km entfallenden Personalkosten aus denen des Dampfbetriebs ableiten, da sie im umgekehrten Verhältnis zur täglichen Kilometerleistung der Lokomotiven stehen.

2. Handwerker für die Betriebsunterhaltung.

Die Betriebshandwerker haben im Betriebswerk die laufenden Ausbesserungen an den Lokomotiven vorzunehmen.

Dazu gehört hauptsächlich das Auswechseln von Federn, Bremsklötzen und Roststäben, das Ausgießen und Einpassen von Stangen- und Achslagern, das Auswechseln und Abdichten einzelner Feuerrohre und Stehbolzen, die Erneuerung von Kolbenringen und Armaturteilen. Weitere Arbeiten sind das Auswechseln von Radsätzen, sowie die Untersuchung der Hilfseinrichtungen (Luft- und Speisepumpe, Injektor, Vorwärmer).

Die aufgeführten Punkte treffen zum Teil auch für die Diesellokomotive zu, außerdem kommen die schon in anderem Zusammenhang erwähnten Arbeiten in Frage. Die Arbeiten für die Betriebsunterhaltung der Diesellokomotive entsprechen dem Umfang nach etwa denen an der Dampflokomotive. Die auf 1000 Lok.km entfallenden Lohnkosten können also gleich hoch angenommen werden.

3. Arbeiter für die Betriebsunterhaltung.

Die Tätigkeit der Betriebsarbeiter erstreckt sich auf die Lokomotivbehandlung vor und nach der Fahrt. Sie betrifft also das Ausschlacken (Feuerputzen), das Reinigen von Aschkasten und Rauchkammer, das Kohlenladen, das Kesselwaschen und Anheizen, sowie das Feuerhalten in den Betriebspausen. Dazu kommt noch das Verladen und Abführen der anfallenden Schlacke und Lösche. Bei der Aufstellung der Lohnkosten für die Betriebsarbeiter wird der Arbeitslohn der Kohlenlader nicht mit eingerechnet, da er bereits in dem frei Tender berechneten Kohlenpreis enthalten ist.

Da die Diesellokomotive weit weniger Behandlung bedarf bei größerer Betriebsleistung, so wird eine große Zahl von Betriebsarbeitern entbehrlich. Es werden nur noch Arbeitskräfte zur Reinigung der Lokomotive, sowie zum Brennstoff- und Wasserfassen benötigt. Die Kosten sind infolgedessen bedeutend niedriger. Bleibt wieder der Arbeitslohn für die Brennstoffübernahme ausgeschlossen, der in dem frei Lokomotive berechneten Treibölpreis enthalten ist, so können die auf 1000 Lok.km entfallenden Lohnkosten für den Dieseltreibetrieb zu etwa 20% derjenigen des Dampftriebs angesetzt werden.

4. Lokomotivdienstleitung und Aufsicht.

Die Ausgaben hierfür beziehen sich auf die Gehälter des Aufsichts- und Büropersonals im Betriebswerk.

Beim Dieseltreibetrieb bringt die Verringerung an Lokomotiven, an Behandlungsanlagen und Behandlungspersonal auch eine entsprechende Personalersparnis für Dienstleitung und Aufsicht mit sich. Die auf 1000 Lok.km entfallenden Gehaltskosten ergeben sich für den Dieseltreibetrieb zu etwa 60 bis 70% derjenigen des Dampftriebs.

Ermittlung des Brennstoffverbrauchs einer Zugfahrt für die Vergleichslokomotiven.

A. Heißdampflokomotive G 55.15 (G 10) der D. R. B.

Hauptgrößen:

Lokomotive:	
Achsanordnung	E
Zylinderdurchmesser	630 mm
Kolbenhub	660 mm
Treibraddurchmesser	1400 mm
Kesseldruck	12 atü
Rostfläche	2,63 m ²
Wasserberührte Heizfläche	141,5 m ²
Ges. Länge über Puffer (mit Tender)	18910 mm
Dienstgewicht (ohne Tender)	76,6 t
Reibungsgewicht	76,6 t
Leergewicht (ohne Tender)	69,6 t
Höchstgeschwindigkeit	60 km/h
Größte indizierte Zugkraft	14500 kg

Tender:

Dienstgewicht	45,8 t
Leergewicht	22 t

Um die zur zeichnerischen Ermittlung des Bahndiagramms notwendigen Zugkraftkurven gleichbleibenden Dampfverbrauchs ableiten zu können, wurde die Betriebs-Charakteristik der Lokomotivmaschine aufgestellt (Textabb. 1). Als Grundlage diente die Abhandlung von Strahl: „Einfluß der Steuerung auf Leistung, Dampf und Kohlenverbrauch der Heißdampflokomotiven“*).

Zunächst wurde an Hand der von Strahl abgeleiteten Formeln der mittlere indizierte Dampfdruck p_i im Dampfzylinder für verschiedene Treibraddrehzahlen n und Füllungen ε berechnet. Hieraus ergab sich die indizierte Lokomotivleistung nach der Formel:

$$N_i = 2 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi \cdot 2 h \cdot n \cdot p_i}{4 \cdot 75 \cdot 100} = 109,7 \cdot n \cdot p_i$$

Die errechneten Werte sind in Zahlentafel 1 aufgeführt.

Zahlentafel 1.

Indizierte Lokomotivleistung N_i der Dampflokomotive für verschiedene Drehzahlen und Füllungen.

	n=0,5	n=1	n=2	n=3	n=4
$\varepsilon=0,1$	138 PSi	245	399	492	535
$\varepsilon=0,2$	227 „	411	695	891	1020
$\varepsilon=0,3$	304 „	559	966	1260	1470
$\varepsilon=0,4$	369 „	688	1205	1585	1850
$\varepsilon=0,5$	427 „	802	1415	1850	2130
$\varepsilon=0,6$	471 „	890	1570	2020	—
$\varepsilon=0,7$	510 „	970	1690	—	—

Weiterhin wurde, wiederum nach den von Strahl abgeleiteten Formeln, der stündliche Dampfverbrauch G der Lokomotivmaschine für verschiedene Treibraddrehzahlen n und Füllungen ε berechnet. Die Zahlenwerte sind in Zahlentafel 2 aufgeführt.

Zahlentafel 2.

Stündlicher Dampfverbrauch der Lokomotivmaschine für verschiedene Drehzahlen und Füllungen.

	n=0,5	n=1	n=2	n=3	n=4
$\varepsilon=0,1$	1035 kg/h	1900	3340	4460	5320
$\varepsilon=0,2$	1680 „	3120	5460	7265	8640
$\varepsilon=0,3$	2340 „	4340	7660	10230	12210
$\varepsilon=0,4$	3020 „	5650	10070	13600	16380
$\varepsilon=0,5$	3710 „	6970	12620	17130	20450
$\varepsilon=0,6$	4410 „	8400	15370	—	—
$\varepsilon=0,7$	5140 „	9880	18360	—	—

Mit Hilfe der Zahlentafeln 1 und 2 wurde für die Drehzahlen $n=0,5$ bis $n=4$ die Betriebscharakteristik der Lokomotivmaschine aufgezeichnet (Textabb.1). Der Dampfverbrauch der Lokomotivmaschine wird begrenzt durch die Dampferzeugung des Kessels. Nach neueren Ergebnissen aus den Versuchen des Reichsbahn-Zentralamts**) kann bei größter Dauerbeanspruchung der Lokomotive unter Berücksichtigung des Vorwärmers als obere Grenze der Heizflächenbelastung $q=D/H=55 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ angenommen werden. Schneiden wir in der Betriebscharakteristik die Dampfverbrauchskurven durch Linien gleicher Heizflächenbeanspruchung (Parallelen zur Abszissenachse), so lassen sich für verschiedene Dreh-

*) Hanomag-Nachrichten-Verlag G. m. b. H. Hannover 1924.

**) Glasers Annalen 1926, S. 129.

zahlen n und Heizflächenbeanspruchungen q die ind. Lokomotivleistungen ablesen. Die Werte für N_i sind in Zahlentafel 3 aufgeführt, wo auch die entsprechenden Werte für $Z_i = \frac{270 \cdot N_i}{V}$ eingetragen sind.

wo G_1 = Gewicht der Lokomotive mit Tender auf den Laufachsen.
 G_2 = Gewicht der Lokomotive auf den Kuppelachsen (Reibungsgewicht)
 c = Erfahrungskonstante.

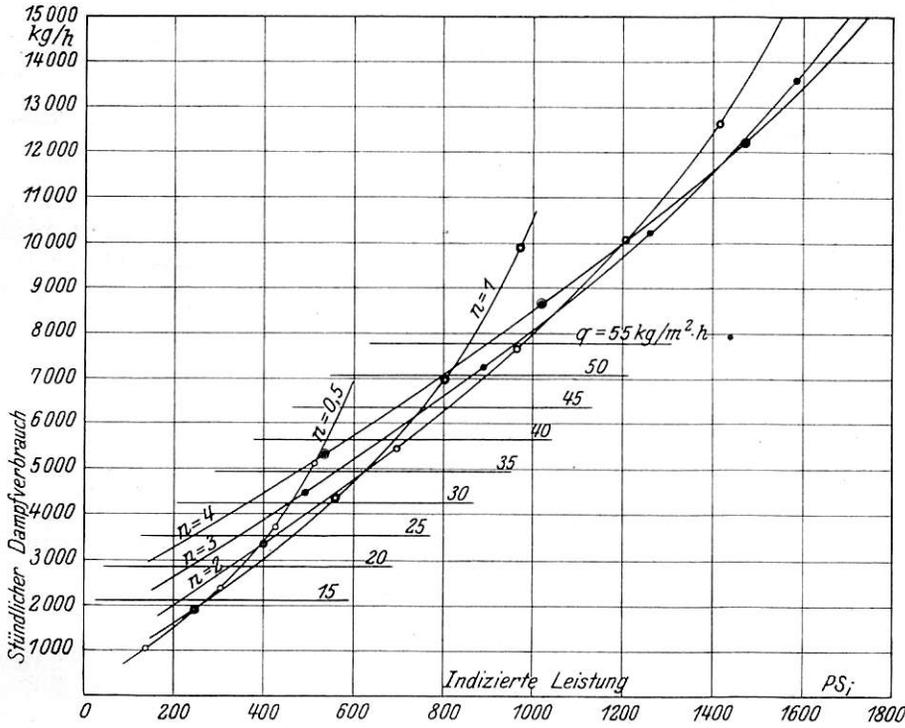


Abb. 1. Heißdampflokomotive. Stündlicher Dampfverbrauch bei verschiedenen Treibraddrehzahlen in Abhängigkeit von der indizierten Leistung.

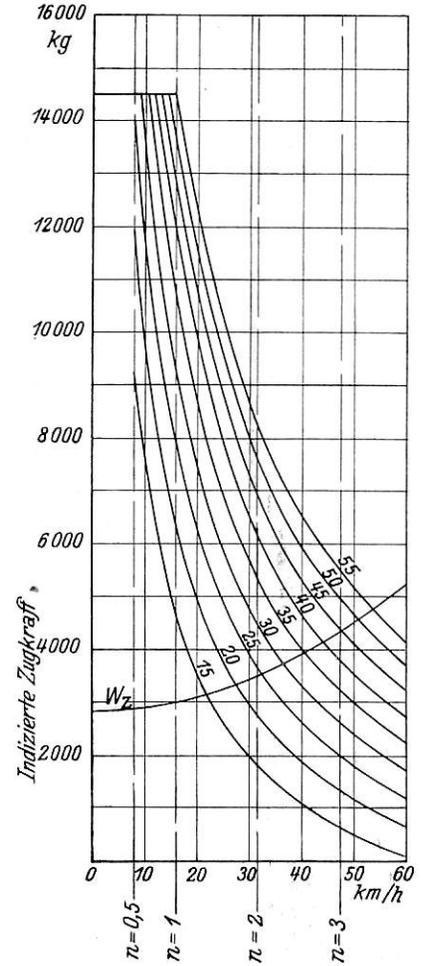


Abb. 2. Heißdampflokomotive. Zugkraftkurven gleichbleibenden Dampfverbrauchs.

Zahlentafel 3.

	$n=0,5$ $V=7,91$	$n=1$ $V=15,82$	$n=2$ $V=31,64$	$n=3$ $V=47,46$	$n=4$ $V=63,28 \text{ km/h}$
$q=55$	N_i —	855	975	955	895 PS _i
	Z_i —	14600	8300	5440	3820 kg
$q=50$	N_i —	810	895	865	800 PS _i
	Z_i —	13830	7650	4925	3410 kg
$q=45$	N_i 570	750	810	760	690 PS _i
	Z_i 19400	12800	6900	4325	2940 kg
$q=40$	N_i 540	690	720	660	585 PS _i
	Z_i 18400	11780	6150	3755	2500 kg
$q=35$	N_i 500	625	625	560	475 PS _i
	Z_i 17100	10700	5350	3185	2030 kg
$q=30$	N_i 460	550	530	455	360 PS _i
	Z_i 15700	9380	4500	2590	1540 kg
$q=25$	N_i 410	465	425	345	240 PS _i
	Z_i 14000	7840	3630	1965	1025 kg
$q=20$	N_i 345	375	320	230	120 PS _i
	Z_i 11900	6400	2730	1310	510 kg
$q=15$	N_i 270	275	215	115	— PS _i
	Z_i 9250	4700	1830	655	— kg

An Hand der Zahlentafel 3 wurden in Textbb. 2 die Zugkraftkurven gleichbleibenden Dampfverbrauchs über der Fahrgeschwindigkeit aufgezeichnet. Die Widerstandslinie W_z für den Zug auf wagrechter gerader Bahn ergibt sich aus den Laufwiderständen von Lokomotive und Wagen.

Der Laufwiderstand für die Dampflokomotive ist nach Strahl auf wagrechter gerader oder schwach gekrümmter Bahn:

$$W_L = 2,5 \cdot G_1 + c \cdot G_2 + 0,6 \cdot F \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg}$$

Auf Grund von Versuchen bei der R.B.D. Stuttgart hat sich gezeigt, daß der Wert des vielfach noch zugesetzten Gliedes $0,04 Z_i$, das den Zusatzwiderstand der belasteten Lokomotive berücksichtigen soll, zu hoch angesetzt ist. Im allgemeinen ist schon in der Grösse $c \cdot G_2$ die Belastung der Lokomotive ausgedrückt, daher wurde das Glied $0,04 Z_i$ nicht mehr berücksichtigt.

Der Lokomotivwiderstand ist damit:

$$W_L = 2,5 \cdot 45,4 + 9,3 \cdot 76,6 + 0,6 \cdot 10 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 = 826 + 6 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg.}$$

Der Laufwiderstand für die Wagen ist, bezogen auf 1 t Wagengewicht auf wagrechter, gerader oder schwach gekrümmter Bahn nach Strahl:

$$W_w = 2,0 + (0,007 + m) \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg/t.}$$

Für gemischte Güterzüge ist $m = 1/20$, somit Wagenwiderstand

$$W_w = 1000 \cdot \left[2,0 + 0,057 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \right] = 2000 + 57 \cdot \left(\frac{V}{10}\right)^2 \text{ kg.}$$

$V \text{ km/h}$	0	10	20	30	40	50
$W_L \text{ kg}$	826	832	850	880	922	976
$W_w \text{ kg}$	2000	2057	2228	2513	2912	3425
$W_z \text{ kg}$	2826	2889	3078	3393	3834	4401

Der Steigungswiderstand für 1 t Zuggewicht w_s kg/t ist ziffernmäßig gleich dem Steigungsverhältnis.

Die Krümmungswiderstände blieben unberücksichtigt. Diese Vereinfachung beeinflusst die Genauigkeit der Untersuchung in keiner Weise, da jedem Bahndiagramm dieselben Streckenverhältnisse zugrunde gelegt sind, die im übrigen von den wirklichen mehr oder weniger abweichen können.

Die indizierten Schubkräfte Z_i der Schublokomotive T 20 wurden nach Igel*) berechnet, wobei von einer gleichbleibenden Rostbelastung $B/R=380$ kg/m und einem wirtschaftlichen Zylinderdruck $p_i=3,6$ kg/cm ausgegangen wurde. Die Eigenwiderstände W_{Ls} der Schublokomotive wurden wieder nach Strahl ermittelt. Unter Abzug dieser Widerstände ergaben sich die Schubkräfte am Pufferbalken.

Aus dem Z V-Diagramm der Heißdampflokomotive G 10 (Textabb. 2) wurde das sV-Diagramm (Taf. 6, Abb. 1)

Die Bahndiagramme*) für die Heißdampflokomotive (Taf. 6, Abb. 3) ergeben:

Strecke	Entfernung	Dampfverbrauch D	Gesamte Fahrzeit	Fahrzeit bei geschl. Regler
Stuttgart—Ulm	94,0 km	21000 kg	193 Min.	24 Min.
Ulm—München	146,5 „	20850 „	223 „	17 „
Ulm—Stuttgart	94,0 „	8770 „	148 „	52 „
	334,5 km	50620 kg	564 Min.	93 Min.

Durchschnittl. Fahrgeschwindigkeit $\frac{334,5 \cdot 60}{564} = 35,5$ km/h.

Der Kohlenverbrauch für die Fahrt unter Dampf ergibt sich aus dem Dampfverbrauch zu $B=D/z$. Die mittlere Verdampfungsziffer z wird unter der Annahme, daß Steinkohle

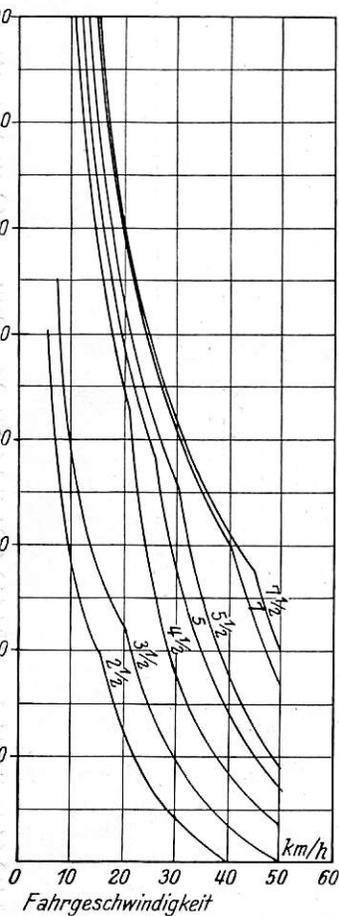


Abb. 3.

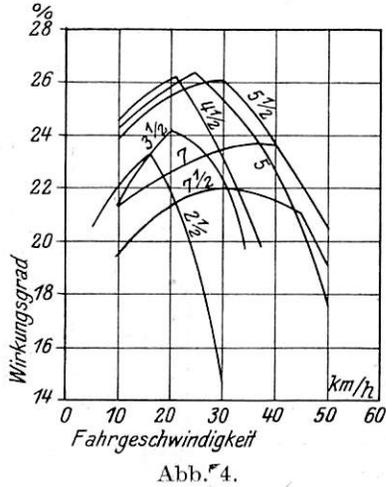


Abb. 4.

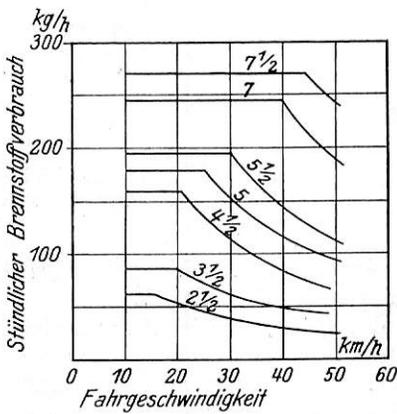


Abb. 5.

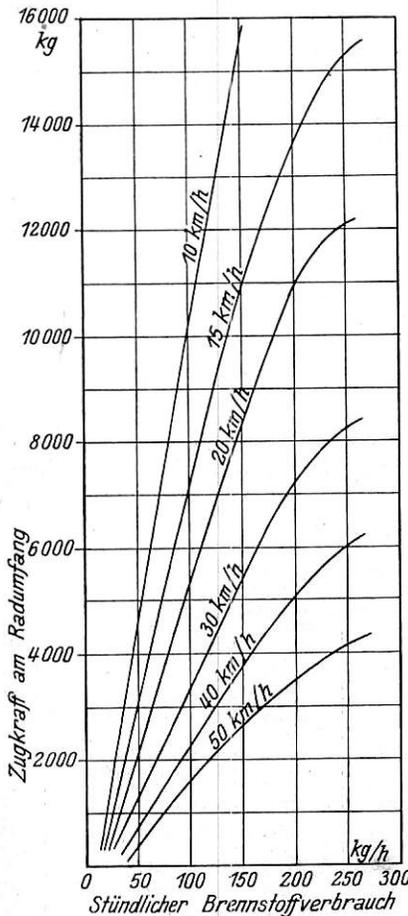


Abb. 6.

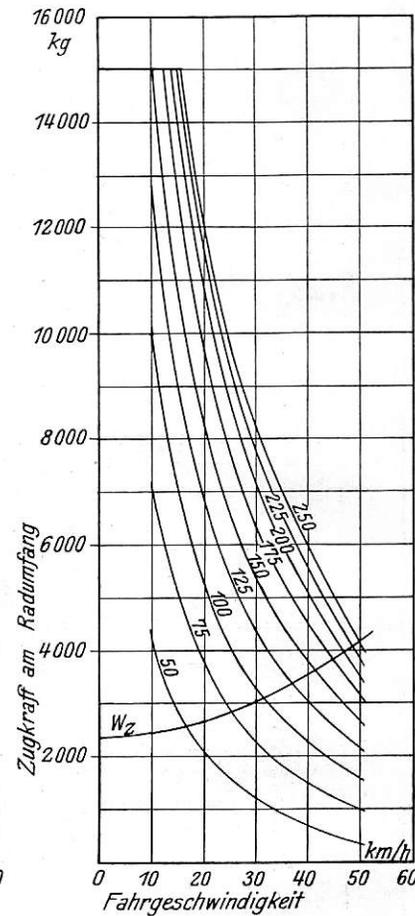


Abb. 7.

Abb. 3 bis 7. Diesel-Elektro-Lokomotive. Ableitung der Zugkraftkurven gleichbleibenden Brennstoffverbrauchs.

ermittelt. Man erhält die Werte für s , wenn man die aus dem Z V-Diagramm entnommenen Werte ($Z-W_z$) durch das Zuggewicht G_z dividiert. Das sV-Diagramm gibt an, welche Geschwindigkeiten die mit einem gegebenen Zuggewicht belastete Lokomotive auf den verschiedenen Steigungen dauernd einhalten kann, oder aber wie groß bei einer bestimmten Steigung und Geschwindigkeit die zur Beschleunigung des Zugs verfügbare Zugkraft pro t Zuggewicht ist. Für die mit Nachschub befahrene Strecke ergibt sich die im sV-Diagramm gestrichelt dargestellte sV-Linie, welche abgeleitet ist aus der ZV-Linie des größten Dampfverbrauchs der G 10 Lokomotive (Textabb. 2) und aus der Schubkraftlinie der Schublokomotive bei einem gesamten Zuggewicht von $G'_z=1122+127=1249$ t.

*) Igel, Handbuch des Dampflokomotivbaus 1923, Seite 91.

mit einem Heizwert von 7000 WE/kg Verwendung findet, folgendermaßen berechnet: Der Wärmeinhalt von 1 kg überhitztem Dampf bei 13 ata Kesseldruck und 330°C Überhitzungstemperatur beträgt etwa 745 WE. Bei einem mittleren Kesselwirkungsgrad von $\eta=0,65$ (ab Vorwärmertemperatur) und 85°C mittlere Speisewassertemperatur wird

$$z = \frac{7000 \cdot 0,65}{(745 - 85)} = 6,9.$$

Der Kohlenverbrauch während der Fahrt bei geschlossenem Regler ist zu 0,5 kg pro m² Rostfläche und Min. angenommen. Zu dem gesamten Streckenverbrauch kommt noch ein Zuschlag von 10% für Anheizen und Feuerhalten in den Betriebspausen, sowie für den Abbrand während des Aufenthalts auf

*) Auf den beigefügten Tafeln ist für jede Lokomotive nur das Bahndiagramm der Strecke Ulm—München wiedergegeben.

Unterwegsstationen. Kurze Aufenthalte wurden nicht berücksichtigt, da die während eines vorübergehenden Stillstands verbrannte Kohle zur Erhöhung des Kesseldrucks dient. Dies trifft auch für die Fahrt bei geschlossenem Regler auf kurze Strecken zu.

Damit ergibt sich folgende Aufstellung:

Fahrstrecke	334,5 km
Gesamte Fahrzeit	T = 564 Min.
Fahrzeit bei geschlossenem Regler. T ₀ =	93 Min.
Dampfverbrauch ohne Hilfseinrichtungen	D = 50620 kg
Dampfverbrauch für Hilfseinrichtungen (4%)	2025 kg
Gesamter Dampfverbrauch	D _G = 52645 kg
Kohlenverbrauch für Dampferzeugung B = D : 6,9	= 7635 kg
Kohlenverbrauch bei geschlossenem Regler 0,5.R.T	= 120 kg
Gesamter Streckenverbrauch	B _S = 7755 kg
Zuschlag für Anbrennen und Feuerhalten (10%)	= 775 kg
Gesamter Kohlenverbrauch für die Zugfahrt	B _G = 8530 kg

Kohlenverbrauch auf 1000 Lok.km $B = \frac{8530 \cdot 1000}{334,5} = 25500 \text{ kg.}$

B. Diesel-Elektro-Lokomotive der Russischen Staatsbahnen.

Hauptgrößen:

Motor (mit Luftspritzung):

Zylinderzahl	6
Zylinderdurchmesser	450 mm
Kolbenhub	420 mm
Höchstleistung	1200 PS _e
Höchste Drehzahl	450 min.

Lokomotive:

Achsanordnung	1—A ₅ —1
Treibraddurchmesser	1220 mm
Gesamte Länge über Puffer	13820 mm
Dienstgewicht	119 t
Reibungsgewicht	90 t
Leergewicht	114 t
Höchstgeschwindigkeit	50 km/h
Anfahrzugkraft	15000 kg

Elektr. Ausrüstung:

Generatorleistung	800 kW
Generatorspannung	600/1000 V
Motorleistung	5 × 190 PS

Zur Aufstellung des Bahndiagramms sind zunächst die Zugkraftkurven gleichen Brennstoffverbrauchs zu ermitteln. Als Grundlage hierfür dienen die von Prof. Lomonosoff veröffentlichten Versuchsergebnisse*).

Textabb. 3 stellt die Zugkräfte am Treibradumfang über der Fahrgeschwindigkeit dar in Abhängigkeit von der sekundlichen Drehzahl des Dieselmotors. Dabei sind jeweils die

*) Lomonosoff: Die Diesel-Elektrische Lokomotive, V.D.I.-Verlag, Berlin 1924.

Kurven der günstigsten Brennstofffüllung gewählt. Textabb. 4 zeigt die thermischen Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und der Motordrehzahl. Der Verbrauch der Hilfsmaschinen ist dabei bereits berücksichtigt.

Aus Abb. 3 und 4 wurde der stündliche Brennstoffverbrauch B über der Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Drehzahl nach der Formel:

$$B = \frac{632 \cdot Z \cdot V}{H_u \cdot \eta \cdot 270} \text{ mit } H_u = 10000 \text{ WE/kg}$$

ermittelt und in Textabb 5 dargestellt. Hieraus läßt sich die Zugkraft über dem Brennstoffverbrauch in Kurven gleicher Fahrgeschwindigkeit darstellen (Textabb. 6) und schließlich die Zugkraft über der Fahrgeschwindigkeit in Kurven gleichen Brennstoffverbrauchs (Z V-Diagramm, Textabb. 7).

Die Zugkraft an der Reibungsgrenze Z_R ist aus dem Reibungsgewicht der Lokomotive hergeleitet. Nach den Erfahrungen in Rußland ist der Reibungskoeffizient zu $\mu = 1/6$ anzunehmen. Damit ergibt sich:

$$Z_R = \frac{90000}{6} = 15000 \text{ kg.}$$

Im Z V-Diagramm Textabb. 7 ist auch die Widerstandslinie W_Z des Zuges auf gerader ebener Strecke eingetragen. Der Laufwiderstand für die Diesel-Elektro-Lokomotive wurde in Rußland durch Versuche festgestellt. Er läßt sich ausdrücken durch die Gleichung:

$$W_L = G_L \cdot \left[3 + 0,15 \cdot \left(\frac{V}{10} \right)^2 \right] = 357 + 17,85 \cdot \left(\frac{V}{10} \right)^2 \text{ kg.}$$

Wir erhalten somit:

V km/h	0	10	20	30	40	50
W _L kg	357	375	428	518	643	803
W _W „ *)	2000	2057	2228	2513	2912	3425
W _Z „	2357	2432	2656	3031	3555	4228

*) Ableitung s. früher.

Aus dem Z V-Diagramm wurde in gleicher Weise wie bei der Dampflokomotive das s V-Diagramm abgeleitet durch Division der jeweiligen Werte (Z—W_Z) durch das Zuggewicht G_Z = 1000 + 119 = 1119 t (Taf. 6, Abb. 2).

Die Bahndiagramme für die Diesel-Elektro-Lokomotive (Taf. 6, Abb. 4) ergeben:

Strecke	Entfernung	Gesamter Brennstoffverbrauch	Fahrzeit
Stuttgart—Ulm	94,0 km	690 kg	191 Min.
Ulm—München	146,5 „	678 „	224 „
Ulm—Stuttgart	94,0 „	333 „	148 „
	334,5 km	1701 kg	563 Min.

Durchschnittl. Fahrgeschwindigkeit $\frac{334,5 \cdot 60}{563} = 35,5 \text{ km.}$

Gesamter Brennstoffverbrauch für die Zugfahrt B = 1701 kg.
 Brennstoffverbrauch auf 1000 Lok.km $B = \frac{1701 \cdot 1000}{334,5} = 5080 \text{ kg.}$

(Schluß folgt.)

Geotechnische Untersuchungen bei den Schwedischen Staatseisenbahnen.

Von Reichsbahnrat **Karl Backofen**, Stettin, Mitglied der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik.

Vorbemerkung. Die geotechnische Kommission der Staatseisenbahnen wurde am 29. Dezember 1913 von der Königl. Eisenbahndirektion zu Stockholm ernannt, um die Eisenbahnstrecken nach geotechnischen Gesichtspunkten zu untersuchen und anzugeben, inwieweit Verschiebungen der

Bahndämme zu befürchten seien und um Maßregeln vorzuschlagen, die man zur Sicherstellung des Eisenbahnbetriebes für nötig halte. Über die Arbeiten gibt ein schwedischer Bericht, der von der Eisenbahndirektion Stockholm zu beziehen ist, Aufschluss. — Der unten folgende Aufsatz befaßt sich mit

der Untersuchung des Baugrundes nach dem schwedischen „Vägledning vid Jordborningar för Järnvägsändamal“ und „Kolvborr av John Olsson“, beide Stockholm.

Man sollte meinen, daß es sehr viele Methoden zur Bestimmung der Tragfähigkeit der Böden gäbe. Dem ist nicht so. Die vorhandenen aber lassen sich nach zwei Gesichtspunkten trennen: Die eine Gruppe versucht durch Proberammung und Probelastung, die andere durch Bodenphysik und Geologie die Festigkeitseigenschaften zu erklären. Rammung und Belastung sind sehr teuer, da sie ungefähr im Maßstab des Bauwerkes vorgenommen werden müssen, wenn sie zuverlässig sein sollen. Die Geologie kann dem Bauingenieur bestenfalls Hinweise geben und die Bodenphysik ist eine praktische Wissenschaft, die gerade im Entstehen ist und noch nicht über Erfahrungen verfügt. Als brauchbarste Methode, wenn auch teuerste, hat sich die Schürfung erhalten, denn in ihr bekommt man einen unmittelbaren Einblick in die Erdrinde; man hat hier die naturhafte Lagerung, die ursprüngliche Konsistenz und Struktur der Böden, nicht verändert durch Werkzeuge, die Durchfeuchtung und Wasserführung der Schichten vor Augen, so daß man ohne den Umweg über die Rechnung, der bei der Proberammung stets nötig wird, zu einer bestimmten Überzeugung über die Gründungsart gelangen kann. Bei großen Bauvorhaben wiegen diese Vorteile die großen Kosten auf. Nötigenfalls läßt sich eine Schürfung außerdem belasten, es darf dem Boden aber keine Gelegenheit gegeben werden, nach oben auszuweichen; es lassen sich im gewachsenen Boden auch Schubversuche anstellen u. a. m. — Eine dritte Methode zur Untersuchung der Festigkeit der Böden ist jene des Bohrens. Sie wird am meisten angewandt, weil sie die billigste ist. Zweifellos gibt sie in kurzer Zeit gewisse Aufschlüsse über die Bodenarten, aber nicht über die Bodeneigenschaften. Dieser Mangel haftet aber nicht etwa dem Bohren an sich an, sondern dem kritiklosen Bescheiden mit den feinsäuberlich geologisch bezeichneten, für den Geologen sehr wichtigen, für den Bauingenieur unwesentlichen Bohrproben, die nur selten unterschieden werden nach „weich“, „zähe“, „plastisch“, „bröckelig“ usw. Eine derartig primitive Bohrmethode kann die gesteigerten Erwartungen der heutigen Baukunst nicht erfüllen. Um so mehr sind die Methoden zu beachten, die in Schweden schon seit 15 Jahren mit gutem Erfolg angewandt werden.

Auch hier haben sich die Methoden gewandelt. Es kommen folgende Bodenarten vor: a) Moränen (Moränenkies, -sand, -lehm) in allen Korngrößen vom Block bis zum feinsten Pulver). b) Höhengeröll aus Geröll, Kies, Sand. c) Strand- und Flußkies, also Umlagerungsprodukte des vorigen. d) Sand von 2 mm an abwärts. e) Schluff, trocken: mehlig; feucht: weder zäh noch plastisch. f) Torf und seine Abarten. — Man sieht aus den topographischen und geologischen Verhältnissen, wo Bohrungen angesetzt werden müssen. Die Strecken, die bekannterweise auf Ton und Schlamm lagern sowie an Seen entlang führen, werden in erster Linie untersucht. Die Bohrquerschnitte liegen in Entfernungen von 20, 40, 60, 80, 160 m. Um die Arbeit des Bohrens auf die wirklich nötigen Stellen zu beschränken, arbeiten die Sonden vor. In der ersten Zeit verwandte man Bohrer mit rundem, vier-, sechs-, oder achteckigem Querschnitt. Man setzte einmal diesen, dann jenen Bohrer an, einmal an dieser, dann an jener Stelle, so daß man die Ergebnisse nicht miteinander vergleichen konnte. Man hat auch verschiedene Methoden angewandt, um den Bohrer in den Untergrund zu bringen; durch Druck, Stoß, Rammen mit Klotz oder Schlegel, in der Regel ohne bestimmte Fallhöhe und selten nach einem bestimmten System. Recht häufig stellte man die relative Festigkeit durch den Widerstand fest, den der Boden dem Eindrücken des Bohrers durch ein

oder zwei Mann entgegenstellt; das war zwar nur eine subjektive Präzisierung, aber doch brauchbar. — Sodann kam man auf folgende Norm: Die oberste Kulturschicht wird abgenommen. Hierauf läßt man die Sonde (Abb. 1 und 2) durch ihr eigenes Gewicht solange einsinken, bis sich binnen zehn Sekunden keine abwärtsgehende Bewegung mehr zeigt. Darauf folgt die Belastung von 10, 10, 25, 25, 25, 25 kg hintereinander, das Gewicht des Gestänges einbegriffen. Bevor der Bohrer jedesmal von neuem belastet wird, dreht man ihn um 360 Grad, um einen etwaigen Widerstand zu beseitigen. Wenn der Bohrer nach 100 kg Belastung immer noch sinkt, wird unter dieser Belastung weiter gebohrt, indem man nach je zehn Umdrehungen die Bohrtiefe abliest. Wenn der Bohrer bei 50 Umdrehungen nicht mehr als 1 bis 2 cm einsinkt, ist die Bohrung beendet. Ist jedoch durch Vergleich mit einer Nachbarbohrung die Vermutung berechtigt, daß eine harte Einlagerung das Ergebnis beeinträchtigt, so muß die Sondierung wiederholt werden. Sinkt dagegen der Bohrer plötzlich stark ein, so wird entlastet und weitergedreht. Die Bohrer dürfen nicht stärker gedreht werden, als es einem Manne möglich ist. Nach Beendigung der Bohrung wird das Gestänge mit einem Exzenter und Schwengel heraufgeholt. — Der Sondenbohrer.

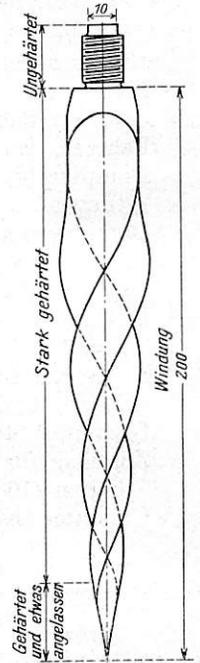


Abb. 1.

Der Sondenbohrer. In der Regel bohrt man senkrecht. Vielfach muß man aber schräg bohren, z. B. um unter den Bahnkörper einer Eisenbahnstrecke zu kommen. Es ist dies bei einer zwangsläufigen Führung leicht möglich. Jede Sondenbohrung wird tabellarisch und bildlich erfaßt.



Abb. 2. Die Sonde in Tätigkeit. Belasten der Sonde und Ablesen der Einsenkung.

Muster einer Sondenbohrung.

Niederschrift über die Sondenbohrung nebst Vorbohrung.

Bohrer 19 mm Rundstahlsonde mit 25 mm Vierkantspitze.
Hauptstrecke: Norrköping—Mjölby.
Teilstrecke: Malmstedt—Bankeberg.
Bohrstellen: km 7,600; 8,000; 8,160.

Vornahme der Bohrung am 18. bis 21. Dezember 1914
von A. Andersen.
Geprüft von B. Petersen.
Bohrung Nr. 5 in km 7,600. Bodenhöhe ü. N. N. 28,55.

Be- lastung in kg	Halbe Um- drehungen	Tiefe der Spitze unter Gelände	Art der Bohrung. Bezeichnung der Bodenarten. Differenz zweier über- einanderstehender Zahlen gibt die Mächtigkeit der Schichten an
			Vorbohrung mit Schraubenbohrer
—	—	0,20	Sandige Ackerkrume, dunkelbraun
—	—	0,40	Untere Frostgrenze
—	—	0,60	Lehmiger Sand, gelbbraun
—	—	1,00	Ausrollgrenze
—	—	1,40	Wasser angetroffen
—	—	1,60	Sandiger Ton
—	—	1,80	Klebrigkeitsgrenze
—	—	2,60	Fließgrenze
—	—	3,00	Sandiger Ton; zäh, grau
—	—	3,40	Untere Grenze der Klumpenzone
—	—	3,50	Untere Grenze der Vorbohrung
			Sondenbohrung
0	—	3,80	Ton
5	—	4,20	Ton
15	—	5,10	Ton
25	—	5,90	Ton
25	—	6,70	Ton
50	—	8,10	Ton
75	—	9,30	Ton
100	—	10,00	Ton
—	25	10,30	Sand, schwaches Knirschen
—	25	10,50	Grus, starkes Knirschen
—	25	10,60	Desgl.
—	12	10,60	Fester Boden
—	25	10,60	Desgl.

Bohrung durch die oberste Schicht. — Diese Bohrung hat den Zweck, teils die Sondenbohrung vorzubereiten, teils die Zusammensetzung der obersten Erdschicht zu ermitteln. Der Schraubenbohrer (Abb. 3a) wird 2 dm eingeschraubt, darauf herausgezogen und von dem Boden befreit (Abb. 3b), dieser genau bezeichnet nach Zugehörigkeit, Farbe, Wassergehalt. Ausroll-, Fließ-, Klebegrenze und die untere Grenze der Klumpenzone wird gleich auf der Bohrstelle bestimmt.

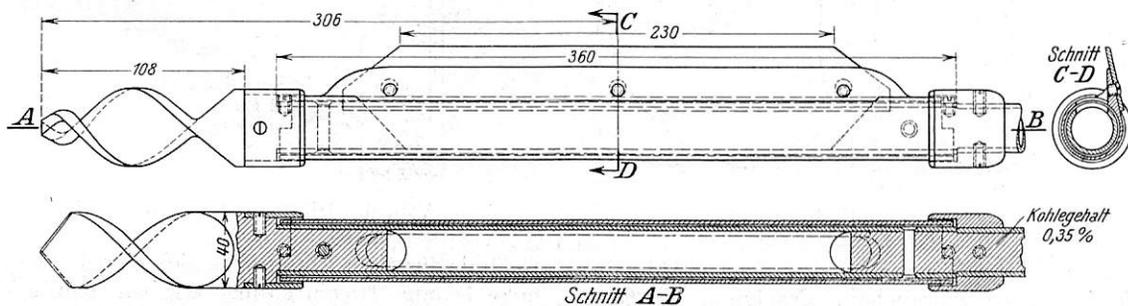


Abb. 4a. Der Zylinderbohrer.

a) Die Ausrollgrenze. — Ein Stück Ton oder Lehm, 1 bis 2 cm groß, von fremden Bestandteilen gereinigt, wird auf einem Papierblock mit zwei oder drei Fingern gerollt. Die Finger sollen das Bestreben haben, die Rolle nach außen zu ziehen. Wenn der Ton bei dieser Behandlung gerade noch zusammenhält und nicht in Bröckchen auseinanderfällt, liegt die Konsistenz des Bodens innerhalb der Ausrollgrenze.

b) Die Fließgrenze. Ein 3 bis 4 cm großes Stück Ton wird auf einer Porzellanschale zu einem Kuchen geformt und durch eine Furche getrennt. Man nimmt die Schale in eine Hand und stößt sie gegen die andere. Solange die Furche unverändert bleibt und die beiden Teile nicht ineinander fließen, ist die Fließgrenze nicht erreicht.

c) Die Klebegrenze. Ein Stück Ton wird mit einem Messer geknetet. Solange kein Ton am Messer kleben bleibt, ist die Klebegrenze nicht erreicht.

d) Die Klumpengrenze gibt den Aggregatzustand an, der beim Ton z. B. festzustellen ist, wenn es als Klumpen aus dem Bohrloch herausgeholt wird. Die Angaben a bis d werden in die Bohrtabelle und später in die Zeichnung eingetragen.

Bohrungen mit dem Zylinderbohrer. — Die Konstruktion des Bohrers ist aus der Abb. 4a ersichtlich. Zuerst bohrt man mit gewöhnlichen Bohrern bis zur Untersuchungstiefe. Alsdann wird der Zylinderbohrer angesetzt und so tief herabgeführt, daß sich die Mitte des Zylinders in jener Tiefe befindet, aus der man die Probe holen will. Hierbei muß der Bohrer etwas nach rechts gedreht werden, damit der Hohlraum gut verschlossen bleibt. Der Hohlraum wird durch eine feste, mit dem eigentlichen Bohrer fest verbundene Hülse gebildet, die einen länglichen Schlitz an der Seite hat. Diese Hülse wird von einer zweiten Hülse mit einem ähnlichen Schlitz, aber beweglich, umfaßt. Diese Hülse ist mit einer Lippe versehen. Damit nun das Stück, das als Probe heraufgeholt werden soll, nicht unnötig bewegt

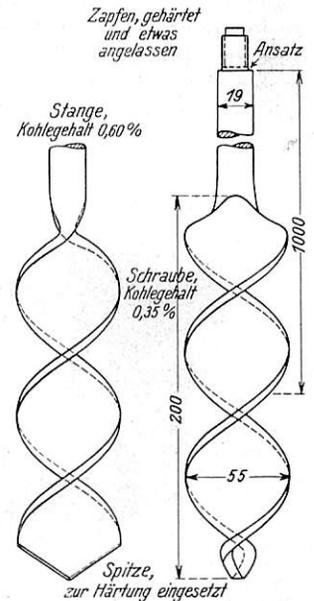


Abb. 3a.
Der Schraubenbohrer.



Abb. 3b. Die Bodenprobe wird vom Schraubenbohrer abgelöst.

wird, darf der Bohrer beim letzten halben Meter nicht gedreht werden. Man entnimmt die Probe, indem man den Bohrer ein- oder zweimal nach links dreht, darauf holt die Lippe den gewünschten Boden in den Zylinderraum. Nun wird der Bohrer nach rechts gedreht und der Raum schließt sich. Beim Herausheben des Bohrers muß fortwährend nach rechts gedreht werden, damit der Zylinder geschlossen bleibt.

Oben wird der Zylinder geöffnet und seines Inhaltes entledigt (Abb. 4 b). Wenn sich der Zylinder unten im Boden nicht schließt, so ist entweder der Widerstand des Bodens zu gering oder es haben sich Sandkörner zwischen die Hülsen gesetzt. Im ersten Fall treibt man den Bohrer einige Zentimeter tiefer, im zweiten muß man die Hülsen vor Gebrauch mit sandfreiem, fettem Lehm einschmieren. — Proben werden



Abb. 4b. Der Zylinderbohrer wird seines Inhaltes entleert. In der linken Hand hat der Arbeiter ein Glas mit Salzsäurelösung. Mit ein paar Tropfen stellt er fest, ob der Boden kalkhaltig ist.

Aufbewahrung der Proben. — Die Proben werden sofort nach Entnahme in Glasflaschen aufbewahrt, verkorkt und mit Paraffin verschmolzen (gegen Luft abgedichtet). Sollen nur die Böden als solche aufbewahrt werden, so genügen Fläschchen von 20 cm³ Inhalt, soll ihr Wassergehalt, die Körnung, das chemische Verhalten bestimmt werden, so braucht man Gläser mit 150 cm³. Die Probeflaschen werden sorgfältig etikettiert. — Abb. 6 soll ein Muster sein, wie eine Bodenuntersuchung bildlich dargestellt wird. Den Wassergehalt ermittelt der Physiker im Laboratorium. — Um den Boden unter einem Eisenbahndamm zu erkennen, müssen mindestens zwei Bohrungen vorgenommen werden. Aus der Abb. 6 sieht man, daß der Untergrund beim Ansetzen des Sondenbohrers ohne Belastung sehr weich ist und nach unten fester wird. Da der Boden dort, wo er mit 100 kg belastet wird, 50 bis 40% Wasser enthält, ist er ebenfalls noch weich. Er setzt der Bohrspitze, wo sie mit 200 halben Umdrehungen gedreht wird, erst hier einen ernsthaften Widerstand entgegen. Ob er von hier an als tragfähig angesehen werden kann oder schon früher, ergibt ein Vergleich mit anderen Stellen, die standhaft geblieben sind oder ausweichen.



Abb. 5b. Entleeren des Schöpfbohrers.

Die Sondenbohrung, systematisch ausgebaut wie bei den Schweden, ergibt meines Erachtens ein hinreichend genaues Bild über die Tragfähigkeit des Bodens für den Eisenbahnbau, wo es hauptsächlich darauf ankommt zu bestimmen, ob das

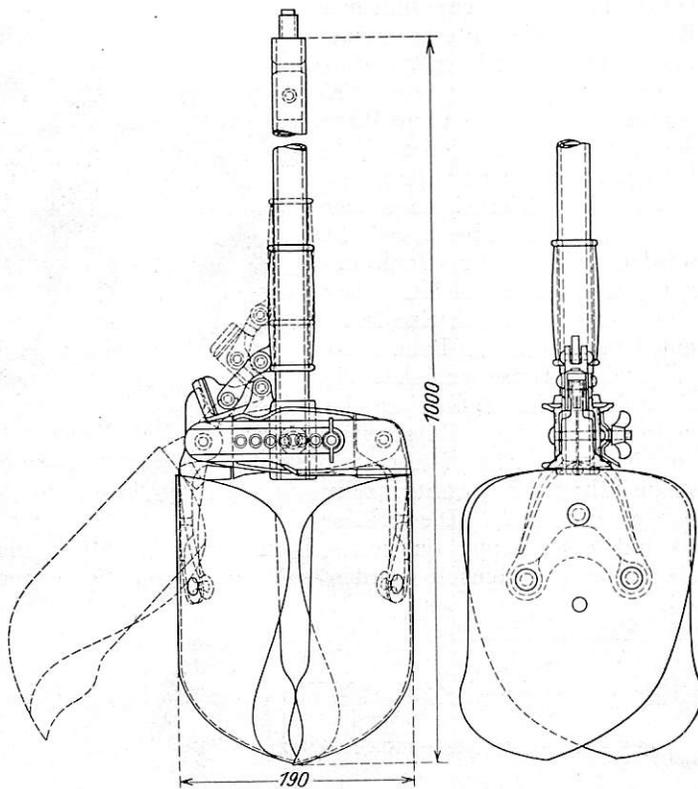


Abb. 5a. Der Schöpfbohrer.

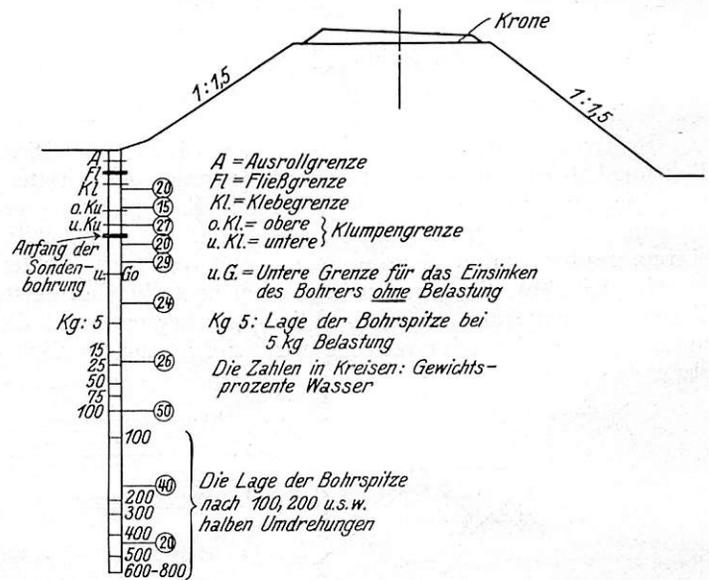


Abb. 6. Bildliche Darstellung einer Bohrung.

auch mittels des Schöpfbohrers entnommen (Abb. 5a). Bis 10 m Tiefe ist er zu gebrauchen. Nachdem die Grasdecke entfernt ist, wird die Bohrkelle unter Rechtsdrehung so weit in den Boden geschraubt, daß sie gefüllt ist. Sie wird nunmehr heraufgezogen und entleert. Dies Spiel wiederholt sich bis zu jener Tiefe, die man untersuchen will. Die Kelle wird zuerst sorgfältig gereinigt, vorsichtig etwa 3 bis 4 cm in den Boden geschraubt, dann heraufgeholt (Abb. 5 b) und von Verunreinigungen gesäubert; sodann werden die untersten dicken Scheiben untersucht. Für allzu lockere Bodenarten eignet sich der Schöpfbohrer nicht.

Gelände für tiefe Einschnitte sich eignet oder der Untergrund hohe Dämme tragen kann. Wie wir oben gesehen haben, ist man weiter gegangen und hat versucht, die Proben mit dem Gefäßbohrer in ihrer natürlichen Konsistenz heraufzuholen, aber nicht mit einwandfreiem Erfolg. Diesem Übelstand sucht nun der schwedische Kolbenbohrer abzuwehren. Er besteht im wesentlichen aus einem Zylinder, der in die Probe hineingestochen wird; in diesen Zylinder ist ein Kolben eingepaßt, der die Aufgabe hat, das untere Ende des Zylinders beim Abteufen zu verschließen, so daß keine Verunreinigung eintreten kann; später wird mit ihm die Probe aus dem

Zylinder herausgedrückt. Der Zylinder schneidet in den Boden ein, von dem eine Probe entnommen werden soll. Man erhält dabei den Boden in natürlicher Konsistenz. Solche Proben von Ton werden mittels eines fallenden Metallkegels verschiedener Spitzwinkel und verschiedener Gewichte in naturhaftem und geknetetem Zustand auf die relative Festigkeit geprüft. Bezeichnet man die Festigkeit eines durchgekneteten Tones mit h_1 , jene eines naturhaften mit h_3 , so ist das Verhältnis $h_3:h_1$ erfahrungsgemäß charakteristisch und wird mit Festigkeitsquote bezeichnet. Die Festigkeit des mit dem Zylinderbohrer gewonnenen Bodens ist h_2 . — Nicht selten schwankt die Quote bei derselben Oberschicht zwischen 10 und 100. Zweifellos hat man es hier mit Tonproben ver-

schiedener Struktur zu tun. Je größer die Quote, desto unzuverlässiger ist der Boden. Seine Festigkeit wird ungleich besser erkannt als durch eine Proberammung.

Die schwedischen Methoden sind überall brauchbar, wo ähnliche Bodenarten vorherrschen, also besonders in der norddeutschen Tiefebene. Bekanntlich treten gerade hier im Flachland bei Erdbauten für Eisenbahnen und Kanäle große Schwierigkeiten auf. Es gibt Strecken, die jahrelang in Bewegung sind und in die viel Geld hineingesteckt wird, ohne daß eine regelrechte Untersuchung vorausgegangen wäre. Es ist hohe Zeit, daß der Erdbau wieder zu dem wird, was er früher war, nämlich zu einer Kunst. Diese wird sich dann auch gesicherter Methoden bedienen, die allein zum Erfolge führen.

Zeichnerische Bestimmung von Tangentenlängen.

Von Reichsbahn-Amtmann Höfer, Altona.

Im Anschluß an den Aufsatz von Massute auf S. 448 des Jahrg. 1928 sei noch auf ein Verfahren zur zeichnerischen Bestimmung von Tangentenlängen hingewiesen, das zwar einige Hilfslinien und das Abschieben einer Gleichlauflinie erfordert, sonst aber einfach und übersichtlich ist.

Man zeichne nach Abb. 1 das Lot $BA=a$ an beliebiger Stelle, trage SA auf der anderen Tangente ab ($=SA_1$), so ist $\sphericalangle AA_1S = \frac{1}{2}\alpha$ und $\frac{a}{b} = \operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha$.

Trägt man R in beliebigem Maßstab vom Fußpunkt B auf BA_1 ab und zieht durch den neu erhaltenen Punkt die

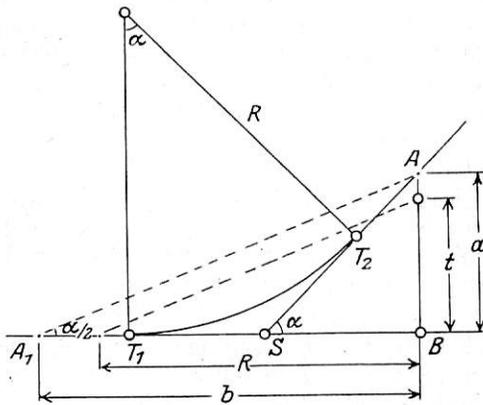


Abb. 1.

Gleichlauflinie zu A_1A , so schneidet diese auf AB die Tangentenlänge t in demselben Maßstab ab.

Abb. 2 zeigt das entsprechende Bild für einen stumpfen Winkel α ; in diesem Fall wird b der Unterschied der Strecken SA und SB , während es im ersten Fall die Summe war.

Um den noch zulässigen Halbmesser R bei gegebener Tangentenlänge zu finden, trägt man t auf a ab und zieht die Gleichlauflinie durch den Endpunkt von t , wobei der Maßstab wiederum beliebig ist.

Das Verfahren vereinfacht sich noch, wenn es sich um Ausrundungsbogen zwischen Gefälllinien handelt; dann erspart man das Abschieben. Da $\operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha$ eine reine Zahl ist, wird sie von der bei Höhenplänen üblichen Verzerrung nicht beeinflusst, abgesehen von der Überhöhung des Maßstabes. Da aber der Brechungswinkel bei den stärksten zulässigen Neigungen

immer noch so klein bleibt, daß sich die Tangentenlänge von ihrer Schattenlänge nicht merklich unterscheidet, so kann man nach Abb. 3 den Halbmesser r in beliebigem Maßstab auf der Verlängerung einer Gefälllinie abtragen und die Tangentenlänge des Ausrundungsbogens als senkrechten Abstand zwischen beiden Neigungen im doppelten Maßstab ablesen.

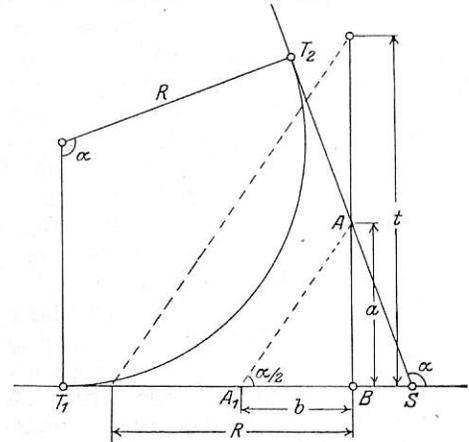


Abb. 2.

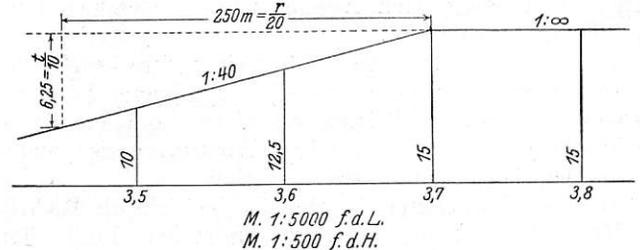


Abb. 3.

Abb. 3 zeigt den Übergang einer Neigung 1:40 in die Waagrechte. Der Ausrundungshalbmesser sei 5000 m. Man trage etwa $\frac{r}{20} = 250$ m im Längenmaßstab des Planes (1:5000) ab; die Tangentenlänge ist dann das 10fache des Abstandes 6,25 (im Höhenmaßstab 1:500) = 62,50 m.

Das Ergebnis entspricht der Formel $l_1 = \frac{r_1}{2} \cdot \frac{1}{m}$ auf S. 59 der Oberbauvorschriften. Die genaue Rechnung würde $t = 62,489$ m ergeben.

Aus amtlichen Erlassen.

Richtlinien für den Ausgleich der Erfordernisse von Bau und Betrieb bei Bauarbeiten.

Die im Laufe des Jahres 1928 von der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft herausgegebenen Richtlinien gehen davon aus, daß Bauarbeiten den Erfordernissen

pünktlicher Betriebsabwicklung soweit als möglich und wirtschaftlich vertretbar anzupassen sind. Die für den Betrieb und Bau verantwortlichen Stellen haben die Wirkung von

Bauarbeiten auf den Zugverkehr rechtzeitig vor Baubeginn festzustellen und die für die Fahrplangestaltung und Durchführung, die Betriebsabwicklung und Sicherheit und die Bauplanung und Ausführung zweckmäßigsten und wirtschaftlichsten Maßnahmen gemeinsam auszuwählen. Der Betrieb wird bei Bauarbeiten ungünstig beeinflusst durch

1. Langsamfahrstrecken und Stellen, an denen gehalten werden muß,
2. Einleisig zu betreibende Abschnitte auf zweigleisigen Strecken,
3. Unzweckmäßige Sicherungsanlagen und unzureichende Meldeanlagen.

Die Folgen sind Fahrzeitverluste, Zugverspätungen, Verluste von Zuganschlüssen, Beeinträchtigung der Zugfolge und der Leistungsfähigkeit, die Notwendigkeit von Fahrplanänderungen und von Umleitungen.

Die Richtlinien enthalten Tafeln zur Ermittlung der Fahrzeitverluste. Es können damit die Wege und Zeiten beim Bremsen und Anfahren für Streckenneigungen von 25⁰/₀₀ Gefälle bis 25⁰/₀₀ Steigung und für alle hierbei zulässigen Fahrgeschwindigkeiten errechnet werden. In § 4 der Vorschrift werden die Maßnahmen zur Verminderung der Fahrzeitverluste behandelt und hierfür eine Reihe von Richtsätzen gegeben. Bezüglich der Höhe der Geschwindigkeitsermäßigungen wird bestimmt, daß Bauarbeiten so einzurichten sind, daß möglichst nicht unter die in § 48⁽¹⁰⁾ der Fahrdienstvorschriften für Signal 5 vorgeschriebenen Geschwindigkeitsermäßigungen heruntergegangen zu werden braucht. Bei Gleisarbeiten sollen keine Bauweisen angewendet werden, die eine Ermäßigung der Geschwindigkeit auf unter 20 km/Std. bedingen. Geschwindigkeitsermäßigungen auf 10 km/Std. oder Halt dürfen nur ganz ausnahmsweise z. B. bei Rutschungen, gewissen Brückenbauarbeiten, Gefahr- und Unfallstellen vorgeschrieben werden. Zur Verminderung von Fahrzeitverlusten ist in geeigneten Fällen einleisiger Betrieb auf zweigleisigen Strecken einzurichten. Es wird in den Richtlinien als wichtig bezeichnet, daß der einleisige Betrieb oft gleichzeitig schnellere und neuzeitliche Bauweisen und sachgemäßere, sorgfältigere und wirtschaftliche Bauausführung ermöglicht. Es soll angestrebt werden, den einleisigen Abschnitt ohne Geschwindigkeitsermäßigung zu befahren.

Die Anzahl und Länge der auf einer Strecke gleichzeitig zu betreibenden Baustellen, die ein langsames Fahren oder zeitweise einleisigen Betrieb erfordern, sind möglichst zu beschränken, damit entstehende Verspätungen sich nicht auf weitere Teile des Bahnnetzes auswirken.

In einem besonderen Abschnitt behandeln die Richtlinien die Kennzeichnung der Langsamfahrstrecken durch Signale, die Sicherungseinrichtungen bei zeitweise einleisigem Betrieb und die zweckmäßig einzurichtenden Fernmeldeanlagen.

Ein weiterer Abschnitt behandelt die Dauer der Geschwindigkeitsermäßigung und Betriebsbehinderung. Die Dauer der Geschwindigkeitsermäßigung soll möglichst eingeschränkt werden, was bei Anwendung geeigneter Bauweisen vielfach möglich ist. Bei Umbaupausen soll auf pünktliches Zusammenwirken der beteiligten Bau- und Betriebsdienststellen gesehen werden.

Wenn die betrieblichen Verhältnisse es erfordern, sollen die Bauarbeiten auf jede mögliche Weise (durch Einsatz der tauglichsten technischen Mittel, möglichst große Arbeiterotten, Arbeiten in mehreren Schichten, gleichzeitiger Gleisvorbau von zwei, drei oder vier Stellen aus) beschleunigt werden. Auch soll angestrebt werden, daß bei Einrichtung zeitweise einleisigen Betriebes auch alle sonstigen Bauarbeiten vorgenommen werden, die bei späterer Ausführung den Betrieb nochmals stören würden.

Als Maßnahmen zur Einholung von Zugverspätungen kommen nach den Richtlinien in Frage: Einhalten der kürzesten Fahrzeiten hinter und gegebenenfalls schon vor der Langsamfahrstrecke, Verminderung der Aufenthaltszeiten der Züge, Herabsetzung der kürzesten Fahrzeiten der Güterzüge in Gefällen durch Vermehrung der Bremskräfte, Verwendung von Vorspannlokomotiven, Lastverminderung der Züge, Beschleunigung der Züge bei Ausfahrt aus dem Bahnhof durch Nachschieben mit verfügbaren Lokomotiven, scharfe Überwachung der Betriebshandhabung durch Verstärkung der Überwachungsstellen.

Bei der Prüfung der Wirtschaftlichkeit sind die Kosten besonderer, zur Verminderung von Betriebsstörungen dienender baulicher Maßnahmen mit den dadurch im Betrieb erreichbaren Ersparnissen zu vergleichen. Die Betriebsmehrkosten setzen sich zusammen aus den Kosten der Abbremsung auf verminderte Geschwindigkeit oder auf Halt bei allen durch den Bau unmittelbar verlangsamten Zügen, den Kosten des Wiederanfahrens dieser Züge auf die vorher vorhandene Geschwindigkeit und den Kosten der Fahrt mit erhöhter Geschwindigkeit bis zur Einholung der durch den Bau erlittenen Verspätung. Die Richtlinien enthalten Angaben, wie diese Kosten überschlägig zu berechnen sind.

Von den Reichsbahndirektionen sind für die in Frage kommenden Strecken rechtzeitig vor dem Jahreswechsel Baubetriebspläne aufzustellen, in welchen die örtliche und zeitliche Aufeinanderfolge der Bauarbeiten während des ganzen Jahres, die Art der Bauarbeit, die Bauweise, die erforderlichen Geschwindigkeitsermäßigungen, die Fahrzeitverluste und die zu ihrer Einholung verfügbaren Fahrzeitüberschüsse eingetragen werden. Die Wechselwirkung zwischen Fahrplan und Bauausführung soll in Bildfahrplänen dargestellt werden.

D.

Berichte.

Allgemeines.

Automobillinien der Paris-Lyon-Mittelmeerbahnen.

Im Jahre 1909 nahm der damalige Verkehrsingenieur der Paris-Lyon-Mittelmeerbahnen Margot die erste Automobillinie in Frankreich in Betrieb, die ausschließlich dem Personenverkehr dienen sollte. Bald erkannte die Leitung dieser Eisenbahngesellschaft die großen Vorteile, die solche Verkehrslinien dem Fremdenverkehr bieten. Sie kam zu dem Entschluß, ein ausgedehntes Automobilnetz innerhalb ihres Eisenbahngebietes zu errichten. Im Jahre 1927 waren 200 solcher Automobillinien in Betrieb. Durch sie werden die für Eisenbahnlinien unzugänglichen Gebirgsgegenden der französischen Alpen- und Juragebiete an das Eisenbahnnetz angeschlossen. Ein Teil dient zur Verbesserung der Verkehrsmöglichkeit entlang von Bahnlinien, auf denen nur wenige Züge verkehren, andere führen den großen Eisenbahn-

verkehrsstraßen an der französischen Riviera entlang von Nizza bis Marseille. Der größte Teil dieser Verkehrslinien ist an örtliche Betriebsgesellschaften verpachtet. Diese haben eigene Automobilparks. Die Fahrzeuge müssen den von der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn vorgeschriebenen Bedingungen genügen; die wichtigsten sind folgende:

Jedes Fahrzeug ist mit zwei voneinander unabhängigen Bremsvorrichtungen auszurüsten. Als Beleuchtung ist elektrisches Licht vorgeschrieben. Jeder Wagen besitzt einen Motor mit 20 PS. Der Reisende hat Anspruch auf einen Sitzplatz mit Armlehnen. In Verwendung sind zwei verschiedene Wagenarten mit 11 bzw. 14 Sitzplätzen und möglichst niedriger Bauart.

Damit die Wagen auf allen vorhandenen Straßen verkehren können sind folgende Gewichte und Ausmaße einzuhalten:

	11 Sitze	14 Sitze
Höchstgewicht	3400 kg	3700 kg
Größte Höhe der Bedachung über der Straßoberfläche	3,60 m	(4,10 m)
Größte Breite	2,10 m	(2,20 m)

Neuerdings werden versuchsweise Wagen verwendet, die im hinteren geschlossenen Wagenteil neun und im vorderen offenen fünf Sitzplätze haben.

Der Fahrpreis ist abgestuft zwischen 0,40 bis 0,80 Centimes für 1 km Wegstrecke. Am teuersten sind die Strecken des Alpengebietes mit ungünstigen Steigungsverhältnissen.

Einige Automobillinien durchlaufen Strecken bis 400 km Länge. Seit kurzer Zeit werden zur Beförderung des Reisegepäcks eigene Lastkraftwagen gefahren. Der Grundpreis für die Gepäckbeförderung beträgt 1,00 Fr. für 10 kg auf 10 km Entfernung.

Das von der Gesellschaft betriebene Automobilliniennetz hat eine Gesamtausdehnung von 10200 km. Im Jahre 1927 wurden 210000 Reisende befördert mit 2531000 Personenkilometern.

Scherer.

(Bulletin, Oktober 1928.)

Neue amerikanische Expreßzüge.

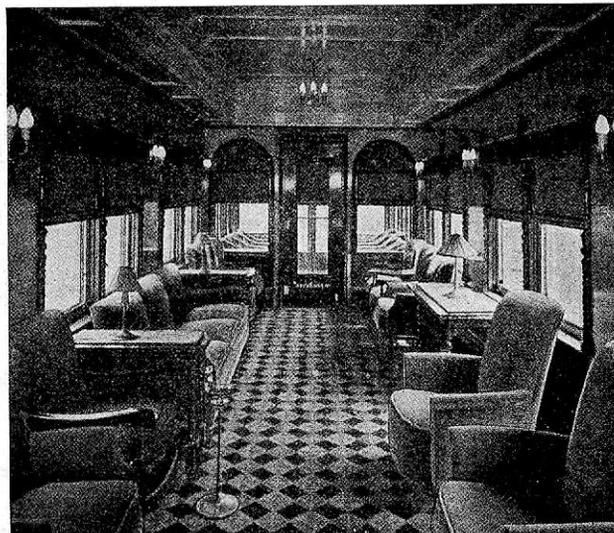
Die Chicago und Nord West-Bahn hat vor kurzem einige neue Expreßzüge in Betrieb gestellt, deren Einrichtung teilweise neuartig und bemerkenswert ist.

Am Schluß dieser Züge läuft jeweils ein Aussichtswagen, wie dies in Amerika vielfach üblich ist. Jedoch ist bei den neuen Zügen die Aussichtsplattform mit einem Spezialglas verglast, welches die ultravioletten Sonnenstrahlen durchläßt. Die ganze Plattform wird dadurch sozusagen zu einem Bestrahlungsraum. Acht Rohrstühle mit Lederkissen bilden die Einrichtung dieses Raumes. Bei dem anstoßenden Unterhaltungsraum — wie übrigens bei sämtlichen Wagen der neuen Züge — hat man versucht, durch geeignete Wahl der Einrichtung einen anheimelnden Eindruck zu erwecken. Neben der Wahl geeigneter Farbtöne für die Polsterung der Klubsessel und Sofas und der Vorhänge und Tapeten dient diesem Zweck vor allem die Form der Schnitzereien um Fenster und Türen sowie die tiefe Anordnung der matten Beleuchtungskörper, die aus der Textabbildung ersichtlich ist. Ein Schreibtisch mit Stehlampe und ein Telephon, das während der ganzen Fahrt benützt werden kann, vervollständigen die Einrichtung.

Die Schlafwagen besitzen neben den üblichen amerikanischen Bettplätzen auch Einzelabteile für 1 oder 2 Personen. Diese entsprechen im wesentlichen der in Europa gebräuchlichen Bauart, jedoch enthalten sie u. a. eine Uhr mit leuchtendem Zifferblatt und eine bemerkenswerte Einrichtung, die es dem Schlafwagenschaffner gestattet, ohne Störung der Reisenden deren Schuhe aus dem Abteil zu holen.

Den Stamm des Zuges bilden Durchgangswagen der bekannten amerikanischen Bauart. Die Klappsitze dieser Wagen sind

bei den neuen Zügen bequemer durchgebildet worden. Außerdem führen die Züge noch besondere Klubwagen — „Faulenzer“ —, die mit bequemen Klubmöbeln ausgestattet sind. In der Mitte dieser Wagen steht eine Schenke, aus der sich jeder Reisende selbst mit eisgekühltem Sodawasser und mit Kaffee versorgen kann. Das in größeren Mengen erforderliche Eis wird in Blöcken im Speisewagen hergestellt. Für die Raucher sind besondere, bewegliche Rauchtische und elektrische Zigarrenanzünder vorgesehen. Die Klubwagen besitzen noch ein besonderes Frauenabteil, das ebenfalls Klubmöbel in blauem Leder mit verschiedenen Sitzhöhen und Formen und — abweichend von der europäischen Übung — auch Rauchtische und elektrische Zigarrenanzünder aufweist.



Aussichtswagen mit Bestrahlungs- und Unterhaltungsraum.

Die weiten Entfernungen, die in Amerika im allgemeinen zu überwinden sind, rechtfertigen wohl die Einstellung derartiger Sonderwagen, zumal da der übliche amerikanische Reisewagen mit den vielen Klappsitzen in einem einzigen großen Raum nicht als besonders bequem angesprochen werden kann. Wenn man schließlich, was verhältnismäßig nahe liegt, diese amerikanischen Klub- und Aussichtswagen mit den sogenannten Pullmanwagen vergleicht, die in Europa in den letzten Jahren verschiedentlich aufgekomen sind, so ist man nicht abgeneigt, dem gemütlichen und bequemen amerikanischen Wagen den Vorzug zu geben, weil er dem Reisenden die Möglichkeit zu freier Bewegung und zum beliebigen Wechseln des Sitzplatzes gibt, was bei dem europäischen Pullmanwagen nicht der Fall ist.

R. D.

(Railw. Age 1928, II. Halbj., Nr. 9.)

Werkstätten; Stoffwesen.

Fließarbeit bei der Lokomotivausbesserung in einer englischen Bahnwerkstätte.

Die englische Zeitschrift The Railway Engineer bringt in ihren Heften vom April, Mai und Juli 1928 einen ausführlichen Bericht über die Einrichtung und den Erfolg der Fließarbeit in dem Lokomotivwerk Crewe der London-Midland und Schottischen Eisenbahn, dem wir Nachstehendes entnehmen:

Das in seiner Entstehung auf das Jahr 1843 zurückgehende Werk wurde in den Jahren 1921 bis 1924 durch verschiedene einschneidende Maßnahmen wie durch Errichtung einer neuen Lokomotivaufbauhalle als Ersatz für neun ältere zerstreut liegende Hallen und einer Kesselschmiede, sowie Ausstattung der vorhandenen Werkstätten mit neuen Werkzeugmaschinen den neuzeitlichen Anforderungen in bezug auf günstige Arbeitsverfahren und abgekürzte Förderwege angepaßt. Dies gelang so gut, daß überall die Voraussetzung für die Durchführung der reinen Fließarbeit geschaffen war. Jedes der drei Schiffe der neuen Aufbauhalle enthält zwei Gleise mit Arbeitsgruben und ein Fördergleis, die von 10 und 50 t-Kränen bestrichen werden. In der Nähe der

18 Abbau- und Hebestände befinden sich die Abkochbottiche, die für ununterbrochenen Durchgang der Teile eingerichtet sind. Die Lokomotive durchläuft in 8 Abschnitten mit einem Arbeitstakt von je 7 Stunden und 50 Minuten die Halle. Die Großausbesserung einer schweren Lokomotive dauert heute 12 Tage, die einer leichten 8 Tage, gegen 30 bis 50 Tage vorher. Der Abbau nimmt zwei, die Rahmenarbeit vier Tage in Anspruch. Am 7. Tage kommen die Lauf- und eine Kuppelachse zurück und werden untergestellt, nachdem bereits am 6. der Kessel aufgebracht worden war. Die übrigen 5 Tage stehen für den vollständigen Zusammenbau zur Verfügung. Gegenwärtig laufen vier Fließgänge mit je zwölf Lokomotiven gleichzeitig. Dabei sind 17 verschiedene Gattungen in dem Werk zu unterhalten. Die Ausbesserung von Tendern und Kesseln ist in gleicher Weise eingerichtet. Der wöchentliche Auslauf beträgt 30 bis 35 Lokomotiven mit Großausbesserung. Daneben werden jährlich nach englischem Brauche in dem Werke 100 Lokomotiven neu gebaut.

Die wichtigsten Arbeiten in den einzelnen Abschnitten der Rahmenausbesserung und des Aufbaues der Lokomotiven sind folgende:

1. Schritt: Reinigen der Zylinder und Zylinderdeckel. Untersuchung des Rahmens und der Zylinder. Ausbau der Schieberbüchsen, Auswechseln der Stiftschrauben usw. an Zylindern und Rahmen. Schweißen von Anrissen. Anbringen des Kuppelgehäuses.

2. Schritt: Einbau der Schieberbüchsen. Anbringen des Drehgestellzapfens. Schleifen der Schweißstellen. Ausbohren der Schieberbüchsen. Anbau der Achslagergleitbacken.

3. Schritt: Anbringen der Gleitbahnen, Einpassen der Achslagerunterteile. Anpassen der Deichselhalter. Bearbeiten der Achslagergleitbacken. Einbau und Befestigung des Kessels.

4. Schritt: Schließen der Waschlucken, Anbringen des Kessel-ausblashahns, der Dampfpeife am Kessel, der Ausblashähne und deren Züge, der Sicherheitsventile und Ölleitungen am Zylinder. Einbau der Kreuzköpfe, der Dampfkolben, Zylinderdeckel und Stopfbüchsen. Anbau des Aschkastens und der Aschkastenklappen.

5. Schritt: Unterstellen der Lauf- und einer Kuppelachse, Anbau des Behälters der Luftsaugbremse, des Kopfstückes und Zughakens, der Brems- und Steuerwellenträger, der Kolbenschieber, des Aschkastenzuges und des Schmierpressenantriebes.

6. Schritt: Anbringen der Puffer, Versteifungsplatten, Laternenstützen, Luftsaugventile, der Steuerung sowie der Verschalung am Kessel.

7. Schritt: Anbringen der Dampfrohre und Befestigung der Rauchkammer. Anbau der Dampfstrahlpumpen und des Führerhauses, des Sandzuges, der Schmierung für die Achslager, der Radkasten, des Sandbehälters und der Fußtritte.

8. Schritt: Fertigstellung der Arbeit in der Rauchkammer und am Führerhaus. Anbringen des Ausströmröhrs und der Schmierpresse.

9. Schritt: Einbau der übrigen Radsätze und der Treib- und Kuppelstangen. Anbringen der Achsgabelstege, Einstellen und Versplinten der Achsstellkeile. Befestigen der Schrauben und Muttern am Drehzapfen der Einstellachse. Anbau der Zylinder-ausblasrohre und der Ölleitungen.

10. Schritt: Anbringen der Bremse und Sandrohre, der Dampfkammerdeckel und Abdeckungen. Einstellen der Steuerung und Abwiegen der Lokomotive.

Zwei im Freien aufgestellte Winden bewegen die Drahtseile, an denen die Lokomotiven von Stand zu Stand gezogen werden. Kurz vor ihrem Ingangsetzen ertönt ein lautes Achtungssignal.

Lokomotiven und Wagen.

B₀+B₀-Diselelektrische Lokomotive der Long Island-Bahn und 2 D₀ 2-Diselelektrische Güterzuglokomotive der New York Central-Bahn.

Die B₀+B₀-Lokomotive, die seit Mai v. J. im Verschieben verwendet wird, läuft nicht auf zwei Drehgestellen, wie dies sonst in Amerika bei derartigen Lokomotiven die Regel ist, sondern besteht aus zwei Einzellokomotiven, die durch die übliche Kuppelung miteinander verbunden sind. Jede Einzellokomotive besitzt einen vollständigen Maschinensatz; jedoch bleiben die beiden Teile im Betrieb stets zusammen. Die Schalthebel sind daher zunächst nur an den äußeren Lokomotivenden vorgesehen; es besteht aber die Möglichkeit auch die Innenseiten der beiden Einzellokomotiven damit auszurüsten, sofern sich eine Trennung der beiden Teile einmal als erforderlich erweisen sollte.

Die kompressorlose Westinghouse Beardmore-Dieselmachine jeder Lokomotivhälfte arbeitet im Viertakt und entwickelt 330 PS. Ihre Umdrehungszahl ist zwischen 300 und 800 i. d. Min. regelbar. Die sechs Zylinder von 210 mm Durchmesser und 305 mm Hub stehen senkrecht. Jede Maschine wiegt rund 3200 kg, also 9,7 kg/PS; das Gewicht der fertigen Lokomotive — beider Lokomotivhälften — beträgt 79 t. Jede Dieselmachine treibt einen 210 kW Stromerzeuger. Die beiden Lokomotivhälften werden durch je zwei vollständig gekapselte Elektromotoren über Übersetzungen 16:66 angetrieben. Der Durchmesser der Treibräder beträgt 965 mm, die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive 48 km/h.

Jede der beiden Lokomotivhälften kann 790 l Brennstoff mitführen. Die Behälter hierzu und die Kühleranlage sind im

Der Zeitpunkt der nächsten Bewegung im Arbeitstakt ist außerdem an großen Uhrzeigern in den Aufbahnhallen zu erkennen.

Die Seele des ganzen Fließganges ist das Büro zur Überwachung des Arbeitsganges. Dazu werden genaue Aufzeichnungen über den Stand der Arbeiten in jedem einzelnen Abschnitt des Durchlaufes der Lokomotive geführt, ferner werden täglich kurze Besprechungen über die Bereitstellung der notwendigen Stoffe, die Beseitigung aufgetretener Schwierigkeiten und dergl. abgehalten. Das Ergebnis der Aussprache wird sofort vervielfältigt und an die einzelnen Abteilungen gesandt.

Die Laufzeit einer größeren Personenzuglokomotive von einer Hauptausbesserung bis zur nächsten ist im allgemeinen auf 12 Monate festgesetzt, diejenige von Güterzuglokomotiven auf 18 bis 30 Monate. Jedoch muß die Lokomotive am Ende dieses Zeitraumes nicht unbedingt dem Werk zugeführt werden, sie wird vielmehr zwei Monate vor Ablauf dieses Zeitraumes im Betriebe eingehend besichtigt, das Ergebnis wird schriftlich dem Werk mitgeteilt, das dann auf Grund der Beurteilung darüber entscheidet, ob die Lokomotive weiter im Dienst bleiben kann oder mit Ablauf der Frist zur Ausbesserung kommen muß. Zwei Monate vor dem Ende der Verlängerungsfrist findet eine neue Untersuchung statt. Hierbei zeigt sich öfter, daß die Lokomotive noch weiterhin Dienst leisten kann. Dieses Verfahren gestattet nicht nur, die bei der letzten Hauptausbesserung aufgewendete Werkarbeit fast vollständig auszunützen, sondern gewährleistet auch eine regelmäßige gewissenhafte Untersuchung jeder der 10 000 Lokomotiven der London-Midland- und schottischen Bahn. Jede Woche werden diejenigen Lokomotiven bezeichnet, welche zur Aufnahme reif sind. Der Betriebsmaschinendienst führt die nach der Verkehrslage am besten entbehrlichen Lokomotiven sodann dem Werk zu.

An der eingegangenen Lokomotive werden in den ersten zwei Tagen die auszuführenden Arbeiten genau aufgenommen und auf Formblättern den in Betracht kommenden Abteilungen mitgeteilt, worauf dann die Gedingezettel ausgestellt werden. Die Teile werden nach festgelegten Abnützungsstufen bearbeitet, welche von den Arbeitsaufnehmern mit Grenzmaßen festgestellt werden.

Durch die Arbeitsorganisation konnte nicht nur die Arbeiterzahl vermindert werden, sondern es wurden auch die sächlichen Ausgaben für Werk- und Betriebsstoffe, Gebäudeunterhaltung usw. verringert.

Bttgr.

Inneren der Lokomotive so angeordnet, daß sie einen leichten Ein- und Ausbau der Maschinenanlage gestatten.

Die Lokomotive soll bisher den Erwartungen voll entsprechen haben.

Die 2D₀ 2-Lokomotive ist von der Amerikanischen Lokomotiv-Gesellschaft gebaut worden unter Mitwirkung der General Electric- und der Ingersoll-Rand-Gesellschaft, welche letztere die elektrische Ausrüstung und die Dieselmachine geliefert haben. Sie ist bemerkenswert als die erste amerikanische Diesel-Lokomotive, die nicht ausschließlich auf Drehgestellen läuft oder, wie die oben beschriebene Lokomotive, aus mehreren gekuppelten kleineren Einheiten zusammengesetzt ist, und die im wesentlichen für den Streckendienst bestimmt ist.

Die Lokomotive besitzt — auch an den Drehgestellen — Außenrahmen aus Stahlguß. Die Tragfedern der Treibachsen sitzen über den Achsbüchsen und sind je zwischen den beiden äußeren Radsätzen durch Ausgleichhebel verbunden. Alle Achsen sind einseitig gebremst. Der Lokomotivkasten ist über einem Stahlguß-Grundrahmen aufgebaut, der auch die ganze Maschinenanlage trägt. Die Führerstände an den beiden Lokomotivenden sind vom eigentlichen Maschinenraum abgeschlossen; dieser enthält außer dem Maschinensatz den Kühler mit zwei Ventilatoren und einem Kühlwasserbehälter, zwei Öltanks mit je 1130 l Inhalt, den Kompressor für die Druckluftbremse, einen Kompressor zur Erzeugung der zum Anlaufen erforderlichen Druckluft, der mit der Hauptmaschine gekuppelt ist, und schließlich noch einen mittels Explosionsmotor besonders angetriebenen kleineren Kompressor, der von Hand angelassen werden kann und die erforderliche Druckluft liefert, für den Fall, daß gerade keine Druckluft zum Anlassen der Hauptmaschine zur Verfügung steht.

Die kompressorlose Dieselmachine hat sechs Zylinder von 375 mm Durchmesser und 406 mm Hub, die mit 500 Umdr./Min. im Viertakt arbeiten und 750 PS leisten. Zum Anlassen dient, wie oben erwähnt, Druckluft. Die elektrische Ausrüstung besteht im wesentlichen aus dem Stromerzeuger mit Erregermaschine und vier Bahnmotoren, von denen je einer jede der vier Treibachsen antreibt. Die Schaltung ist so vorgesehen, daß auch zwei Lokomotiven zusammen gesteuert werden können.

Bauart weiter vervollkommenet. Die neuen Wagen sind mehr den Erfordernissen des Betriebs auf Hauptbahnen angepaßt worden; vor allem ist die frühere Gelenkanordnung mit Faltenbalg-Verbindung verlassen und der ganze Wagen auf durchgehenden Hauptträgern aufgebaut worden. Die frühere Gelenkbauart war zwar für das Durchfahren scharfer Krümmungen sehr geeignet; für die starken Beanspruchungen auf Zug und Stoß, denen ein Wagen auf Hauptbahnen ausgesetzt ist, konnte sie jedoch nicht

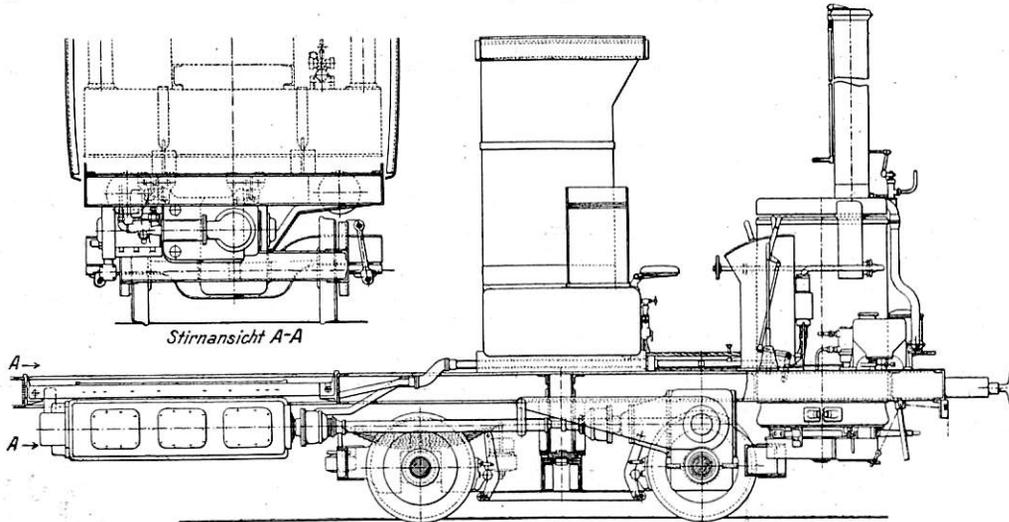


Abb. 1. Anordnung der Dampfmaschine.

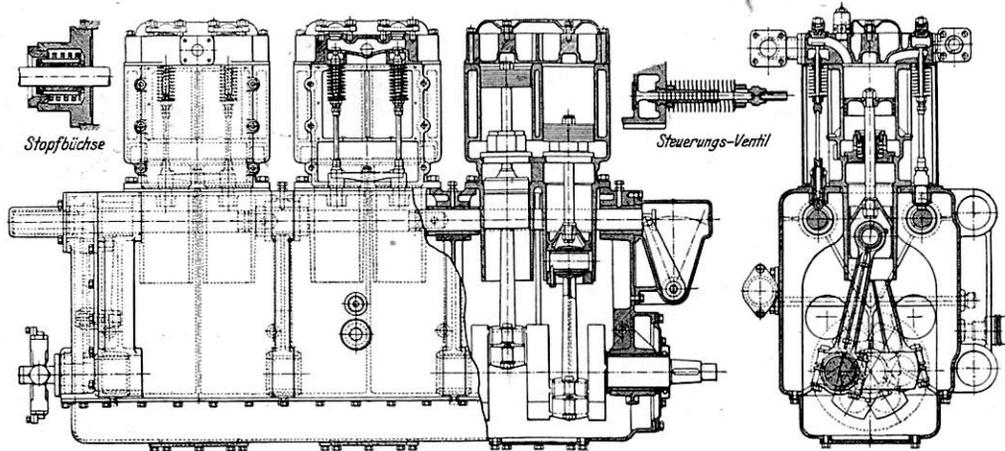


Abb. 2. Anordnung der Dampfzylinder.

Abb. 1 und 2. Sentinel-Dampftriebwagen der London und Nordostbahn.

Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind:

Ganze Länge	15875 mm
Ganzer Radstand	13056 „
Fester Radstand (Treibachsen)	5334 „
Durchmesser der Treibräder	1118 „
Dienstgewicht	134,0 t
Reibungsgewicht	79,5 „
Größte Zugkraft	23800 kg
Dauer-Zugkraft	9400 „

Auch bei dieser Lokomotive ist somit, wie bisher allgemein bei allen Diesellokomotiven und im besonderen bei den in Amerika gebauten, der Aufwand an Dienstgewicht noch viel zu hoch im Verhältnis zu der erzielten Leistung. Die $B_0 + B_0$ -Lokomotive ist in dieser Beziehung etwas günstiger. R. D.

(Railw. Age 1928, 1. Halbj., Nr. 25 und 2. Halbj., Nr. 3.)

Sentinel-Dampftriebwagen der London und Nordostbahn.

Mit den bisher in England gebauten Sentinel-Dampftriebwagen*) scheint man gute Erfahrungen gemacht zu haben. Die Firma Camell Laird und Co. in Nottingham hat daher unter Beibehaltung der wesentlichen Teile, Kessel und Zylinder, diese

mehr genügen. Weiter dienen jetzt zur Kraftübertragung nicht mehr Ketten und Blindwelle, sondern ein Kardan-Antrieb in Verbindung mit einem Kegelgetriebe.

Zur Zeit sind 40 derartige Wagen im Bau, davon 20 Stück für die London and North Eastern Bahn. Die Wagen sind ganz aus Stahl gebaut und haben 59 Sitz- und 20 Stehplätze. Sie laufen auf zwei zweiachsigen Drehgestellen, die in Anlehnung an die in England hierfür übliche Bauform entworfen sind. Das Dienstgewicht der Wagen beträgt 29,15 t, davon entfallen 18,9 t auf das angetriebene Drehgestell.

Die Dampfmaschine, die nach Textabbildung 1 quer unter dem Wagenkasten angeordnet ist, besteht aus sechs einfach wirkenden, umsteuerbaren Zylindern von je 152 mm Durchmesser und 178 mm Hub. Sie besitzt Preßölschmierung; alle Teile sind leicht zugänglich. Die Ventilsteuerung mit Nocken-Antrieb gibt drei Füllungen für jede Fahrtrichtung. Die Kurbelwelle ist viermal gelagert. Textabbildung 2 zeigt die Dampfmaschine im Schnitt.

Der Kardan-Antrieb und das Getriebe weisen wenig Besonderheiten auf. Die Welle ist ausziehbar, so daß sie den Bewegungen des Drehgestells folgen kann. Das Getriebe besteht aus einem Paar Kegelrädern und einem Paar Stirnrädern, die sämtlich auf Rollenlagern laufen. Angetrieben wird nur eine Achse des unter der Maschinenseite des Wagens liegenden Drehgestells und zwar die äußere. Das Getriebe ist in der Breite so

*) Organ 1924, S. 392 und 1926, S. 413.

gehalten, daß es ohne Änderung bis herab zu 762 mm Spurweite verwendet werden kann.

Der Sentinel-Kessel besteht im wesentlichen aus zwei ineinander gesteckten zylindrischen Mänteln, die oben und unten umgebördelt und miteinander verschraubt sind. Er enthält im oberen Teil des Feuerraumes einen Rohrschlangen-Überhitzer. Die Abmessungen sind gegenüber den früher beschriebenen Wagen etwas vergrößert worden. Der Kesselüberdruck beträgt 21,3 at; die erreichbaren Dampftemperaturen sollen sich zwischen 340 und 375°C betragen.

Die Wagen besitzen einen Wasservorrat von 1,45 m³, der für etwa 100 km Fahrtleistung ausreichen soll; für künftig ist jedoch ein größerer Vorrat vorgesehen. Die erforderlichen Nachfüllvorrichtungen sind auf jeder Seite des Führerhauses vorhanden. Der Kohlenvorrat von 1,5 t soll für annähernd 500 km Fahrtstrecke genügen. Die erforderlichen Schalthebel sind an beiden Wagenenden vorhanden.

Die bisherigen Versuchsfahrten mit diesem Wagen haben gezeigt, daß er leicht Geschwindigkeiten von 90 km/h erreichen kann, ohne daß irgendwelche störende Erschütterungen oder Anstände an der Maschine und dem Getriebe aufgetreten wären. Der Wasser- und Kohlenverbrauch ist bisher noch nicht ermittelt worden, doch nimmt man an, daß er nicht ungünstiger sein wird als bei den besten neueren Hauptbahnlokomotiven. R. D.

(The Railway Eng. 1928, Juni.)

Gelenk-Dampftriebwagen der Ägyptischen Staatsbahnen.

Die Ägyptischen Staatsbahnen haben mit ihren vor einiger Zeit in Dienst gestellten Dampftriebwagen der Bauart Clayton*) so gute Erfahrungen gemacht, daß sie fünf weitere solche Wagen, jedoch in der Form von Gelenkwagen beschafft haben. Kessel und Dampfmaschine sind bei diesen Wagen über dem mittleren Drehgestell angeordnet; die beiden Wagenhälften sind auf diesem Drehgestell je besonders gelagert, so daß jede für sich abgebaut werden kann.

Das Wagenpaar enthält 17 Sitzplätze erster, 20 zweiter und 70 dritter Klasse, in der ersten und zweiten Klasse außerdem noch je ein Frauenabteil mit vier Plätzen. Für die erste Klasse ist ein Waschaum vorgesehen. An jedem Ende des Doppelwagens befindet sich ein Führerstand; die Wagen können jedoch — beispielsweise beim Verschiebedienst — auch von dem mittleren Maschinenraum aus in Gang gesetzt werden. Die ganze Länge der Wagen beträgt rund 31 m, der Achsstand sämtlicher Drehgestelle je 2,14 m, der Abstand der Drehgestellmitten 12,75 m und das Dienstgewicht 46,5 t.

Die Kessel- und Maschinenanlage entspricht im wesentlichen derjenigen des früheren Wagens; jedoch ist der Kesseldruck auf 21,5 at erhöht worden. Bei Versuchsfahrten soll der Kessel bis zu 1150 kg Dampf stündlich erzeugt haben. Bei Versuchsfahrten auf der englischen Strecke von Lincoln nach Woodhall Junction erreichte der Wagen mit einer Besetzung von 70 Personen eine Höchstgeschwindigkeit von 73 km/h; der Kohlenverbrauch soll dabei 4,05 kg/km, der Wasserverbrauch 21,2 kg/km betragen haben.

Die Wagen sind von der Clayton-Wagenbau-Gesellschaft gebaut worden. R. D.

(The Railw. Eng., Nov. 1928.)

Elektrische Lokomotiven der Great Indian Peninsula Railway.

Die Zeitschrift „Engineering“ beschreibt eine der drei für genanntes Netz bestellten Versuchsausführungen einer Personenzuglokomotive, und zwar die Schnellzuglokomotive der General Electric Co., die für den mechanischen Teil die Forth Bank Works R. u. C. Hawthorn, Leslie u. Co., Newcastle O. Tyne, zum Unterlieferer hat.

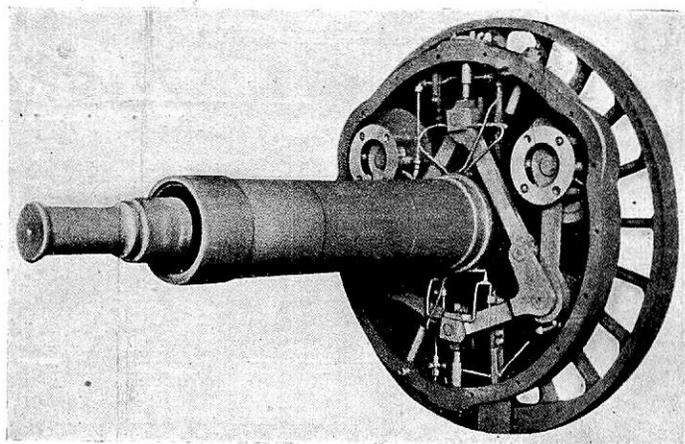
Die Lokomotive ist von der Grundform 2 C₀ 2 und für eine Fahrdrachtspannung von 1500 V Gleichstrom gebaut. Je zwei Hauptstrommotoren arbeiten in Zwillingsanordnung auf jede der drei Triebachsen. Die Motoren können entweder alle sechs in Reihe geschaltet werden oder in zwei bzw. drei Parallelschaltgruppen zu je drei bzw. zwei Motoren. Da innerhalb jeder dieser

Schaltungen mit zwei Feldschwächungen gefahren werden kann, ergeben sich neun wirtschaftliche Geschwindigkeitsstufen ohne Widerstände im Hauptstromkreis. Die Hauptgrößen sind in deutschen Maßen:

Länge über Puffer	17126 mm
Fester Rädstand	4572 „
Drehgestellradstand	2134 „
Treibraddurchmesser	1880 „
Laufreddurchmesser	914 „
Stundenleistung bei 58 km/h	2280 PS
Dauerleistung bei 59,5 km/h	2160 PS
Dauer-Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Spitzengeschwindigkeit	136 km/h
Dienstgewicht	110 t
Zugkraft bei 1400 Volt Fahrdrachtspannung	
bis 58 km/h 10900 kg, bei 125 km/h 2850 kg,	
bei 42 km/h 7250 kg	

bei Zusammenarbeit mit Güterzuglokomotiven auf Gebirgsstrecken.

Der Lokomotivkasten mit je einem Führerstand an jedem Ende ruht auf einem Außenrahmen. Die Fahrmotoren mit ungeteiltem Gehäuse ruhen fest im Hauptrahmen und sind mit gut zugänglichen Schauöffnungen versehen. Über ihnen ist der Platz



Hohlwelle mit Achsantrieb und Triebbad.

für die doppelt isolierten, als Roste ausgeführten Anfahrwiderstände und die Hilfsmaschinen. An solchen sind vorhanden zwei Verdichter für die Lokomotivbremsen, zwei umlaufende Saugpumpen für die Luftsaugbremsung des Zuges, ein doppelter Lüfter und ein Hilfs-Stromerzeuger, sämtlich mit Motorantrieb versehen. An beiden Enden des Hauptmaschinenraumes und von den Führerständen aus unmittelbar zugänglich befinden sich die zwei Hochspannungskammern.

Die Motoren zu 760 Dauer-, 720 Stundenbrems-PS je Doppelmotor sind Vierpoltypen von geschlossener Ausführung mit magnetisch hochdurchlässigem Stahlgußgehäuse und Ringschmierlagern. Die Ritzel arbeiten mit einem Übersetzungsverhältnis 1:4,5 einseitig auf ein gefedertes Hauptstirnrad. Die Stoßdämpfung erfolgt hier durch sechs Bündel Blattfedern, die radial in Aussparungen des Kranzes und des Radkörpers eingebettet sind. Das Hauptzahnrad ist auf einer Hohlwelle verkeilt, die ihrerseits mit Rücksicht auf genauen Zusammenbau im Motorrahmen festgelagert ist.

Neuartig und besonders bemerkenswert ist der eigentliche Achsantrieb. Die Abbildung zeigt, in welcher Weise das Drehmoment von der Hohlwelle auf das Triebbad übertragen wird. Das im Bilde links sichtbare freie Ende der Hohlwelle trägt den Sitz für das Hauptzahnrad, ebenso sind die Laufflächen der Lagerung im Motorgehäuse zu erkennen. Am andern Ende sitzt fest aufgezogen das Gehäuse für den eigentlichen Antrieb, der staub- und wasserdicht gekapselt ist. Der Deckel des Stahlgehäuses ist in der Abbildung abgenommen. Den Hauptanteil an der Übertragung des Drehmomentes haben die beiden Kreuzköpfe an der oberen und untern Ecke des rautenförmigen Jochrahmens, dessen beide andere Ecken durch zwei Gelenkstangen

*) Organ 1928, S. 117.

mit den zwei Treibzapfen im Radstern des Triebrads verbunden sind. Kugelförmige Gelenke lassen ungestörtes axiales Spiel zwischen Hohlwelle und Triebachse zu. Das Getriebe erfordert nur vier Universalgelenke und die beiden Kreuzköpfe.

Die Stromabnahme geschieht durch zwei druckluftgesteuerte Scherenstromabnehmer. Die Schützen und die Fahrtwenderwalzen werden elektropneumatisch betätigt. Durch Widerstandsstufen sind in jeder Gruppe 13 Reihen-, 10 Reihenparallel- und 10 Parallelschaltungen möglich. Die Nebenschlußwiderstände zur Feldschwächung sind auf die Zeitkonstante der Erregerspulen abgestimmt, was einen zeitlich gleichmäßigen Aufbau der Zweigströme verbürgt und Überschläge verhindert. Die Saugpumpenmotoren arbeiten mit zwei Geschwindigkeitsstufen, je nachdem der Unterdruck in der Zugbremsleitung nur während der Fahrt aufrecht zu erhalten oder nach einer Bremsung wiederherzustellen ist. Der aus Motor, Stromerzeuger und Erregermaschine bestehende Hilfsmaschinensatz liefert bei Spannungsschwankungen im Fahrdraht von 500—1900 Volt praktisch gleiche Spannung von 50 Volt und kann mit einer Batterie zusammenarbeiten.

Nach dem Leistungsprogramm muß die Lokomotive bei 1400 V Spannung einen Zug von 457 t in der Steigung von 1:100 vom Stillstand auf eine Geschwindigkeit von 58 km/h bringen, bei höchstens $\pm 10\%$ Abweichung von der mittleren Zugkraft. Bei zehnmaliger Wiederholung einer solchen Anfahrt mit Pausen von je 5 Minuten darf die Temperatur der Anfahrwiderstände 250° C nicht überschreiten.

Weiterhin ist die Elektrische Güterzuglokomotive der Great Indian Peninsula Railway beschrieben.

Von den 41 im Mai 1926 in Auftrag gegebenen Güterzuglokomotiven sind 10 Stück zur Ablieferung gelangt. Sie sind für 1500 Volt Gleichstrom gebaut und gleichen im Aufbau völlig den C C-Lokomotiven der D. R. G. Jedes der beiden dreiachsigen Drehgestelle trägt zwischen der äußeren und der Mittelachse zwei Motoren, die in Zwillingsanordnung doppelseitig über Vorgelege mit Schraubenverzahnung auf einer Blindwelle arbeiten. Der Mittelkasten, der die beiden Führerstände enthält und daher die Triebgestelle überragt, ist als Brücke gelenkig mit ihnen verbunden und birgt alle nicht zum unmittelbaren Antrieb gehörenden Hilfsmaschinen und Apparate. Die Drehzapfen (in einem Abstand von rund 9 m) liegen zwischen den inneren Endachsen und den Mittelachsen der Drehgestelle. Zur Verbesserung der Kurvenläufigkeit sind beide Drehgestelle unter dem Hauptrahmen mittels zweier Gestänge miteinander gekuppelt, so daß sie stets symmetrisch ausschlagen. Das Gesamtgewicht der Lokomotive mit 122 t, wovon $47,2 t = 38,7\%$ auf den elektrischen Teil entfallen, ist gleichmäßig auf die sechs Triebachsen verteilt. Die Zugkraft der Lokomotive beträgt 40700 kg bei einer Reibungsziffer von 0,38, welche die Motoren noch voll ausnützen können. Die eingebaute Leistung von viermal $640 = 2560$ PS bei 1500 Volt erlaubt eine Höchstgeschwindigkeit von 72,4 km/h, die wirtschaftliche Geschwindigkeit ist in einem Verhältnis von 1:2 $\frac{1}{2}$ regelbar.

Die langen und schweren Steigungen im Bereich der Bahn ließen die Nutzbremmung besonders lohnend erscheinen. Dabei werden die Motoren durch je einen auf der inneren Drehgestellachse sitzenden Achsgenerator fremd erregt, dessen Feld wiederum ein 50 Volt-Hilfsgenerator speist. Die Nutzbremmung ist in einem Geschwindigkeitsbereich von 13—56 km/h anwendbar. Daneben sind natürlich noch die üblichen luftbetätigten Bremssysteme vorhanden. Von den übrigen baulichen Einzelheiten ist nur die Anordnung der beiden Scherenstromabnehmer bemerkenswert. Jeder sitzt isoliert auf einem eigenen kleinen Überdach und erst dieses ist nochmals isoliert auf dem Hauptdach befestigt. Man rechnet mit häufigen Störungen in der Fahrleitung und will die Hauptblechverkleidung vor den Flammenbogen schützen, die sich zwischen Stromabnehmer und Dach durch abgerissene Hängedrähte u. dergl. bilden können. Es wird auch im gewöhnlichen Betrieb nur mit einem Bügel gefahren, während der zweite lediglich eine Reserve bildet.

Sch—1.

Kohlenersparnis im amerikanischen Lokomotivbetrieb.

Zwei Aufsätze in der Zeitschrift Railway Age behandeln die Fortschritte, die auf dem Gebiet der Brennstoffersparnis im amerikanischen Lokomotivbetrieb in den letzten Jahren erreicht worden sind. Die Zahl der Güterzuglokomotiven der amerikanischen Hauptbahnen ist seit 1921 ungefähr gleich groß, rund 26000, geblieben; die mit ihnen geleisteten Tonnenkilometer sind

aber von 1921 bis 1927 um ungefähr 40% gestiegen; trotzdem haben die Lokomotiven nicht wesentlich mehr Kohle verfeuert, so daß der Kohlenverbrauch für 1 tkm um etwa 20% zurückgegangen ist. Ähnliche Ergebnisse hat der Personenverkehr gezeitigt, nur handelt es sich dabei nicht um so große Zahlen, wie schon daraus hervorgeht, daß im Jahre 1927 im Güterverkehr 80 Mill. t Kohle, im Personenverkehr 29 Mill. t Kohle verbrannt worden sind.

Über die Fortschritte des amerikanischen Lokomotivbaus werden folgende Angaben gemacht: Zwischen 1903 und 1908 galt als Regelform für den Güterzugdienst eine 1 D-Lokomotive von etwa 90 t Gewicht, davon 81 t Reibungsgewicht und etwa 19 t Zugkraft mit Treibrädern von 1,6 m Durchmesser und Zylindern von 559 mm Durchmesser und 813 mm Hub. Die Bauart der Lokomotiven war sehr einfach; sie hatten Schiebersteuerung und arbeiteten mit Sattldampf. Die meisten solchen Lokomotiven sind heute umgebaut, sie haben Überhitzung und Kolbensteuerung erhalten, manche von ihnen tun aber auf Nebenbahnen noch Dienst im ursprünglichen Zustande. Um 1912 folgte eine Lokomotive der Achsanordnung 1 D 1 mit ebenso großen Rädern, mit Zylindern von 711 mm Durchmesser, 813 mm Hub, 144 t Gesamt- und 107 t Reibungsgewicht, Zugkraft 26 t. Die höchste Achslast hatte also bereits um rund 30% zugenommen, das Gesamtgewicht um 50%. Die Bauart hat sich sehr gut bewährt; sie ist unter Vergrößerung der Abmessungen beibehalten worden.

Eine Eisenbahngesellschaft hatte einige Teilstrecken, wo mit vier angetriebenen Achsen nicht auszukommen war. Sie beschaffte daher zwischen 1916 und 1918 eine Anzahl 1 E 1-Lokomotiven von 190 t Gesamt- und 154 t Reibungsgewicht. Der Sprung im Gewicht war hier nicht so groß wie zwischen den beiden vorgenannten Lokomotiven, die Zugkraft stieg aber auf 38 t. Der Rad- und Zylinderdurchmesser wurde beibehalten, der Kolbenhub auf 787 mm erhöht. Die Lokomotive eignete sich nicht für hohe Fahrgeschwindigkeiten.

Um den Anforderungen des heutigen Tages auf den Regelstrecken genügen zu können, wurde 1927 von der 1 D 1 auf die 1 D 2-Lokomotive von 201 t Gesamt- und 125 t Reibungsgewicht übergegangen. Die Zugkraft beträgt 32 t; durch die Zusatzmaschine am Drehgestell unter dem Führerstand kann sie auf 37 t gesteigert werden. Der Treibraddurchmesser wurde auf 1,78 m erhöht, die Zylinderabmessungen auf 724 mm Durchmesser, 813 mm Hub. Die Achslast ist ungefähr dieselbe geblieben, obgleich das Gesamtgewicht um etwa 5% erhöht wurde. Trotz des größeren Raddurchmessers kann beim Anfahren fast dieselbe Zugkraft wie bei der vorhergehenden Lokomotive entwickelt werden. Das Drehgestell unter dem Führerstand gibt einen ruhigen Gang. Ein großer Tender ermöglicht lange Fahrten. — Die 1 D 2-Lokomotive leistet an Zuggewicht 10% mehr als die 1 E 1, verbraucht dabei aber auf 1 tkm 30% weniger Kohle; sie legt die 183,5 km lange Strecke, die sie bei dem im Bericht angeführten Beispiel täglich hin und zurück befährt, in 35% kürzerer Zeit zurück, und leistet in der Stunde 75%, im ganzen 10% mehr Tonnenkilometer als jene; die Kohlenersparnis auf der ganzen Fahrt ist 22% oder rund 4 t Kohle. Rechnet man den Monat zu 25 Arbeitstagen und setzt man 1 t Kohle mit 3 Dollar an, so ergibt sich auf dieser einen Strecke unter Berücksichtigung des Umstands, daß 30 1 D 2-Lokomotiven die Arbeit von 34 1 E 1-Lokomotiven leisten, eine Ersparnis von 440000 Dollar im Jahre. Da im ganzen 50 Lokomotiven der neueren Bauart beschafft worden sind, wird sich die Ersparnis, die sie ermöglichen, auf 650 bis 700000 Dollar belaufen.

Aus diesen Zahlen wird der Schluß gezogen, daß die amerikanischen Eisenbahnen etwa 16 Mill. t Kohle sparen könnten, wenn sie Lokomotiven mit niedrigem Kohlenverbrauch allgemein verwenden würden. Bei etwa zwei Dritteln aller Lokomotiven wäre ein Minderverbrauch von 30% zu erreichen und das würde bei einem Durchschnittspreis von 3,50 Dollar für 1 t Kohle zu einer Verringerung der Ausgaben über 56 Mill. Dollar führen. Aber auch ohne Änderung der Bauart ist der Kohlenverbrauch, bezogen auf 1000 tkm, von 46 kg im Jahre 1921 auf 37 kg im Jahre 1927 zurückgegangen. Von 1926 bis 1927 betrug der Rückgang 5% und dadurch sind 14 Mill. Dollar für die Beschaffung von Kohle erspart worden. Es wird dies auf einen besseren Unterhaltungszustand von Lokomotiven und Wagen, auf bessere Auslastung der Züge, Vermeidungen von Aufenthalten unterwegs u. a. zurückgeführt. Wirtschaftlicher Betrieb allein kann also schon die Ausgaben für Kohle wesentlich herabmindern. We.

(Railway Age 1928, I. Halbjahr, Nr. 20.)

Buchbesprechungen.

Hentzen, Dr. Ing. e. h., Das Einheitsstellwerk. Umfang 400 Seiten mit 455 Abbildungen und 3 herausklappbaren Tafeln. Berlin-Schöneberg 1927. Verlag Dr. Arthur Tetzlaff. In Ganzleinen gebunden 25,— *R.M.*

Das Buch behandelt die Einheitsformen der mechanischen Sicherungseinrichtungen der ehemaligen preußisch-hessischen Staatseisenbahnen. Wegen ihrer großen Ausdehnung hatten sich diese anfangs beim Bezuge mechanischer Sicherungseinrichtungen wie die anderen Ländereisenbahnen Deutschlands nur bezirksweise auf einige wenige Signalbauanstalten stützen können. Deshalb wurde die Vielheit der verschiedenen Bauarten der Signalbauanstalten mit der Zeit immer unbequemer, zumal die Ausführungen der Bauformen der einzelnen Signalbauanstalten im Laufe der Jahre manche Abwandlungen durchgemacht hatten, damit sie den fortschreitend höheren Anforderungen des Eisenbahnbetriebes gerecht wurden. Diese Vielheit der Bauarten bot zwar der Eisenbahnverwaltung den Vorteil, den gegenseitigen Wettbewerb der Bauanstalten aufs äußerste zu steigern; nachdem aber die verschiedenen Ausführungen je für sich eine hohe Vollkommenheit erreicht hatten, schlug dieser Vorteil nicht mehr so sehr ins Gewicht und es war daher erklärlich, daß die ehemaligen preußisch-hessischen Staatseisenbahnen nunmehr daran gingen, aus der Fülle der Ausführungsformen die besten auszusuchen, um so, wie bei den elektrischen, auch bei den mechanischen Sicherheitseinrichtungen zu einem einheitlichen System zu gelangen.

An der Durchführung dieser Vereinheitlichung hat der Verfasser des vorliegenden Buches, unterstützt durch den Block- und Stellwerksausschuß und die bedeutendsten Signalbauanstalten, mehr als ein Jahrzehnt in leitender Stellung gearbeitet, und keiner war daher besser als er berufen, die in den „Einheitszeichnungen für Stellwerksteile“ der preußisch-hessischen Staatseisenbahnen dargestellten Einzelteile der mechanischen Stellwerke zu erläutern, ihre Wirkungsweise zu erklären und die Gründe für die gewählte Bauweise darzulegen. Diese Aufgabe des Buches zu erfüllen ist dem Verfasser vollkommen gelungen. Selbst die geringsten Kleinigkeiten der Bauformen sind in dem Buche so sorgfältig und gründlich behandelt, daß man über alle Einzelheiten der mechanischen Stellwerksanlagen der Einheitsform sich darin sehr genau unterrichten kann. Daß diese Einheitsformen nicht unwandelbar für alle Zeiten festgelegt sein sollen, ergibt sich aus dem Vorwort zu dem Buche und auch aus dem

Umstände, daß an verschiedenen Stellen des Buches nachträgliche Änderungen der einzelnen Teile angegeben und auch bemerkenswerte ältere Ausführungen darin beschrieben sind.

Das Buch behandelt der Reihe nach in sechs Hauptabschnitten die Fernbedienung der Weichen, die Riegelung der Weichen, die Vorrichtung zur Verhinderung unzeitiger oder unbefugter Umstellung von Weichen und Gleissperren (Einzelsicherungen), die Einheitsgleissperren, die Signale und ihre Stellvorrichtungen und schließlich das Hebelwerk. Auf die einzelnen Abschnitte und Unterabschnitte einzugehen fehlt es an Raum. Zu dem Abschnitt über das Hebelwerk, der etwa $\frac{1}{4}$ des Buches ausmacht, erscheint es jedoch angebracht darauf hinzuweisen, daß für die Teile, die mit den elektrischen Einrichtungen der Stationsblockung und der Streckenblockung in Verbindung stehen, die Kenntnis der elektrischen Teile des preußisch-hessischen Blocksystems im wesentlichen vorausgesetzt wird, und die Inneneinrichtungen des Hebelwerkes, die mit der Stations- und Streckenblockung in Verbindung stehen, in einer solchen Ausführlichkeit behandelt werden, daß auch dieser Abschnitt es verdient, von denjenigen Praktikern, die mit dem preußisch-hessischen Blocksystem nicht vollkommen vertraut sind, besonders sorgfältig durchgelesen zu werden, da sie darin sicher auch für ihre Einrichtungen manche Aufklärung und Anregung erhalten werden.

Das Buch, das auch die Erfordernisse der Betriebssicherheit und die bei Bau, Unterhaltung, Bedienung usw. der Stellwerksteile zu beachtenden Gesichtspunkte behandelt, kann allen Sicherungstechnikern aufs wärmste empfohlen werden.

Es ist zwar in erster Linie für die Beamten der ehemaligen preußischen Staatseisenbahnen bestimmt, die mit der Unterhaltung und Ergänzung der Sicherungsanlagen zu tun haben; aber wegen seiner Gründlichkeit und Ausführlichkeit ist es auch für alle anderen, die sich mit den mechanischen Teilen der Sicherungseinrichtungen zu beschäftigen haben, ein sehr nützliches Nachschlagewerk.

Die Beschreibungen sind klar und leicht verständlich; die vielfach durch schematische und photographische Bilder ergänzten Zeichnungen, die zum größten Teil den behördlichen „Einheitszeichnungen der Stellwerksteile“ der preußisch-hessischen Eisenbahnverwaltung entnommen sind, lassen an Deutlichkeit und Übersichtlichkeit nichts zu wünschen übrig; der Druck ist gut und die Ausstattung vornehm. Möllering.

Verschiedenes.

Brückenbauwettbewerb der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Unserer Mitteilung im Heft 7 des Organs 1929 über das Ergebnis des von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ausgeschriebenen Brückenbauwettbewerbs tragen wir das inzwischen bekannt gegebene Ergebnis des Wettbewerbs für die Brücke bei Maxau nach.

Es erhielten: Einen 1. Preis von 7000 *R.M.* Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen mit Architekt Professor Dr. German Bestelmeyer, München.

Einen 2. Preis von 5000 *R.M.* Regierungsbaurat Berndt als Architekt und Regierungsbaurat Klein als Ingenieur, München.

Einen 3. Preis von 3000 *R.M.* Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz, Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim. Künstlerischer Berater Baudirektor Abel, Köln.

Einen 4. Preis von 2000 *R.M.* Siemens-Bauunion

G. m. b. H., Berlin-Siemenstadt. Dipl.-Ing. Friedrich Rottmeyer, Architekt BDA Berlin-Charlottenburg.

Zum Ankauf mit 1000 *R.M.* wurden empfohlen:

Der Entwurf von B. Seibert G. m. b. H., Eisenhoch- und Brückenbau, Aschaffenburg.

Zum Ankauf mit 500 *R.M.* wurden empfohlen:

Der Entwurf von Ludwig Schmidt, Heidelberg, Architekt Otto Ehling. Der Entwurf von Hein, Lehmann & Co. A.-G., Düsseldorf-Berlin, Professor Paul Bonatz, Stuttgart, Wayss & Freytag A.-G., Frankfurt-Stuttgart, und der Entwurf von Flender A.-G. für Eisen-, Brücken- und Schiffbau, Benrath (Rhein), Fritz August Breuhaus, Architekt BDA., Düsseldorf.

Sämtliche Entwürfe für die Brücke bei Maxau werden vom 1. April 1929 bis einschließlich 14. April 1929 und sämtliche Entwürfe für die Brücke bei Speyer vom 25. April 1929 bis einschließlich 8. Mai 1929 je von 10 bis 18 Uhr im Verkehrs- und Baumuseum, Berlin NW 40, Eingang Invalidenstraße 50, öffentlich ausgestellt.

Berichtigung.

In dem Nachruf für Professor Konrad Pressel in Heft 6 Seite 101 und 102 sind einige Druckfehler unterlaufen.

Es muß Suram-Tunnel statt Suvamtunnel heißen; statt Stollengewinde in der 7. Zeile der linken Spalte von unten (Seite 102) ist Stollengeviere zu lesen.