

Rangiertechnik.

4. Fortsetzung (von Seite 217) und Schluß*).

Von Prof. Dr. Ing. O. Ammann.

10. Wo braucht man besondere Beidrückeinrichtungen?

„Beidrücken“, d. h. nachträgliches Zusammenschieben der in die Sammelgleise abgelaufenen Wagen zum Zwecke des Zusammenkuppelns, kommt im allgemeinen nur in Flachbahnhöfen in Betracht. Bei ihnen genügt in der Regel — im Gegensatz zu den diesbezüglichen Verhältnissen in Gefällsbahnhöfen — weder die verfügbare Fallhöhe zwischen Ablaufbergscheitel und Ende der Sammelgleise, um alle Wagen bis zu letzterem zu befördern, noch deren Gefälle, um ein kuppelreifes Zusammenlaufen der Wagen sicher zu erzwingen.

Der Umfang, in dem Beidrückarbeit in den Flachbahnhöfen erforderlich wird, ist aber sehr verschieden. Er wird beeinflusst von dem zu verarbeitenden Wagenmaterial, von Längen- und Neigungsverhältnissen der Ablaufanlage und der Sammelgleise, von der Gleisentwicklung und von der angewandten Bremsart.

Es ist ohne weiteres klar, daß man für den Zusammenlauf der Wagen um so leichter günstige Verhältnisse schaffen kann, je gleichmäßiger das zu verarbeitende Wagenmaterial ist (z. B. nur beladene O-Wagen).

Länge und Neigungsverhältnisse der Ablaufanlage und der Sammelgleise sind von größtem Einfluß auf die Größe der erforderlichen Beidrückarbeit, da sich die Laufweite der Wagen nach den verfügbaren Fallhöhen richtet und diese bei Flachbahnhöfen, wie schon erwähnt, in der Regel für das Durchlaufen der Wagen bis ans Ende der Sammelgleise und für das vollständig kuppelreife Zusammenlaufen der Wagen unzureichend sind. Die Beidrückarbeit wird im allgemeinen um so kleiner werden, je höher der Ablaufberg ist und je stärker die Sammelgleise selbst geneigt sind. In der Höhe des Ablaufberges legt man sich aber Beschränkung auf, um nicht zuviel Bewegungsenergie bei den Gutläufern abbremsen zu müssen, in den Neigungsverhältnissen ist man aber — wie noch gezeigt wird — mit Rücksicht auf sicheres Auffangen der Wagen oder gefahrloses Auflaufen der Wagen aufeinander beschränkt.

Daß auch mit Rücksicht auf die Verminderung der Beidrückarbeit eine möglichst kurze Gleisentwicklung das beste ist, ergibt sich einmal aus der dadurch bedingten Verkürzung der größten Laufweiten, zum andern aus der damit verbundenen Verminderung der Abstandsbremung, die unter Umständen die wünschenswerte Laufweite beeinträchtigt.

Von dem angewandten Bremsverfahren hängt, wie schon in früheren Abschnitten gezeigt, das Profil der Ablaufanlage, dann aber auch ausschlaggebend die Neigung der Sammelgleise selbst ab.

Da die Bemessung der Höhe des Ablaufberges und seine zweckmäßigsten Neigungsverhältnisse, sowie die beste Gleisentwicklung schon in den Abschnitten 1, 2 und 3 behandelt worden sind, muß hier vor allem die von dem Bremsverfahren abhängige Neigung der Sammelgleise bei Flachbahnhöfen näher untersucht werden.

*) Ich beschließe in dieser Nummer meine Ausführungen über „Rangiertechnik“; ich habe diesen auch nach Dr. Ing. Basellers Artikel: „Grundsätzliches zur Rangiertechnik“ (Organ 1930, Nr. 24) nichts hinzuzufügen.

Man muß unterscheiden, ob die Wagen frei bis zu ihrem Laufziel abrollen, wo sie dann mit Hemmschuhen aufgefangen werden, oder ob in den Wagenablauf mit Gleisbremsen eingegriffen wird.

Im ersten Fall darf der Gutläufer bei günstigem Wetter an keiner Stelle der Sammelgleise Laufgeschwindigkeiten von mehr als 5 bis 6 m/sec erreichen, da größere ein sicheres Auffangen mit freiem Hemmschuh in Frage stellen könnten. Aus dieser Forderung ergibt sich die größte zulässige Fallhöhe H_e zwischen Ablaufberggipfel und Ende Sammelgleis, wenn mit l_1 die Strecke vom Berggipfel bis zum Markierpfahl im Sammelgleis, mit l_2 die nutzbare Länge des Sammelgleises mit v_{\max} die größte im Gleis zulässige Geschwindigkeit, mit g' die mit Rücksicht auf die rotierenden Massen reduzierte Erdbeschleunigung und mit w_{og} der Laufwiderstand des Gutläufers bezeichnet wird.

$$H_e = \frac{v_{\max}^2}{2g'} + w_{og}(l_1 + l_2).$$

Damit v_{\max} an keiner Stelle des Sammelgleises überschritten wird, darf auf der Strecke l_1 höchstens eine Höhe:

$$H_1^{\max} = \frac{v_{\max}^2}{2g'} + w_{og}l_1$$

überwunden werden, wobei das Sammelgleis eine Neigung:

$$s = w_{og}$$

erhält. Nur bei geringerer Berghöhe H_1 kann diese Neigung größer gewählt werden, äußerstenfalls zu

$$s_{\max} = \frac{H_e - H_1}{l_2}.$$

Setzt man z. B. $v_{\max} = 6$ m/sec; $g' = 9,2$; $w_{og} = 0,0025$; $l_1 = 250$ m; $l_2 = 750$ m, so wird:

$$H_e = \frac{36}{2 \times 9,2} + 0,0025(250 + 750) = 1,96 + 2,50 = 4,46 \text{ m}$$
$$H_1 = 1,96 + 0,625 = 2,58 \text{ m}; \quad s = 0,0025.$$

Selbst wenn man für den Gutläufer normal im ganzen Sammelgleis die große Laufgeschwindigkeit von 6 m/sec zuläßt, ergibt sich bis in die Spitzen der Richtungsgleise nur eine größte Fallhöhe von 2,58 m, also ein Gefälle von rund 10‰. Bei so betriebenen Anlagen werden bei günstigem Wetter einzelne, bei ungünstigem Wetter aber zahlreiche Schlechtläufer schon in den Weichenstraßen stehen bleiben, so daß hier nicht nur viel Beidrückarbeit, sondern auch häufige Betriebsstörungen zu erwarten sind, wie das die Erfahrung mit solchen Anlagen bestätigt. Es folgt daraus, daß man bei allen Anlagen, die man auch bei schlechtem Wetter einigermaßen betriebstüchtig erhalten will, in der Regel so hohe Ablaufberge braucht, daß bei gutem Wetter die Laufgeschwindigkeit der Gutläufer mit Gleisbremsen herabgesetzt werden muß.

Der Einbau von Gleisbremsen in der Weichenzone oder in den Spitzen der Richtungsgleise gestattet an sich dem Ablaufberg eine beliebige Höhe zu geben, so daß theoretisch von jedem Wagen bei jedem Wetter das gewünschte Lauf-

ziel erreicht werden könnte. Die dazu erforderliche Höhe bedingte aber bei gutem Wetter die Vernichtung sehr großer Bewegungsenergien in den Gleisbremsen, weshalb man die Höhe des Ablaufberges und damit den Grad der Betriebstüchtigkeit auf Kosten des Umfangs der Beidrückarbeit beschränkt. Es ist aber nicht zu verkennen, daß den Fortschritten, die in den Bremsmitteln und in der Bremstechnik erzielt werden, eine Erhöhung des Ablaufberges und der Betriebstüchtigkeit der Anlagen auf dem Fuße folgt. Das lehrt ein Blick auf die in den letzten 10 Jahren mit leistungsfähigen Balkenbremsen versehenen Rangierbahnhöfe des In- und Auslandes. Damit wird das Füllen der Gleise immer mehr erleichtert. Das kuppelreife Zusammenlaufen hängt aber nicht nur davon ab, daß die Wagen ihr Laufziel erreichen, sondern überall da, wo nicht wie in Amerika selbsttätige Kupplungen im Moment des Zusammenstoßes die beiden Wagen verbinden, noch von der Neigung der Sammelgleise. Es wird nämlich nach dem Zusammenstoß der Puffer zweier Wagen der anlaufende Wagen unter Umständen zurückgestoßen und bleibt mit Lücke stehen, wenn ihn nicht das Gefälle des Sammelgleises wieder an die stehende Wagen- gruppe zurückführt, wobei nachfolgende Wagen behilflich sein können. Neben genügend hohem Ablaufberg für das Durchlaufen der Wagen ist daher ein möglichst großes Gefälle in den Sammelgleisen zum kuppelreifen Zusammenlauf und damit zur Verminderung von Beidrückarbeit erwünscht. Dieses Gefälle muß aber je nach der Art des Bremsens in gewissen Grenzen gehalten werden; einerseits beim regelmäßigen Auffangen mit Hemmschuhen, wo die Gleisbremsen also nur als Vorbremsen dienen, durch die hierbei zulässige größte Endgeschwindigkeit $v_{\max} = 5$ bis 6 m/sec, andererseits bei Verwendung der Gleisbremsen als Laufzielbremsen durch die Bedingung, daß die Wagen nur mit Geschwindigkeiten von $v_z \leq 1,0$ m auf stehende Wagen auflaufen dürfen. In beiden Fällen hängt die zulässige Neigung der Sammelgleise noch von der Geschwindigkeit v_e ab, mit der die Wagen in die Neigung einlaufen. Liegen die Gleisbremsen in den Spitzen der Sammelgleise, so kann hier unbedenklich die Einlaufgeschwindigkeit auf nahezu $v_e = 0$ m/sec herabgesetzt werden, so daß sich die Wagen in einem Gefälle der Sammelgleise noch auf v_{\max} bzw. v_z beschleunigen dürfen. Liegen die Gleisbremsen innerhalb der Weichenzone, so können die Wagen mit Rücksicht auf die Nachläufer nicht immer so stark abgebremst werden. Wenn es auch bei günstiger Wagenfolge möglich ist, die Wagengeschwindigkeit in den Spitzen der Richtungsgleise auf $v_e = v_z = 1,0$ m/sec herabzusetzen, so muß doch manchmal bei ungünstiger Wagenfolge, um ein Einholen des Vorläufers durch den Nachläufer zu vermeiden, die Bremsung schwächer durchgeführt werden, so daß man der Neigungsberechnung eine höhere Einlaufgeschwindigkeit zugrunde legen muß, die etwa zu $v_e = 3$ m/sec*) anzusetzen ist. Im einen Fall darf sich der Wagen in den Sammelgleisen von v_e auf v_{\max} beschleunigen, im anderen muß er sich von v_e auf v_z verzögern.

Nachstehend sei die Neigung für die vier betrachteten Fälle rechnerisch bestimmt unter Beibehaltung der Bezeichnungen des letzten Rechenbeispiels und Einführung der Einlaufgeschwindigkeit mit der Bezeichnung v_e und der Auf- laufgeschwindigkeit mit v_z . Die Geschwindigkeit v_{\max} beim Auffangen mit Hemmschuhen soll hier zu $4,0$ m/sec angenommen werden, um bei ungenügender Vorbremmung in den Gleis- bremsen beim Auffangen mit Hemmschuhen noch einen Sicherheitsspielraum zu haben.

*) Daß bei dieser Art der Bremsung für einen Teil der Wagen, die mit $v_e > 1$ m/sec einlaufen, Nachbremsung mit Hemmschuhen notwendig ist, wurde schon im Abschnitt 4 (Organ 1930, S. 296) betont.

a) Gleisbremsen in den Spitzen der Sammelgleise.

a) Regelmäßiges Auffangen der Wagen mit Hemmschuhen:

$$v_e = 0 \text{ m/sec}; \quad v_{\max} = 4 \text{ m/sec.}$$

$$s = \frac{v_{\max}^2 - v_e^2}{2g'l_2} + w_0 = \frac{16 - 0}{2 \times 9,2 \times 750} + 0,0025 = 0,00116 + 0,0025 = 0,00366 \text{ (1: 270).}$$

β) Laufzielbremsung:

$$v_e = 0 \text{ m/sec}; \quad v_z = 1 \text{ m/sec.}$$

$$s = \frac{v_z^2 - v_e^2}{2g'l_2} + w_0 = \frac{1 - 0}{2 \times 9,2 \times 750} + 0,0025 = 0,0000725 + 0,0025 = 0,00257 \text{ (1: 390).}$$

b) Gleisbremsen in der Weichenzone.

a) Regelmäßiges Auffangen der Wagen mit Hemmschuhen:

$$v_e = 3 \text{ m/sec}; \quad v_{\max} = 4 \text{ m/sec.}$$

$$s = \frac{v_{\max}^2 - v_e^2}{2g'l_2} + w_0 = \frac{16 - 9}{2g'l_2} + 0,0025 = 0,00051 + 0,0025 = 0,00301 \text{ (1: 330).}$$

β) Laufzielbremsung:

$$v_e = 3 \text{ m/sec}; \quad v_z = 1,0 \text{ m/sec (am Ende des Sammelgleises)}$$

$$s = \frac{v_z^2 - v_e^2}{2g'l_2} + w_0 = \frac{9 - 1}{2g'l_2} + 0,0025 = 0,00058 + 0,0025 = 0,00192 \text{ (1: 520).}$$

Die Neigungen der Sammelgleise werden danach je nach der Art der Bremsung zwischen etwa 1:300 und 1:500 liegen. Es empfiehlt sich in jedem Fall unter Berücksichtigung des zu verarbeitenden Wagenmaterials und des beabsichtigten Bremsverfahrens nachzuprüfen, welche Neigung höchstens zulässig ist, und diese Neigung dann auch zur Ausführung zu bringen, da eine möglichst große Neigung mit Rücksicht auf den Wagenzusammenlauf anzustreben ist.

Die vorstehende Betrachtung und Berechnung zeigt, daß Gleisbremsen in den Spitzen der Richtungsgleise nicht nur ungehindertes Laufzielbremsen, sondern auch die Anordnung eines größeren, für das Zusammenlaufen der Wagen günstigeren Gefälles in den Richtungsgleisen, als Gleisbremsen innerhalb der Weichenentwicklung gestatten. Wenn man trotzdem von der Laufzielbremsung mit hochwertigen Balkenbremsen — Hemmschuhbremsen sind dazu, wie früher*) dargelegt, ungeeignet — in den Spitzen der Sammelgleise bisher absieht, so geschieht dies aus wirtschaftlichen Gründen, weil die hierfür erforderlichen zahlreichen Balkenbremsen zu teuer wären und weil die Praxis gelehrt hat, daß schon mit wenigen hochwertigen Balkenbremsen als Talbremsen die Laufzielbremsung in solchem Umfang durchgeführt werden kann, daß die noch erforderliche Nachbremsung und die Zahl der Hemmschuhleger, sowie die Beidrückarbeit wesentlich eingeschränkt wird. Bei der deutschen Betriebsweise und dem deutschen Wagenmaterial werden stets einige Hemmschuh- leger — auch bei bester Vorbremmung — in der Sammelgruppe erforderlich sein, die neben ihren sonstigen Arbeiten noch Nachbremsungen in gewissem Umfang durchführen können. Selbst wenn einmal billigere leistungsfähige Gleisbremsen zur Verfügung stehen werden, wird die Vermehrung ihrer Zahl und ihre Verschiebung gegen die Richtungsgruppe trotz Verminderung der Nachbremsarbeit von einer gewissen Grenze an keine Personalersparnis mehr ergeben. Sie kann trotzdem aus anderen Gründen (z. B. Steigerung der Leistungs- fähigkeit) angebracht sein. In Amerika, wo die Wagen selbst- tätige Kupplungseinrichtungen besitzen und im ganzen kräftiger gebaut sind als die europäischen, hat man in neueren Rangierbahnhöfen reine Zielbremsung ohne irgend eine Nach- bremsung durch Hemmschuhleger durchgeführt. Man hat dies durch Einsatz zahlreicher, bis weit gegen die Richtungs- gleise vorgeschobener Gleisbremsen erreicht, durch die aber,

*) Organ 1930, S. 297.

worauf früher schon hingewiesen wurde, ein sehr hoher Kostenaufwand verursacht wurde, der sich bei uns nicht rechtfertigen ließe.

Bildet man die Ablaufanlagen und die Sammelgleise unter Beachtung der vorstehend gegebenen Richtlinien aus, so wird die Beidrückarbeit sehr eingeschränkt; man kommt dann normalerweise mit 3 bis 6 Min. Beidrückarbeit für 50 am Berg behandelte Wagen aus (Hamm, Bremen, Osterfeld-Süd). Da die Leistungsfähigkeit derartiger Anlagen das Ablaufen eines 50-Wagenzugs in rund 6 Min. gestattet, bleibt auch bei starker Bergbelastung zwischen den Abläufen der Züge genügend Zeit, um diese Beidrückarbeiten in den Ordnungsgleisen auszuführen. Bei Bergbelastungen von 3500 bis 4200 Wagen kann im allgemeinen in modernen Rangierbahnhöfen eine Rangierlokomotive neben den sonstigen Zerlegearbeiten noch gut die Beidrückarbeit leisten; besondere Beidrückeinrichtungen kommen daher hier wohl erst bei noch größerer Bergbelastung in Frage oder bei häufig vorkommenden schlechtem Ablaufwetter.

Bei älteren Anlagen mit niederen Ablaufbergen, langen Weichenstraßen und wenig oder gar nicht geeigneten Ablaufgleisen muß man allerdings oft mit 10 bis 20 Minuten und mehr Beidrückzeit für je 50 Wagen rechnen, so daß hier, wo meist auch die Zerlegezeit der Züge viel größer ist, schon bei wesentlich geringeren Bergbelastungen die Zerlege- und Beidrückarbeiten nur mit Einsatz mehrerer Lokomotiven zu bewältigen sind. In solchen Fällen ist zu prüfen, ob ein Umbau der Anlagen oder der Einsatz besonderer Beidrückeinrichtungen zur Verminderung der Betriebskosten und zur Leistungssteigerung am Platze ist.

In der Regel wird man da, wo zwischen dem Ablauf der Züge genügend Zeit für die Erledigung der Beidrückarbeiten vorhanden ist, zweckmäßig dafür die Rangierlokomotive, die das Abdrücken der Züge besorgt, oder eine für das Beidrücken besonders eingesetzte, von einem angelernten Rangierer steuerbare Motorkleinlokomotive verwenden. Beide fassen die Wagen an ihren normalen Zug- und Stoßvorrichtungen an, benützen die vorhandenen Regelspurgleise, sind in der Lage, genügend große Druck- und Zugkräfte auszuüben und können neben dem Beidrücken der Wagen auch die Berichtigung der Falschläufer durchführen, was keine der besonderen Beidrückeinrichtungen vermag, sie sind außerdem keine Sondermaschinen, sondern für die mannigfaltigsten Aufgaben in Zeiten verwendbar, wo sie für die spezielle Aufgabe nicht benötigt werden. Das ist bei der Wahl einer Motorkleinlokomotive als Beidrückmaschine von Bedeutung, da sie in Zeiten schwächeren Verkehrs, in denen die Abdrücklokomotive das Beidrücken nebenher allein besorgen kann, noch für andere Rangierzwecke nutzbringend verwertet werden kann.

Die Rangierlokomotive wird die Beidrückarbeit stets selbst zu leisten haben, wenn das ihr Dienstplan zuläßt, da eine möglichst volle Ausnützung der für das Abdrücken der Züge unbedingt erforderlichen teureren Lokomotiven anzustreben ist. Bei modernen Anlagen wird man nach dem Vorausgegangen daher meist erst bei einer Bergbelastung von mehr als 3500 bis 4200 Wagen zu prüfen haben, ob man nach den vorliegenden Verhältnissen eine Motorkleinlokomotive oder eine zweite Abdrücklokomotive einsetzen muß; unterhalb dieser Grenze genügt für alle Arbeiten gewöhnlich eine Rangierlokomotive allein. Setzt man eine Motorkleinlokomotive ein, so kann man für das Zerlegen der Züge die Zeit gewinnen, die für das Beidrücken und für Falschläuferberichtigungen vorher erforderlich war, soweit diese Zeit gleich oder kleiner ist als die Zeit des Umfahrens und Heranfahrens des Zuges an den Ablaufpunkt. Soweit sie größer ist als diese beiden Zeiten zusammen, gewinnt man wenigstens diese letzteren

Zeiten, da die Abdrücklokomotive während des Arbeitens der Motorkleinlokomotive zurückfahren und den Zug an den Ablaufpunkt heranbringen kann.

Erfordert z. B. das Beidrücken und die Falschläuferberichtigungen für je 50 abgelaufene Wagen 6 Min., der Ablauf selbst für die gleiche Wagenzahl 6 Min. und das Umfahren nebst Heranbringen ebenfalls 6 Min., so kann durch Einsatz einer Motorkleinlokomotive die Leistungsfähigkeit des Ablaufberges bei einer Abdrücklokomotive um 50% gehoben werden, im gewählten Beispiel von einer mittleren Stundenleistung von 165 Wagen auf eine solche von 250 Wagen. Wesentlich mehr läßt sich auch nicht durch den Einsatz einer zweiten Abdrücklokomotive erreichen, wenn das Beidrücken und Falschläuferberichtigen vom Berg her vorgenommen wird. Die Leistung der Ablaufanlage kann darüber hinaus nur erhöht werden, wenn bei zwei Abdrücklokomotiven das Beidrücken und Falschläuferberichtigen von dem anderen Ende des Sammelgleises her vorgenommen, oder, wenn eine besondere Beidrückeinrichtung Verwendung findet, die während des Wagenablaufs arbeiten kann. Solche größere Leistungen werden aber nur selten erforderlich sein.

Bei älteren und ablaufdynamisch mangelhaft ausgebildeten Rangierbahnhöfen nimmt das Beidrücken wesentlich mehr Zeit (10 bis 20 Min./50 Wagen) in Anspruch. Bei ihnen kann durch den Einsatz einer Motorkleinlokomotive

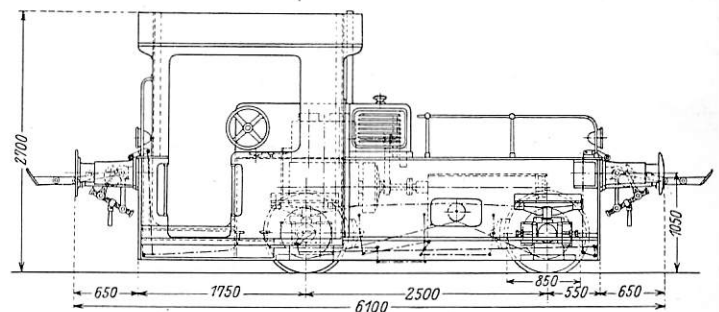


Abb. 41. Motorkleinlokomotive.

im Zusammenarbeiten mit der Abdrücklokomotive unter Umständen eine Leistungssteigerung der Ablaufanlage von 50 bis 100% erreicht werden, so daß entweder Verkehrszuwachs ohne Umbau bewältigt werden kann, oder bei gleichbleibendem Verkehr erhebliche Ersparnisse an Rangierlokomotivstunden erzielt werden können.

Die Motorkleinlokomotiven werden in den Rangierbahnhöfen ein wichtiges Verwendungsgebiet finden. Durch sorgfältig durchzuführende Betriebsaufnahmen und Betriebsvoranschläge kann man sich in jedem einzelnen Fall ein klares Bild von den Kosten und den mit dem Einsatz von Motorkleinlokomotiven erzielbaren Erfolgen machen. Da die Manöver in den Zwischenzeiten zwischen den Zugabläufen ausgeführt werden, kann sie einer der ohnehin vorhandenen Rangierer, der zum Führen der Motorkleinlokomotive leicht angelernt werden kann, ausführen, so daß keine nennenswerten Mehrkosten für Personal entstehen und nur die Kosten für Verzinsung, Tilgung, Unterhaltung (zusammen 25% der Beschaffungskosten) und Betriebsstoff (0,30 kg/PS-Stunde) der Kleinlokomotive selbst zu rechnen sind, die bei einem Anschaffungspreis von etwa 20000 *R.M.* jährlich nur 12 bis 15000 *R.M.* betragen.

Eine für solche Rangierarbeiten geeignete Motorkleinlokomotive für Regelspur zeigt Abb. 41. Sie ist mit einem 50 PS-Vergasermotor ausgerüstet, fährt mit 5 und 10 km/h unter Last, mit 15 und 30 km/h leer nach Einschaltung eines Schnellganggetriebes. Bei rund 12 t Reibungsgewicht kann sie bei 5 km/h Fahrgeschwindigkeit eine Zug- oder Druck-

kraft von etwa 2000 kg ausüben und ist imstande, Wagen-
gruppen von 200 bis 300 t in Gang zu setzen und weitere Wagen
bis zu einem Gruppengewicht von 400 bis 600 t mitzunehmen.
Sie ist damit den beim Beidrücken und Berichtigten von Falsch-
läufern auftretenden Aufgaben vollauf gewachsen und kann
bei der Einfachheit ihrer Bedienungsweise von jedem in kurzer
Zeit anlernbaren Rangierer geführt werden. Nähere Angaben
über Motorkleinlokomotiven finden sich in einer Abhandlung
von Reichsbahnpräsident Leibbrand in der Reichsbahn,
Heft 20/1930 und von Reichsbahnrat Witte und Dipl.-Ing.
Stamm in V. W. 1930, Heft 44/45*) und über Rangierloko-
motiven mit Akkumulatorenbatterien in einer solchen von
Dipl.-Ing. Landmann in V. W. 1931, Heft 11.

Wo man die Beidrückarbeit nicht in den Zwischenpausen
zwischen den Zugabläufen ausführen kann und die Nach-
behandlung der in den Sammelgleisen stehenden Wagenzüge
nicht oder nicht wirtschaftlich von der dem Ablaufberg ent-
gegengesetzten Seite aus erfolgt — letzteres kann da zweck-
mäßig und wirtschaftlich sein, wo regelmäßig eine Über-
führung der Wagenzüge von den Sammelgleisen in Ausfahr-
gleise oder zur weiteren Behandlung in Stationsgruppen statt-
findet —, kommen besondere Beidrückseinrichtungen
in Betracht. Vor ihrer Anwendung sollte man aber jedesmal
genau prüfen, ob nicht bauliche oder betriebliche Fehler der
Anlage diese Sondereinrichtungen bedingen. In solchen Fällen
wird sehr häufig die Beseitigung vorhandener Fehler betrieblich
und wirtschaftlich richtiger sein, als die Schaffung von Zusatz-
anlagen. Fällt aber nach sorgfältiger Prüfung die Entscheidung
für eine Zusatzanlage zum Beidrücken, so stehen folgende
besondere Beidrückseinrichtungen zur Wahl:

A. Beidrückseinrichtungen mit Seilzug.

Diese Einrichtungen besitzen alle nur einen beschränkten
Arbeitsbereich von etwa 200 bis 300 m Länge. Man kann „mit
ihnen daher nur in dem vorderen Teil der Sammelgleise, wo
dies allerdings auch besonders wichtig ist, arbeiten, die hier
zu früh stehengebliebenen Wagen weiterbewegen, ferner „mit
Lucke stehende“ Wagen kuppelreif zusammen- und in den
hinteren Teil des Sammelgleises weiterschieben. Um sie aber
bis ans Ende der Sammelgleise zu bringen, ist daneben noch
Lokomotivarbeit erforderlich, wo nicht die Sammelgleise in
ihrem hinteren Teil so stark geneigt sind, daß die angeschobenen
Wagengruppen (mit Bremsbedienung) unter Einwirkung der
Schwerkraft bis ans Ende laufen können. Bei Schaffung eines
solchen Gefälles in Verbindung mit einer Seilzuganlage könnte
die Beidrückarbeit der Lokomotiven — von ganz ungünstigem
Wetter abgesehen — ganz erspart werden.

Ausgeführt ist als erste größere Beidrückanlage**) mit
Seilzug im Rangierbahnhof München Ost eine Beidrückseil-
winde nach Dr. Ing. Bäseler durch die Firma E. Heckel in
Saarbrücken (Abb. 42), die im Bulletin der Internationalen
Eisenbahn-Kongreß-Vereinigung 1930, S. 417 näher beschrieben
ist. Mit ihrer Hauptwinde (12 PS) läßt sich beim Anfahren
eine Zugkraft von rund 3000 kg, von 1500 kg bei 0,4 m/sec
Seilgeschwindigkeit auf die zu bewegenden Wagen und Wagen-
gruppen ausüben, wobei mit zweiseitigem Ausziehen eine
Strecke von 300 m bedient werden kann. Das Zugseil muß
von Hand jeweils ausgezogen werden, was zeitraubend und
umständlich ist, die Arbeitsgeschwindigkeit ist gering, weshalb
die Leistungsfähigkeit der Münchener Versuchsanlage be-
schränkt ist; sie leistet bei 100 bis 200 m langen Arbeitsstrecken
etwa 600 bis 1000 Wagen im Tag. Ihre Leistungsfähigkeit

*) Dieser Abhandlung ist Abb. 41 entnommen.

**) 1926 war schon ein von der Firma Pohlitz zusammen
mit der Rangiertechnischen Gesellschaft G. m. b. H. entwickelter
Beidrückschlitten in einem Gleis des Rangierbahnhofs Hamm
erprobt worden. Diese Beidrückseinrichtung arbeitete jedoch
einfacheren Bauformen gegenüber nicht genügend wirtschaftlich.

könnte durch eine mechanische Ausziehvorrichtung für das
Zugseil gesteigert werden.

Neuerdings wird von der Gesellschaft für Oberbauforschung
und Rangiertechnik in Berlin eine Beidrückeinrichtung in
Vorschlag gebracht, die sowohl in der Handhabung wie in
der Leistungsfähigkeit der Münchener Seilwindenanlage über-
legen sein dürfte. Bei ihr läuft das Zugseil und eine am Zugseil
befestigte Laufkatze, die ein kurzes Kuppelseil mit Haken
trägt, in einer aus zwei U-Eisen gebildeten, außerhalb der
Schienen auf den Schwellen befestigten Rinne. Die Laufkatze
läuft mit vier Rädern auf den unteren Flanschen der U-Eisen
und stützt sich bei Zug nach oben mit Rollen gegen deren
obere Flanschen. Aus dem 40 mm breiten Schlitz der U-Eisen
ragt bei Leerlauf der Katze nur der am Kuppelseil befestigte
Zughaken heraus. Eine Gefährdung der Hemmschuhleger
ist durch die Führung des Zugseils in geschlossener Rinne
vermieden, die U-Eisenrinne selbst stört aber, etwa wie eine
dritte Schiene, den Querverkehr etwas. Je zwei Katzen sind
an einem endlosen über Antriebs- und Abspansscheiben ge-
führten Zugseil gegenläufig befestigt; die Treibscheiben sitzen
lose auf der durchgehenden Antriebswelle und werden nach
Bedarf mit ihr durch ferngesteuerte Klauenkupplungen ver-

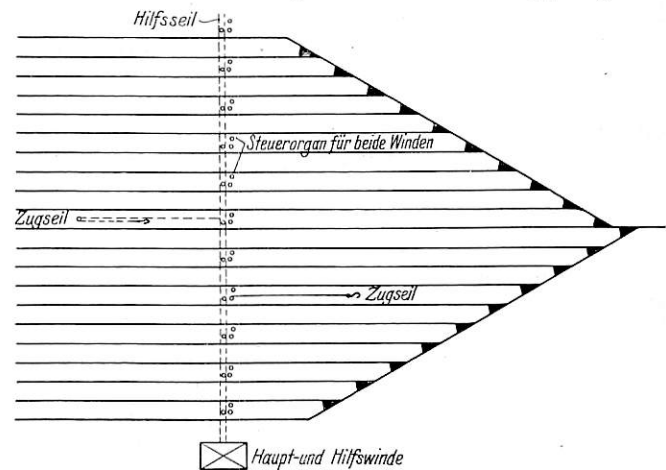


Abb. 42. Beidrückseilwinde.

bunden. Im ganzen gehören zu einer Antriebsgruppe (15 kW-
Motor) sechs bis acht Laufkatzen für ebensoviel Gleise. Die
Zughaken werden in die Rangierösen der Wagen, unter denen
die Katzen laufen, eingehängt, die geringe Schräge des Kraft-
angriffs ist unbedenklich. Die Zugkraft beträgt bei einer
Arbeitsgeschwindigkeit von 0,75 m/sec rund 2000 kg. Für ein
Spiel dieser Beidrückeinrichtung, wobei acht bis neun Wagen
bewegt werden, sind 7 Min. zu rechnen, so daß sich bei 200 m
Arbeitsstrecke in einer Sammelgruppe von 24 Gleisen, von
denen je acht zu einer Beidrückanlage zusammengefaßt sind,
in 20 Stunden etwa 4000 bis 4500 Wagen behandeln lassen.

Die Beschaffungskosten werden etwa 30000 *R.M.* für je
acht Gleise betragen. Rechnet man für Kapitaldienst und
Unterhaltung 25% der Anlagekosten, je zwei Mann Bedienung
(ein Kuppler, ein Steuermann) für jede Antriebsgruppe, und
Vollbelastung der Anlage in etwa einem Viertel der Gesamtzeit
(Strompreis 0,1 *R.M./kWh*), so kommt man für 24 Gleise auf
Jahreskosten von 60 bis 70000 *R.M.* Bei 4500 Wagen täglich
wären das 5 Rpfr./Wagen, bei geringerer Wagenzahl entsprechend
mehr.

Solche Anlagen werden insbesondere da gute Dienste
tun, wo infolge ungünstiger, aber nicht leicht zu ändernder
Ablaufverhältnisse schon bei normalem Wetter viele Wagen
im vorderen Teil der Richtungsgleise stehen bleiben und häufig
den weiteren Ablauf stören; hier ist das rasche Freimachen
der vorderen Gleisstrecken für den ganzen Betrieb besonders

wichtig. Es wäre zu begrüßen, wenn an solchen Stellen bald eine derartige Versuchsanlage geschaffen würde, damit man Erfahrungen im Betrieb damit sammeln und danach beurteilen könnte, wie weit solche Beidrückanlagen mit Seilzug für die Weiterentwicklung der Rangiertechnik (Zielbremsen auf kurze Entfernung, Räumen dieser Strecke mit Seilzuganlagen, Weiterrollen bis ans Ende der Sammelgleise in genügendem Gefälle) nutzbar gemacht werden können.

B. Beidrückanlagen mit Schleppern in den Gleiszwischenräumen.

Das Beidrücken mit Schleppern in den Gleiszwischenräumen hat den großen Vorteil, daß die Schlepper auf die ganze Länge der Sammelgleise arbeiten, daher den Lokomotiven das Beidrücken vollständig abnehmen können. Letztere haben dann nur noch die Falschläufer zu berichtigen, da dies den Schleppern unmöglich ist. Ihr Einsatz ist aber nur da möglich, wo zwischen den aufeinanderfolgenden Gleispaaren der Sammelgleise je ein von Signalmasten, Beleuchtungsmasten und sonstigen Gegenständen vollständig freier Zwischenraum bei mindestens 4,5 m Gleisabstand geschaffen werden kann. Bei diesem Gleisabstand ist der für den Schlepper zwischen den Wagenbegrenzungsprofilen freibleibende Raum, wie Abb. 43 zeigt, aber sehr beschränkt, so daß der Schlepper

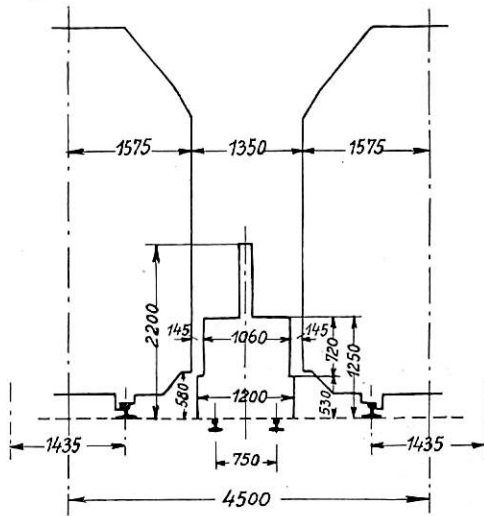


Abb. 43. Spielraum für Schlepper.

bei fester Führung höchstens 1060 mm breit sein darf, ohne solche noch schmaler zu halten ist, um ein gefährliches Anstreifen an die im Gleis stehenden Wagen zu vermeiden. Bei dem Fahren in den schmalen Zwischenräumen bleiben aber gewisse Gefahren auch für das sonstige Personal in den Sammelgleisen bestehen. In zwei verschiedenen Ausführungsformen sind bisher solche Beidrückschlepper im Betrieb verwendet.

a) Akkumulatorenschlepper auf Schmalspurgleisen in Magdeburg-Rothensee.

Die Beidrückanlage mit Akkumulatorenschlepper auf 75 cm Schmalspurgleis in Rothensee ist nach Vorschlägen von Präsident Leibbrand erbaut worden. Gemäß Abb. 44 ist zwischen die regelspurigen Sammelgleise ein am hinteren Ende der Sammelgruppe in zwei Weichenstraßen mit Ausziehgleisen zusammengefaßtes Büschel von im vorderen Teil des Sammelgleises endigenden Stumpfgleisen von 75 cm Spurweite eingeschaltet, auf denen sich der von Siemens-Schuckert gebaute Akkumulatorenschlepper (Abb. 45) bewegt. Er ist 9,8 t schwer, besitzt zwei Gleichstrommotoren von zusammen 18 PS und fährt unter Last mit 6 km/h, leer mit 14 km/h Geschwindigkeit. Der Schlepper, der sich mit Zugseil und Zughaken mit den Wagen verbindet, kann bei gutem Wetter Lasten von 150 bis 200 t aus dem Stillstand anziehen und im Anstoß bis 500 t mitnehmen; bei ungünstigem Wetter

(Schnee) sinkt seine Leistung erheblich. Ein Fahrer und ein Kuppler gehören zu jedem Schlepper.

Genaue Leistungs- und Kostenangaben dieser Beidrückanlage sind noch nicht bekanntgegeben; es handelt sich in Magdeburg-Rothensee auch um eine erste Ausführung, deren Kosten stets höher zu sein pflegen als die späteren Ausführungen. Für einen regelmäßigen Betrieb, bei dem nicht beim Ausfall des Beidrückschleppers einfach Rangierlokomotiven herangezogen werden dürfen, müßte für ein und zwei Schlepper mindestens ein Reserveschlepper vorhanden sein.

An Hand der Gleispläne, Motorenstärke, Rangiernormzeiten berechnet sich überschläglich die tägliche Beidrückleistung eines Schleppers in zwei Schichten zu je 8 Stunden auf etwa 1400, bei drei Schichten auf rund 2000 Wagen*); die Leistung wird gedrückt durch die lästigen langen Wege über die hinteren Weichenstraßen von Gleis zu Gleis. Die Beschaffungskosten eines Akkumulatorenschleppers samt Ersatzbatterien seien mit 24000 *R.M.* angesetzt. Die Beschaffungskosten von rund 10 km Schmalspurgleis von 75 cm Spurweite samt zugehörigen Weichen und Kreuzungen betragen einschließlich der Verlegekosten rund 150000 *R.M.*, für Nebenanlagen (Schuppen, Ladestation usw.) sollen 20000 *R.M.*, für Freimachen der Gleiszwischenräume 10000 *R.M.* in Rechnung gesetzt werden. Besondere Kosten für einen Umbau der Sammelgruppe sollen nicht angesetzt werden, kommen aber unter Umständen dazu.

Die Jahreskosten stellen sich dann folgendermaßen für eine Anlage mit einem Schlepper in zweischichtigem Betrieb und einem in Reserve:

1. Zwei Schlepper zu je 24000 *R.M.*
Kapitaldienst und Unterhaltung 25% 12000 *R.M.* (18000)**)
 2. Gleis- und Nebenanlagen 170000 *R.M.*
Kapitaldienst und Unterhaltung 15% 25500 „
 3. Personal zwei Mann in zwei Schichten 12000 „ (36000)
 4. Stromkosten an 300 Tagen je 100 kWh
zu 0,15 *R.M.* (Akkumulatoren) . . . 4500 „ (13500)
 5. Bauliche Umänderungen in Sammelgleisen 10000 *R.M.* zu 10% 1000 „
- zusammen: 55000 *R.M.*

Bei täglich 1400 Wagen entfallen auf jeden Wagen rund 13 *Rpf.* an Beidrückkosten. Bei dreischichtigem Betrieb und 4000 Wagen sind dauernd zwei Schlepper im Betrieb erforderlich, einer ist in Reserve zu halten; es vermehren sich dadurch die jährlichen Kosten um 39000 *R.M.* auf 94000 *R.M.*, so daß dann auf jeden Wagen rund 8 *Rpf.* an Beidrückkosten entfallen.

b) Benzinmotorschlepper auf befestigter Fahrbahn auf französischen Rangierbahnhöfen.

In einer größeren Zahl französischer Rangierbahnhöfe benutzt man seit Jahren mit Benzinmotoren angetriebene Radschlepper (Abb. 46), deren Motor 19 PS stark ist und die ein Eigengewicht von 1950 kg besitzen***). Diese Radschlepper mit Gummibereifung fahren auf mit Holzbohlen befestigten Fahrbahnen und können auf ebenfalls mit Bohlen hergestellten Querwegen an zahlreichen Stellen (50 bis 100 m Abstand) (Abb. 47) die Sammelgleise überschreiten, vermeiden daher die beim schienengebundenen Schlepper erforderlichen langen Umwege über die Weichenstraße, was für den Betrieb sehr vorteilhaft ist. Unter Last fährt der Schlepper mit 3 und 6 km/h Geschwindigkeit, rückwärts 6 km/h; er erlaubt trotz

*) Mittelwert; im Einzelfall abhängig von Gleiszahl, Gleislängen und Wagenanfall.

**) Zahlen in Klammern für dreischichtigen Betrieb mit zwei Schleppern und einem Reserveschlepper.

***): Nähere Beschreibung: Kaempff, Schlepperbetrieb in Rangierbahnhöfen. Organ 1929, S. 233.

seines geringen Gewichts, wie der Magdeburger Schlepper, 150 t Wagengewicht in Gang zu setzen, 500 t im Anstoß mit-

fähigkeit eines Schleppers beträgt in dreischichtigem Betrieb 2000 bis 2400 Wagen täglich.

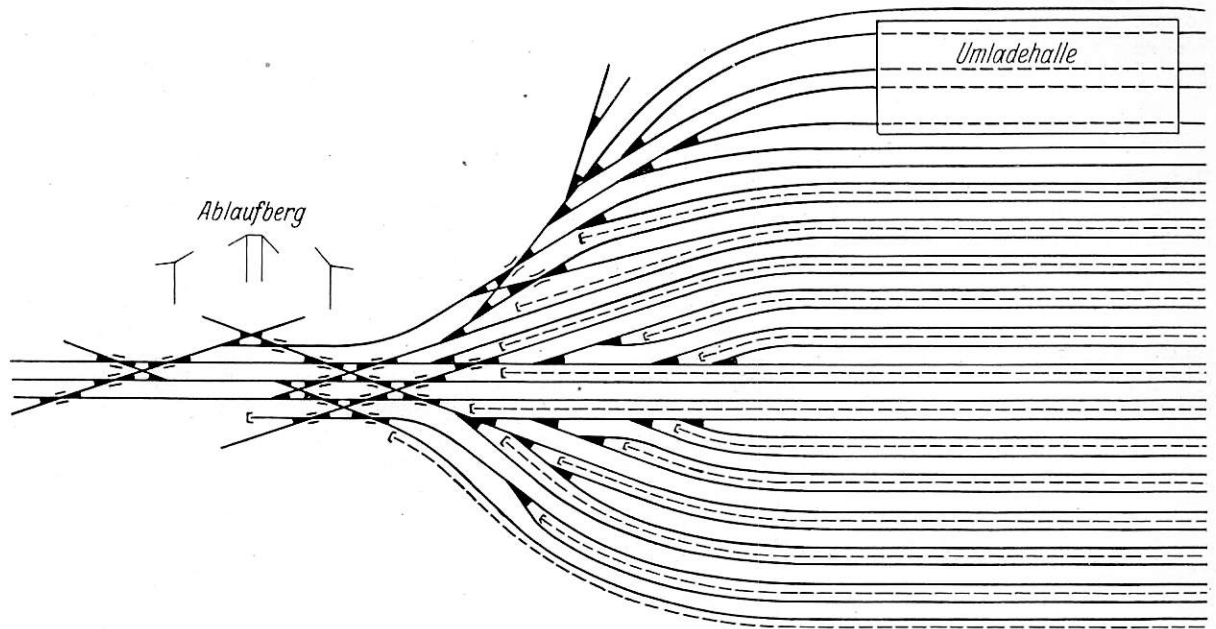


Abb. 44. Schmalspurgleisanlage

zunehmen, wobei er sich ebenfalls mit Zugseil und Zughaken an die Wagen ankuppelt. Die Radschlepper sind leicht beweg-

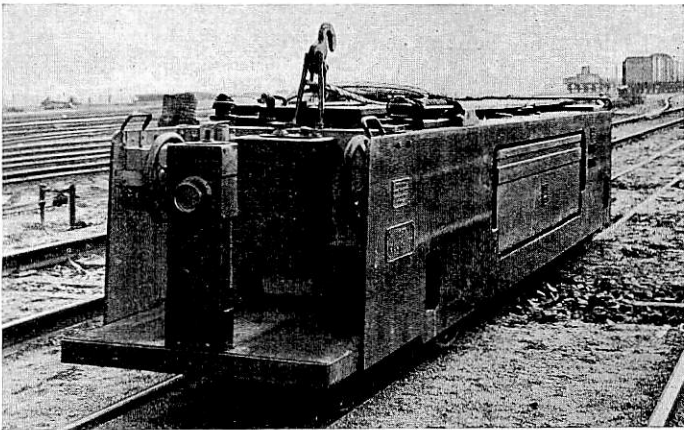


Abb. 45. Akkumulatorenschlepper Magdeburg-Rothensee.

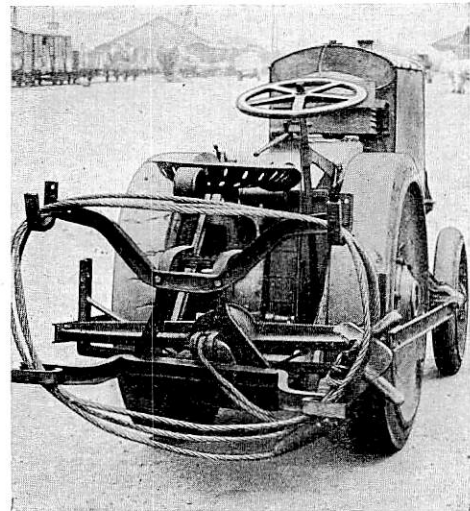


Abb. 46. Französischer Radschlepper.

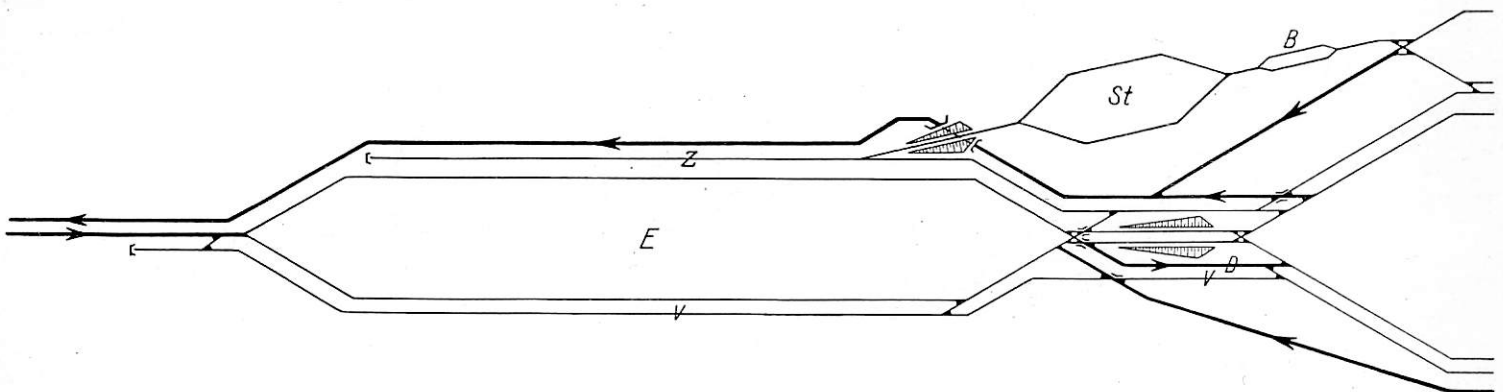
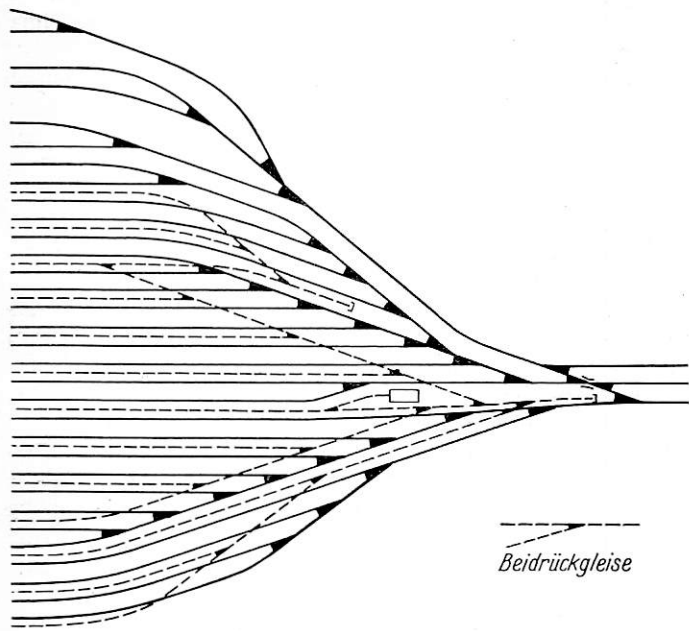


Abb. 48. Schema für einen

lich. Obwohl keine seitlichen Führungen für den 1,0 m breiten Schlepper vorhanden sind, sollen Unfälle durch Anstoßen an die Wagenreihen nicht vorgekommen sein. Die Leistungs-

Die Beschaffungskosten eines Schleppers betragen nur 12000 P.M. Im Betrieb werden für je zwei arbeitende Schlepper drei Schlepper in Reserve gehalten. Je zwei Mann gehören

zu jedem Schlepper wie in Magdeburg. Außerdem werden in Frankreich dauernd zwei Mechaniker für die Unterhaltung



für Beidrückschlepper.

der Schlepper benötigt, zwei Mann sind als Ablöser vorgesehen. Nach den französischen Angaben stellen sich die Kosten, wenn zwei Schlepper dauernd im Betrieb sind, auf 407500 frcs. *) Die darin enthaltenen hohen Kosten für Unterhaltung der Schlepper können durch bessere Herrichtung der Fahrbahn wesentlich

satz als bei Akkumulatorenlokomotiven auf Gleisen zu rechnen. Für Verhältnisse ähnlich jenen in Magdeburg würden sich die Jahreskosten bei Herstellung der Fahrbahn mit gewalzter Schotterdecke auf Gestück bei dreischichtigem Betrieb mit zwei Schleppern etwa folgendermaßen stellen:

Fünf Schlepper zu je 12000 <i>R.M.</i>	= 60000 <i>R.M.</i>
Kapitaldienst und Unterhaltung 40%	. . . 24000 <i>R.M.</i>
Fahrbahnen	100000 <i>R.M.</i>
Kapitaldienst und Unterhaltung 15%	. . . 15000 „
Nebenanlagen	20000 <i>R.M.</i>
Kapitaldienst und Unterhaltung 15%	. . . 3000 „
Betriebsstoffe je Schlepper im Betrieb 4000 <i>R.M.</i>	8000 „
Personalkosten je zwei Mann in drei Schichten je Schlepper	36000 „
Bauliche Änderungen in Sammelgleisen 10000 <i>R.M.</i> zu 10%	1000 „
zusammen: 87000 <i>R.M.</i>	

Bei 4000 täglich zu bearbeitenden Wagen entfällt auf jeden Wagen ein Kostenanteil von 7 Pfennigen, also 1 *Pf* weniger als bei schienenengebundenen Schleppern.

Wenn man die beiden Beidrückanlagen mit Schlepperbetrieb miteinander vergleicht, so besitzt die deutsche Anordnung den großen Vorteil, daß die Fahrzeuge seitlich sicher geführt sind. Wenn auch bei den französischen Anlagen bisher keine Unfälle infolge Nichtgeführtseins eingetreten sind, so wird man trotzdem gern in dieser Hinsicht ein Mehr an Sicherheit haben. Der große Vorzug der französischen Anordnung ist die leichtere Beweglichkeit ihrer Schlepper und die leichte Kreuzungsmöglichkeit der Gleise, was den Schleppern eine etwas höhere Leistungsfähigkeit gibt, ferner die Möglichkeit, die Schlepper auch außerhalb der Gleise

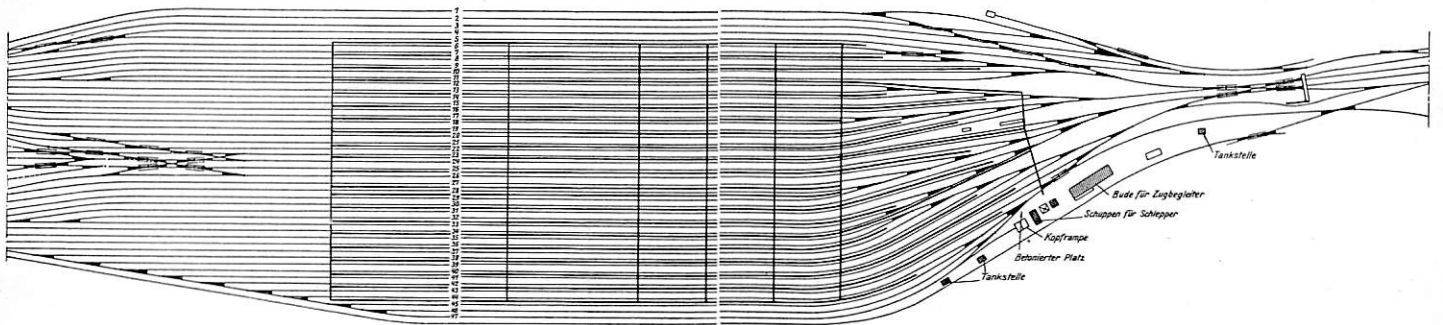
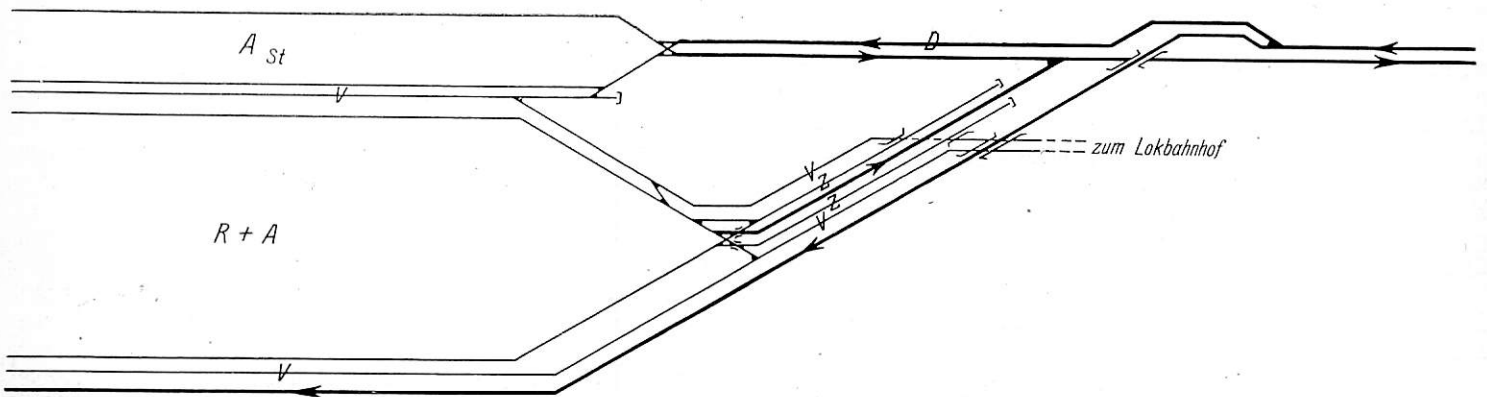


Abb. 47. Bahnhofplan Blainville.



neuartigen Rangierbahnhof.

vermindert werden, immerhin ist nach den Erfahrungen in Frankreich für Unterhaltung ein wesentlich höherer Prozent-

*) Vergl. Kaempff, Organ 1929, S. 236.

für beliebige andere Arbeiten zu verwenden, was ebenfalls bei dem schwankenden Güterverkehr sehr wertvoll ist. Die Betriebskosten sind bei der deutschen Anlage etwas höher

als bei der französischen. Erstrebenswert wäre ein Schlepper, der beim Beidrücken in einem Gleis, beim Kreuzen der Gleise auf glatten Reifen liefe und so die Betriebssicherheit des deutschen Schleppers mit der leichten Beweglichkeit und der vielseitigen Verwendungsfähigkeit des französischen verbinden würde. Diesbezügliche Arbeiten sind im Gang.

Gegenüber Beidrückenanlagen mit Seilzug sind die Kosten je Wagen bei Schlepperbetrieb etwas höher, man erspart jedoch bei letzterem im Gegensatz zu ersterem vollständig die Beidrückarbeit der Rangierlokomotiven.

Es sind noch andere Vorschläge für Beidrückeinrichtungen gemacht worden; es dürfte aber genügen, hier die meines Erachtens aussichtsreichsten Einrichtungen vorzuführen. Sehr zu wünschen wäre, daß die hier z. T. nur durch Schätzung ermittelten Leistungen, Anlage- und Betriebskosten bald durch genaue Zahlenangaben aus der Praxis ergänzt und berichtigt würden, da diese Zahlen bekannt sein müssen, wenn man die Berechtigung der Schaffung einer solchen Anlage nachweisen will. Betont sei aber hier nochmals, daß man bei ablaufdynamisch richtig durchgebildeten Anlagen in der Regel keine besonderen Beidrückenanlagen braucht.

11. Welche Rangieranlagen soll man in durchgehendes Gefälle legen?

Rangierbahnhöfe in durchgehendem Gefälle (Gefällsbahnhöfe) nach Art des Nürnberger Rangierbahnhofes mit hintereinandergeschalteten Einfahr-, Richtungs-, Stations- und Ausfahrgruppen, also Anlagen von sehr großer Länge, können nach dem heutigen Stand der Rangiertechnik höchstens noch da in Betracht gezogen werden, wo die überwiegende Mehrzahl aller zu bildenden Züge eine sorgfältige Nachbehandlung in besonderen Stationsgruppen verlangt und das Gelände für die Anlage günstig ist. Bei neueren Anlagen strebt man aber danach, solche Nachbehandlung in Stationsgruppen und Überführung in Ausfahrgruppen möglichst zu vermeiden und die Züge unmittelbar aus den Richtungsgleisen ausfahren zu lassen. Man vermehrt deshalb, was bei gutem Ablaufprofil, kurzer Gleisentwicklung und leistungsfähigen Bremsen möglich ist, die Zahl der Richtungsgleise, so daß nach der erstmaligen Zerlegung in der Regel nur noch das Zusammensetzen von Gruppen zu Zügen in Frage kommt, und benützt unter Umständen zu dem etwa noch in geringem Umfange nötigen eingehenderen Nachrangieren den hochleistungsfähig ausgebildeten Hauptablaufberg, an dem auch bei starker Belastung hierfür Zeit zur Verfügung steht, und die Spitzen der Richtungsgleise. Ist Nachbehandlung irgendwo trotzdem in größerem Umfange erforderlich, so daß Stationsgruppen nicht vollständig zu vermeiden sind, wird man von dem früher streng eingehaltenen Grundsatz, daß der Hauptablaufberg durch Nachbehandlungsmanöver in seinem Betrieb in keiner Weise gestört werden darf (Ausziehen an dem dem Ablaufberg entgegengesetzten Ende, seitlich liegende Stationsgruppen), unter Umständen abweichen können; Voraussetzung dafür ist, daß der Hauptablaufberg so leistungsfähig angelegt ist, daß zwischen den Zerlegezeiten der in die Richtungsgruppe ablaufenden Züge genügend Spielraum bleibt, um Züge gegen die Ablaufrichtung über den Hauptablaufberg von der hier arbeitenden Rangierlokomotive hochzuziehen. Man kann damit lange Überführungswege bei den nachzubehandelnden Zügen und viel Personal- und Lokomotivaufwand sparen. Es läßt sich dann z. B. die in Abb. 48 dargestellte Anlage schaffen, die keine große Länge benötigt, mehr nach der Breite entwickelt ist und sehr einfach und billig zu betreiben ist. Die in der Einfahrgruppe E ankommenden Züge werden über den Hauptablaufberg in die Gleise der Richtungsgruppe R + A verteilt. Die Mehrzahl der Züge, die entweder in einem Richtungsgleis gesammelt oder aus einigen Gruppen aus mehreren Richtungs-

gleisen zusammengesetzt werden, fahren unmittelbar aus der Richtungsgruppe aus. Ein Teil der Züge, der „stationsweise“ nachzuordnen ist, wird gegen den Hauptablaufberg in ein etwas höher gelegtes Zerlegegleis hochgezogen; von hier werden die Wagen über einen zweiten Ablaufberg in der seitlich in durchgehendem Gefälle angeordneten Stationsgruppe geordnet, worauf die in den einzelnen Stationsgleisen stehenden Wagengruppen nach einem der bis zu zwei Drittel ihrer Länge ebenfalls im Gefälle liegenden Ausfahrgleise A_{st} abrollen, hier zu Zügen zusammengekuppelt werden, die schließlich von hier unmittelbar ausfahren. Rechnet man durchschnittlich drei ankommende Züge zu 50 Wagen in der Stunde, die am Hauptablaufberg zerlegt werden, wozu einschließlich Beidrücken, Falschläuferberichtigen, Zusammenstellen von Wagengruppen — soweit letzteres nicht die Zuglokomotive übernimmt —, Umfahren und Heranführen an den Ablaufpunkt bei einer Abdrücklokomotive je 15 Min. erforderlich seien, so bleiben in 20 Betriebsstunden 300 Min. Zwischenzeit am Hauptablaufberg frei, so daß bei einem Zeitbedarf für Überführen und Zerlegen der nachzubehandelnden Züge von je 20 Min. täglich 15 Züge, also ein Viertel aller ankommenden Züge in der Stationsgruppe nachbehandelt werden kann. Dabei ist mit einer Rangierlokomotive für alle Rangierarbeiten auszukommen, da das Überführen und Zusammensetzen der stationsweise geordneten Wagen in den Ausfahrgleisen A_{st} ohne Rangierlokomotive, lediglich unter Einwirkung der Schwerkraft erfolgt. Hat man neben der einen Rangierlokomotive noch eine Motorkleinlokomotive für Beidrücken, Falschläuferberichtigen, Gruppensammeln, so können noch mehr Züge in der Stationsgruppe behandelt werden oder man gewinnt etwas mehr Spielraum, was bei Unregelmäßigkeiten wertvoll ist.

Das angeführte Beispiel soll zeigen, daß die erhebliche Steigerung der Leistungsfähigkeit des Hauptablaufberges und die starke Verkürzung der Beidrückzeiten durch ablaufdynamisch richtige Durchbildung der Zerlegeanlagen neue Möglichkeiten für die Ausgestaltung der Rangierbahnhöfe schaffen, die zusammen mit der Ausnützung von Vorteilen, die das „durchgehende Gefälle“ bietet, zu Formen führen können, die von den bisherigen wesentlich abweichen.

Die Rücksicht auf die Betriebskosten, die man bei den früheren auf dem Papier sehr schön sich ausnehmenden klar gegliederten, aber vielfach unnötig großen Rangierbahnhöfen leider meist zu wenig nahm, wird zu solch neuen Formen führen, die Belastung und Leistungsfähigkeit in ein angemessenes Verhältnis setzen und eine intensive Ausnutzung und billigen Betrieb der Anlage ergeben.

Dabei wird man das, was man an den Anlagen in durchgehendem Gefälle als wirklich vorteilhaft erkannt hat, benützen. Vorteilhaft ist bei durchgehendem Gefälle einmal, daß die Züge und Wagen ohne teure Lokomotivarbeit an den Ablaufpunkt herangeführt und von einer Gruppe zur anderen gebracht werden können, zum anderen, daß das Zusammenstellen von Zügen aus mehreren Gleisen, das bei Lokomotivbetrieb nur mit oftmaligem, lästigem „Sägen“ ausgeführt werden kann, in einfacher Weise durch freies Abrollenlassen der Gruppen aus den verschiedenen Gleisen erfolgen kann.

Wie für das Heranführen der Züge an den Ablaufpunkt eine parabolische Gefällsgestaltung in den Zuführungsgleisen auszunützen ist, wurde im Abschnitt 8 dargelegt. Für die Richtungsgleise kommt Gefällslage nicht in Frage, wenn sie — was meist zweckmäßig ist — gleichzeitig als Ausfahrgleise benützt werden. Besonders vorteilhaft ist aber die Gefällslage für die Gleise der Stationsgruppe und für die an sie anschließenden Sammelgleise, die gleichzeitig als Ausfahrgleise benutzt werden sollten. Man sollte daher vorhandene Stationsgruppen darauf prüfen, ob sie nicht nachträglich

in Gefällslage gebracht werden können, wodurch Betriebskosten erspart und die Leistungsfähigkeit gehoben werden kann, wie ich das in meiner Abhandlung „Über die Ausgestaltung der Verschiebebahnhöfe“ 1919 in einem Beispiel von Mannheim gezeigt habe. Neue Stationsgruppen und die anschließenden Sammelgleise sollte man aus diesen Gründen in der Regel in durchgehendes Gefälle legen; die Leistungsfähigkeit einer solchen Stationsgruppe ist doppelt so hoch als einer flachliegenden und zwei Drittel der bei letzterer erforderlichen Lokomotivstunden werden erspart. Ob man, um noch mehr Lokomotivstunden zu sparen, auch das zur Stationsgruppe gehörige Zerlegegleis als Abrollgleis mit parabolischem Gefälle*) ausstatten soll oder nicht, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab, insbesondere davon, ob das Hinaufdrücken in das hochliegende und gerade im Anfang steile Zerlegegleis mit der vorhandenen Lokomotivkraft erfolgen kann oder nicht. Ist das der Fall, so wird die Anlage eines Abrollgleises als Zerlegegleis für die Stationsgruppe in der Regel vorteilhaft sein, da die Hochlegung eines einzelnen Gleises im allgemeinen nicht sehr teuer ist. Wäre in Abb. 48 das Zerlegegleis als Abrollgleis ausgebildet, so erforderte die Überführung dahin höchstens 12 Lokomotivminuten, so daß nicht nur 15, sondern bis 25 Züge in der einen Stationsgruppe bei im Mittel 3 in der Stunde eintreffenden Zügen (also 60 Zügen in 20 Std.) in der Stationsgruppe nachbehandelt werden könnten. Die Nachbehandlung eines Zuges von 50 Wagen erfordert in einer solchen Stationsgruppe für Ablauf, und Sammeln zusammen höchstens 30 Min., so daß auch bei starkem Nachbehandlungsbedürfnis mit einer Stationsgruppe auszukommen ist.

Ordnet man auch die Einfahrgruppe in parabolischem Abrollgefälle an, so kann mit einer im Grundriß nach Abb. 48 gestalteten Anlage bei einer reinen Zerlegezeit von 6 bis 7 Min. für 50 Wagen und 3 Min. Zeit für Beidrücken und Falschläuferberechtigten eine stündliche Zerlegeleistung von 250 Wagen am Hauptablaufberg und 50 Wagen in der Stationsgruppe oder 200 Wagen am Hauptablaufberg und 100 Wagen in der Stationsgruppe, also sehr hohe Leistungen, bei einfacher Bahnhofsgestaltung erreicht werden. Hierbei ist im Rangierbahnhof mit einer Rangierlokomotive, die noch Zeit für andere Arbeiten (Bedienung von Gleisanschlüssen, Umladehalle usw.) hat, auszukommen; auch fällt viel Personal weg, das für das Überführen der Züge in Bahnhöfen mit durchgehendem Gefälle nach Nürnberger Muster erforderlich ist.

Durchgehendes Gefälle ist daher wohl für gewisse Teile der Rangierbahnhöfe sehr vorteilhaft, einheitlich durch den ganzen Bahnhof durchgeführt, wie in Nürnberg, wird es wohl kaum mehr werden.

12. Wie schützt man sich vor falschen Techniken?

Die Ausführungen der vorangegangenen Abschnitte, insbesondere des letzten, zeigen, daß sich die Rangiertechnik in vielen Beziehungen von dem früher Gebräuchlichen losgemacht hat und daß sich der moderne Rangierbahnhof von den noch vor kurzem als Muster geltenden Anlagen technisch und betrieblich wesentlich unterscheidet. Neben der Rangiertechnik hat sich auch die Rangierwirtschaft stark entwickelt, die für die Weiterentwicklung das feste Fundament abgeben muß. In meiner Abhandlung „Die bauliche Ausgestaltung der Rangierbahnhöfe“, V. W. 1919, war erstmals der Versuch gemacht worden, die Rangiervorgänge bei verschiedenartigen

*) Dies kann hier wesentlich flacher als in den Zerlegegleisen am Hauptablaufberg sein, da die Wagenzüge hier nicht länger stehen, daher der Anlaufwiderstand geringer ist.

baulichen Anordnungen zeitlich zu erfassen und den erforderlichen Lokomotiv- und Personalaufwand festzustellen, um Grundlagen für Vergleiche zu schaffen und für bestimmte Aufgaben die entsprechende Ausgestaltung zu finden. Seither ist auf diesem Gebiet sehr viel geleistet worden. So ist von Reichsbahndirektor Dr. Ing. Tecklenburg der Betriebskostenfrage der Rangierbahnhöfe besondere Aufmerksamkeit und wertvolle Arbeit gewidmet worden, auf Grund deren heute eine regelmäßige Nachweisung der Rangierkosten aller größeren Rangierbahnhöfe vorliegt, die wichtige Feststellungen und Vergleiche ermöglicht. Weiter sind von Reichsbahnrat Dr. Ing. Frölich bei der Reichsbahndirektion Essen sehr eingehende Untersuchungen auf dem Gebiet der Rangierwirtschaft durchgeführt worden, über deren Ergebnisse seine Abhandlung „Die methodische Durchforschung der Rangierbahnhöfe und ihre innere Organisation“, Ztg. d. V. D. E. 1931, Heft 20, berichtet.

Die von Dr. Ing. Frölich ausgearbeiteten Methoden (Betriebsaufnahme, Betriebsvoranschläge, Betriebskontrolle) gewähren einen außerordentlich tiefen Einblick in den ganzen Produktionsprozeß der Rangierbahnhöfe, für die sie, ähnlich wie in der Industrie, die Selbstkosten in stets nachkontrollierbarer Form zu ermitteln gestatten. Durch die Zerlegung des ganzen Produktionsvorgangs in einzelne Arbeitsaufträge, deren tatsächlicher Aufwand an Zeit und Geld zunächst im Betrieb festgestellt und dann auf Grund methodischer Durchforschung für verschiedenartige Verhältnisse genormt werden, ist es möglich geworden, die Güte vorliegender Betriebsverhältnisse zu beurteilen, Verbesserungsvorschläge zu machen und mit Voranschlägen die Auswirkung betrieblicher und baulicher Verbesserungsvorschläge geldlich nachzuweisen und nach Durchführung rechnungsmäßig nachzukontrollieren. Damit ist die für eine gesunde technische und betriebliche Weiterentwicklung unserer Bahnhöfe notwendige Grundlage dafür geschaffen, daß der Entwurfsbearbeiter die betriebliche und geldliche Auswirkung seiner Vorschläge zahlenmäßig darzulegen vermag und daß durch eine sachgemäße Nachkontrolle die Richtigkeit seiner Angaben geprüft werden kann. Das fehlte bisher fast ganz. Verlangt man bei allen Entwürfen diese Unterlagen, so wird dies den wirksamsten Schutz gegen unwirtschaftliche Vorschläge und schlechte Techniken bilden.

In solchen „Erfolgsvoranschlägen“ können aber nur technische Maßnahmen und technische Einrichtungen aufgenommen werden, deren „Nutzwert“ schon im Betrieb festgestellt ist. Bei jeder Neuanlage ist daher die baldige Feststellung ihres Nutzwertes (Leistungsfähigkeit, Kosten, Normzeiten) von besonderer Wichtigkeit. Alle neuen Techniken, von denen dieser Nutzwert noch nicht einwandfrei festgestellt ist, müssen bis dahin als „Versuche“ betrachtet und bewertet werden. Sind sie aus dem Versuchsstadium heraus, so muß für sie volle Leistungs- und Kostengarantie verlangt werden.

Schlußwort.

Wenn ich mich in dieser Abhandlung bemüht habe, soweit das mir möglich war, Angaben über Leistungen und Kosten verschiedenartiger Einrichtungen und Betriebsweisen zu geben, so bin ich mir wohl bewußt, daß diese noch mancher Ergänzung bedürfen, ich wollte aber diese meines Erachtens wichtigen Fragen einmal zur Diskussion stellen. Es ist notwendig, daß für die Beurteilung dieser für die Praxis entscheidenden Fragen möglichst bald ganz einwandfreie Unterlagen geschaffen werden, die wichtiger sind, als langatmige Beschreibungen ausgeführter Anlagen ohne Angabe ihres Nutzwertes.

Angenäherte Berechnung der Knicksicherheit eines gekrümmten lückenlosen Gleises.

Von Privatdozent Dr. Ing. v. Gruenewaldt, Karlsruhe.

In einem früheren Aufsatz*), der im folgenden als bekannt vorausgesetzt wird, ist die Knicksicherheit eines geraden lückenlosen Gleises behandelt worden, wobei das Gleisgewicht ermittelt wurde, das mindestens erforderlich ist, damit bei gegebenen Längskräften ein Ausknicken des Gleises nach oben nicht erfolgen kann. Ferner wurde untersucht, wie groß der Widerstand des Gleises gegen seitliches Verschieben sein muß, um ein seitliches Ausknicken zu verhindern.

Diese Berechnung läßt sich unter gewissen Voraussetzungen, die den tatsächlichen Verhältnissen nahe kommen, auch auf schwach gekrümmte Gleise**) ausdehnen, wobei vorausgesetzt wird, daß der Bogen so flach ist, daß seine Krümmung

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{dx^2}$$

gesetzt werden kann.

Solche Bögen in der Vertikalebene sind die konvexen oder konkaven Gefällsausrundungen, die hier zunächst betrachtet werden sollen.

Im folgenden bezeichne:

P_t = die in dem nicht ausgebogenen Teil des Gleises herrschende Achsenkraft in kg ($P_t = \alpha E F \Delta l$),

P_e = die im ausgebogenen Teil des Gleises herrschende Achsenkraft in kg ($P_t > P_e > 0$),

p = den Widerstand des Gleises gegen Längsverschiebung in kg/cm,

g = das Gewicht des Gleises in kg/cm,

E = die Elastizitätszahl in kg/cm²,

F = den doppelten Schienenquerschnitt in cm²,

J = das Trägheitsmoment des Gleises, bezogen auf die waagerechte Schwerachse in cm⁴ = dem doppelten Trägheitsmoment der Schiene,

l = die Länge der Sehne der Biegelinie des ausgebogenen Teils des Gleises in cm,

λ_1 = die Verlängerung des sich ausbiegenden Teils des Gleises infolge der Entspannung von P_t auf P_e in cm

$$\lambda_1 = \frac{(P_t - P_e) l}{EF} \text{***),}$$

L = die Länge des nicht ausgebogenen Teils des Gleises in cm,

λ_2 = die Verlängerung des nicht ausgebogenen Teils des Gleises in cm = der Verkürzung der ursprünglichen Bogenlänge im ausgebogenen Teil des Gleises,

Δl = den Unterschied zwischen Bogenlänge des ausgebogenen und des nicht ausgebogenen Gleises in cm
 $\Delta l = \lambda_1 + \lambda_2$,

f = die größte Ausbiegung aus der Ursprungslage in der Mitte der Länge l in cm,

R = den Halbmesser des ursprünglichen Bogens in cm,

*) Organ 1931, S. 109 ff.; s. auch Organ 1931, S. 298.

**) Es muß ausdrücklich betont werden, daß ebensowenig wie ein langer, schlanker, gerader Stab auf reinen Druck berechnet werden kann, eine Berechnung eines schlanken gekrümmten Gleises auf Grund der Formel

$$p = \frac{P_t}{R}$$

möglich ist.

***) Genau ist: $\lambda_1 = \frac{(P_t - P_e) \cdot s}{EF}$, wo $s = l + \frac{l^3}{24 R^2}$ die Länge des ursprünglichen Bogens bedeutet. Bei einigermaßen flachen Bögen beträgt der Unterschied zwischen s und l nur wenige Promille (bei $R = 500$ m z. B. rund 2‰), so daß, um die Rechnung zu vereinfachen, l statt s gesetzt werden kann.

x, y = die Koordinaten eines Punktes der Biegelinie des ausgebogenen Gleises, wobei der Koordinatenanfangspunkt am linken Ende des ausgebogenen Teils der Schiene liegt,

y_1 = die Ordinate des Bogens der Gefällsausrundung in cm,

y_2 = die Ordinate des ausgebogenen Gleises über dem ursprünglichen Bogen in cm.

Dann ist die Ordinate der Biegelinie des ausgebogenen Gleises

$$y = y_2 \pm y_1 \dots \dots \dots 1)$$

Bei einem flachen Bogen ist sehr genau

$$y_1 = \frac{(1-x)x}{2R} \dots \dots \dots 2)$$

Unter der Wirkung der Längskraft P_t biegt sich ein Teil des Gleises aus dem ursprünglichen Bogen heraus, wie in Abb. 1 und 2 dargestellt ist.

Es wird nun angenommen, daß die Ordinate des ausgebogenen Gleises über dem ursprünglichen Bogen

$$y_2 = f \cdot \sin^2 \frac{\pi x}{l} = \frac{f}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right) \dots \dots 3)$$

ist, also gleich der Ordinate der Biegelinie des aus der Geraden ausgebogenen Gleises ist (vergl. Gleichung 3) auf Seite 110).

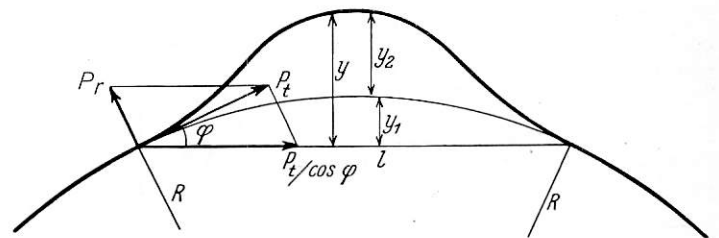


Abb. 1.

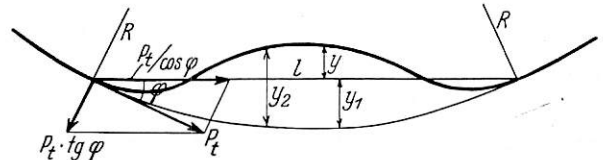


Abb. 2.

Damit lautet die Gleichung der Biegelinie:

$$y = \frac{f}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right) \pm \frac{(1-x)x}{2R} \dots \dots 1')$$

wobei das obere Vorzeichen für die konvexe Gefällsausrundung, das untere für die konkave gilt.

Modellversuche in kleinem Maßstab haben gezeigt, daß bei flachen Bögen die Biegelinie tatsächlich recht genau dieser Gleichung 1') entspricht.

Die tangential wirkende Längskraft P_t wird in zwei Komponenten zerlegt: eine Horizontalkraft

$$P_h = \frac{P_t}{\cos \varphi} \approx P_t \dots \dots \dots 4)$$

und eine radial gerichtete Kraft

$$P_r = P_t \operatorname{tg} \varphi \approx P_t \sin \varphi = \frac{P_t l}{2R} \dots \dots \dots 5)$$

Diese Kraft P_r erzeugt kein Biegemoment im ausgebogenen Teil des Gleises, sondern vermindert oder vermehrt nur den Widerstand des nicht ausgebogenen Gleises gegen Längsverschiebung, der jetzt nicht mehr $p \cdot z_0'$ jederseits des ausgebogenen Gleisstücks, sondern bei einem Reibungsbeiwert gleich 1*) $p \cdot z_0' \mp P_r$ beträgt.

*) Vergl. Organ 1929, S. 472.

Entsprechend den Ausführungen für das gerade Gleis (Seite 111) ist nun die Länge des sich beiderseits des ausgebogenen Gleisstücks dehrenden Gleises*)

$$L = \frac{P_t - P_e \pm P_r}{p} \dots \dots \dots 6)$$

Der Unterschied zwischen Bogenlänge des ausgebogenen und des nicht ausgebogenen Gleises ist

$$\Delta l = \lambda_1 + \lambda_2 = (1 + L) \frac{P_t - P_e}{EF} \dots \dots \dots 7)$$

entsprechend den Gleichungen 1), 2) und 5) der Untersuchung über das gerade Gleis.

$$1 + L = 1 + \frac{P_t - P_e \pm \frac{P_t l}{2R}}{p} = \frac{1}{p} \left[l \left(p \pm \frac{P_t}{2R} \right) + (P_t - P_e) \right]$$

Wird gesetzt

$$p \pm \frac{P_t}{2R} = p'$$

so ergibt sich der Längenunterschied

$$\Delta l = \frac{1}{p EF} [(P_t - P_e) l p' + (P_t - P_e)^2] \dots \dots \dots 7')$$

entsprechend der Gleichung 25) der Untersuchung über das gerade Gleis.

Das Kräftespiel zwischen der Horizontalkraft $P_h \approx P_t$ und dem Gleisgewicht $g \cdot l$ ist das gleiche wie beim Ausbiegen aus der geraden Anfangslage, so daß hier gleichfalls

$$M = \frac{d^2 y}{dx^2} \cdot E \cdot J$$

gesetzt werden kann.

Wie ohne weiteres ersichtlich, wird das Gleisgewicht beim Ausbiegen aus der gekrümmten Anfangslage auf die Höhe

$$y_2 = \frac{f}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{l} \right)$$

gehoben, ebenso wie beim geraden Gleis.

Beim Ausbiegen aus dem gekrümmten Gleis muß, damit nach dem Ausbiegen ein Gleichgewicht möglich ist, die Arbeit der äußeren Kräfte gleich der Arbeit der inneren Kräfte bei diesem Vorgang sein; es gilt also wie beim geraden Gleis die Arbeitsgleichung

$$A_p - A_h = A_b - A_d \dots \dots \dots 8)$$

wo wie bisher bedeutet:

A_p = die Arbeit infolge der Verschiebung der Achsenkraft, die dabei von P_t auf P_e abnimmt, um den Weg λ_2 ;

A_h = die Arbeit der Hebung des Gleisgewichts auf die Höhe der Biegelinie;

A_d = die freiwerdende innere Arbeit infolge der Abnahme der Achsenkraft in den ausgebogenen Schienen von P_t auf P_e ;

A_b = die Biegearbeit.

Auf Grund der vorstehenden Betrachtungen kann die Arbeitsgleichung entsprechend der Gleichung (8) der Untersuchung des geraden Gleises geschrieben werden:

$$\frac{P_t + P_e}{2} \Delta l - \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M^2}{EJ} dx = \int_0^l g \cdot y_2 dx \dots \dots \dots 9)$$

Die Längenänderung des Bogens ist

$$\Delta l = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 dx - \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy_1}{dx} \right)^2 dx \dots \dots \dots 10)$$

Hier ist das erste Integral der Unterschied zwischen der Länge der Biegelinie und der Sehnenlänge, das zweite Integral der Unterschied zwischen der Länge des Ausrundungsbogens und der Sehnenlänge.

*) Vergl. auch Organ 1929, S. 240 Gleichung 3) (statt $a EF \Delta l$ steht jetzt $P_t - P_e$ und statt P steht $\mp P_r$).

Nach Einsetzen der Werte für die Differentialquotienten ergibt sich der Längenunterschied:

$$\Delta l = \frac{1}{2} \int_0^l \left[\frac{f^2 x^2}{l^2} \sin^2 \frac{2\pi x}{l} \pm \frac{1-2x}{R} \cdot \frac{f\pi}{l} \sin \frac{2\pi x}{l} + \frac{(1-2x)^2}{4R^2} \right] dx - \frac{1}{2} \int_0^l \frac{(1-2x)^2}{4R^2} dx$$

und nach der Integration:

$$\Delta l = \frac{\pi^2 f^2}{4l} \pm \frac{fl}{2R} \dots \dots \dots 10')$$

woraus der größte Ordinatenunterschied zwischen Biegelinie und Anfangsbogen zu

$$f = \mp \frac{l^2}{R\pi^2} + \sqrt{\frac{l^4}{R^2\pi^4} + \frac{4 \cdot l \Delta l}{\pi^2}} \dots \dots \dots 11)$$

bestimmt wird.

Die Biegearbeit ist

$$A_b = \frac{EJ}{2} \int_0^l \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 dx = \frac{EJ}{2} \int_0^l \left(\frac{2f\pi^2}{l^2} \cos \frac{2\pi x}{l} \mp \frac{1}{R} \right)^2 dx = \frac{EJ}{2} \left(\frac{2f^2\pi^4}{l^3} + \frac{1}{R^2} \right) \dots \dots \dots 12)$$

Die Hebarbeit ist wie beim Ausbiegen aus dem geraden Gleis

$$A_h = \frac{gfl}{2} \dots \dots \dots 13)$$

Nach Einsetzen dieser Werte in die Arbeitsgleichung 9) lautet sie

$$\frac{P_t + P_e}{2} \Delta l - \frac{EJ}{2} \left(\frac{2f^2\pi^4}{l^3} + \frac{1}{R^2} \right) = \frac{gfl}{2} \dots \dots \dots 14)$$

Nach Einsetzen des Ausdrucks $\Delta l \cdot P_k$ für

$$\frac{4\pi^2 EJ}{l^2} \left(\frac{\pi^2 f^2}{4 \cdot l} \pm \frac{fl}{2R} \right),$$

wo $P_k = \frac{4\pi^2 EJ}{l^2}$ die Eulersche Knickkraft für einen beiderseits eingespannten Stab darstellt, ergibt sich das zur Verhinderung des Ausknickens erforderliche Gleisgewicht

$$g = (P_t + P_e - 2P_k) \frac{\Delta l}{fl} \pm \frac{4\pi^2 EJ}{Rl^2} - \frac{EJ}{fR^2} \dots \dots \dots 15)$$

Dieser Ausdruck für das erforderliche Gleisgewicht unterscheidet sich von dem für das gerade Gleis gefundenen durch die beiden letzten Glieder.

Nach Einsetzen der Werte für f aus Gleichung 11) und für Δl aus Gleichung 7') sowie Ersatz von $P_t - P_e$ durch x wird das erforderliche Gleisgewicht

$$g = \frac{\pi}{l} \cdot \frac{x}{pEF} \left(2P_t - x - \frac{8\pi^2 EJ}{l^2} \right) \left(p' + \frac{x}{l} \right) - \frac{EJ}{R^2} \pm \frac{4\pi^2 EJ}{Rl^2} \dots \dots \dots 15')$$

Um den Höchstwert des erforderlichen Gleisgewichtes g zu bestimmen, müßte nach P_e (oder x) und l differenziert werden; die Differentialquotienten wären gleich Null zu setzen. Eine Durchführung dieser Berechnung würde zu überaus verwickelten und unhandlichen Ausdrücken führen, es soll daher, ebenso wie bei der Untersuchung des geraden Gleises mit Berücksichtigung der Reibung, auf die Durchführung der Berechnung in allgemeiner Form verzichtet werden und nur numerisch für das Gleis aus Schienen S 49 gerechnet werden.

Hierbei werden die Sehnenlänge der Biegelinie l und das erforderliche Gleisgewicht g für verschiedene Krümmungshalbmesser R und verschiedene Werte von $x = \alpha \cdot P_t$ bestimmt, wobei α zwischen 0 und 1 liegt (vergl. Seite 112).

Zur Bestimmung der Länge l wird durch Differenzieren von g aus Gleichung 15') nach l und Gleichsetzen des Differentialquotienten mit Null die Gleichung gefunden:

$$\left(\mp \frac{1}{R\pi} + \sqrt{\left(\frac{l}{R\pi}\right)^2 + \frac{4x}{pEF}\left(p' + \frac{x}{l}\right)} \right) \left\{ \frac{x}{pEF} \left[\left(p' + \frac{x}{l}\right) \left\{ \frac{16\pi^2 EJ}{l^2} - \left(2P_t - x - \frac{8\pi^2 EJ}{l^2}\right) \right\} - \frac{x}{l} \left(2P_t - x - \frac{8\pi^2 EJ}{l^2}\right) \right] + \frac{EJ}{R^2} \right\} =$$

$$= \left[\frac{x}{pEF} \left(2P_t - x - \frac{8\pi^2 EJ}{l^2}\right) \left(p' + \frac{x}{l}\right) - \frac{EJ}{R^2} \right] \left(\mp \frac{1}{R\pi} + \frac{\left(\frac{l}{R\pi}\right)^2 - 2 \cdot \frac{x}{pEF} \cdot \frac{x}{l}}{\sqrt{\left(\frac{l}{R\pi}\right)^2 + \frac{4x}{pEF}\left(p' + \frac{x}{l}\right)}} \right) \pm$$

$$\pm \frac{8\pi^2 EJ}{l^2} \cdot \frac{1}{R\pi} \left[\mp \frac{1}{R\pi} + \sqrt{\left(\frac{l}{R\pi}\right)^2 + \frac{4x}{pEF}\left(p' + \frac{x}{l}\right)} \right]^2 \dots \dots \dots 16)$$

Da diese Funktion von l sehr kompliziert ist, müßten zur Bestimmung von l recht viele Werte ausgerechnet werden — es erscheint einfacher, auf diese Rechnung zu verzichten und die Größtwerte des erforderlichen Gleisgewichtes unmittelbar zu berechnen, was nur wenig ungenauer ist, insofern als die Sehnenlänge l nur in ganzen Metern in die Gleichung 15') eingesetzt wird.

Das Gleisgewicht g ist bei Sehnenlängen l von 25 bis 32 m und bei $x = 0,9 P_t$, $x = 0,8 P_t$, $x = 0,7 P_t$, $x = 0,6 P_t$, $x = 0,5 P_t$, für Radien $R = 2000$ m, $R = 1000$ m, $R = 500$ m (konvexe Kurve), $R = -2000$ m, $R = -1000$ m, $R = -500$ m (konkave Kurve) berechnet worden*).

Die Berechnung ergab folgende Höchstwerte des erforderlichen Gleisgewichtes:

- Konvexe Kurve $R = 2000$ m $g = 280$ kg/m bei $l = 26$ m
- $= 1000$ m $g = 316$ kg/m bei $l = 26$ m
- $= 500$ m $g = 393$ kg/m bei $l = 26$ m
- Konkave Kurve $R = -2000$ m $g = 214$ kg/m bei $l = 30$ m
- $= -1000$ m $g = 184$ kg/m bei $l = 30$ m
- $= -500$ m $g = 128$ kg/m bei $l = 31$ m

Diese Werte sind in Abb. 3 graphisch dargestellt.

In einer konkaven Gefällsausrundung genügt also ein kleineres Gleisgewicht als in der Geraden, um ein Ausknicken nach oben zu verhindern. Bei der konvexen Gefällsausrundung dagegen ist hierzu ein größeres Gleisgewicht erforderlich als in der Geraden. Bei den großen Halbmessern der Ausrundungsbögen ist der Unterschied allerdings nicht bedeutend.

- In der Geraden $R = \infty$ muß das Gleisgewicht $g = 246$ kg/m sein
- In einer Kurve $R = 5000$ m muß das Gleisgewicht $g = 258$ kg/m**) sein
- $R = 4000$ m „ „ „ $g = 261$ kg/m**) „
- $R = 3000$ m „ „ „ $g = 266$ kg/m**) „

Das sind 4,9%, 6,1% und 8,1% notwendiges Mehrgewicht gegenüber dem in der Geraden erforderlichen Gleisgewicht. Da stets ein gewisser Sicherheitsfaktor gegen Ausknicken vorhanden sein muß, sind diese Unterschiede praktisch bedeutungslos.

Anders liegen die Verhältnisse bei horizontalen Krümmungen, die sehr viel kleinere Halbmesser aufweisen.

Ebenso wie bei der Betrachtung des geraden Gleises wird angenommen, daß das Trägheitsmoment des Gleises bezogen auf die senkrechte Schwerachse gleich dem Trägheitsmoment des Gleises bezogen auf die waagerechte Schwerachse ist ($J_1 = J$). Dann ergibt sich nach Vorstehendem der Widerstand

*) Die sehr umfangreiche Rechnung ist von Herrn Dipl.-Ing. Quarek durchgeführt worden, wofür ihm bestens gedankt sei. Ebenso wie bei der Berechnung des geraden Gleises ist hier:
 $P_t = 140\,000$ kg,
 $E = 2\,100\,000$ kg/cm²,
 $F = 124,56$ m²,
 $J = 3562$ cm⁴,
 $p = 10$ kg/cm.
 **) Durch Interpolation aus Abb. 3 bestimmt.

gegen seitliche Verschiebung p_v *, der notwendig ist, um ein Ausknicken des Gleises in der Richtung vom Mittelpunkte zu verhindern, zu:

- $p_{va} = 559$ kg/m bei $R = 2000$ m
- $p_{va} = 632$ kg/m bei $R = 1000$ m
- $p_{va} = 785$ kg/m bei $R = 500$ m
- und um ein Ausknicken zum Mittelpunkte zu verhindern, zu:
- $p_{vi} = 427$ kg/m bei $R = 2000$ m
- $p_{vi} = 368$ kg/m bei $R = 1000$ m
- $p_{vi} = 256$ kg/m bei $R = 500$ m

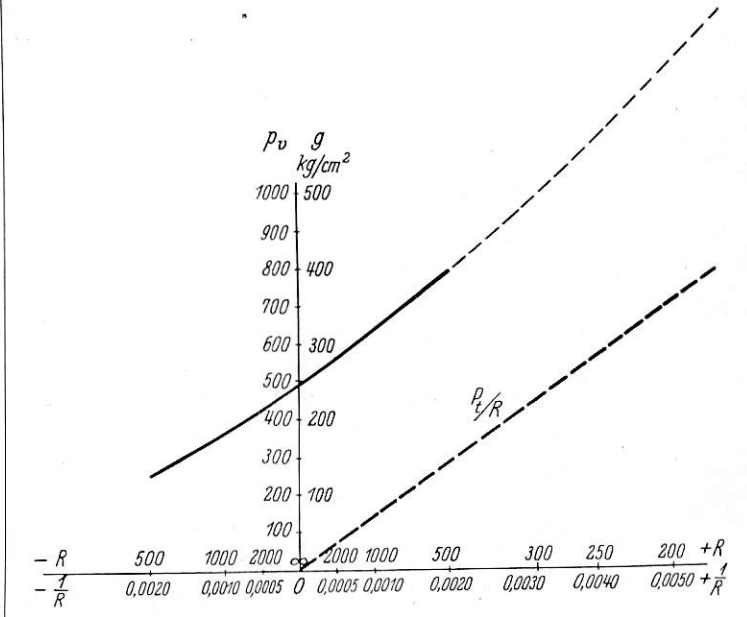


Abb. 3.

Der tatsächlich vorhandene Widerstand des Gleises gegen seitliche Verschiebung wird stets beiderseits des Gleises nahezu gleich sein. Der große Unterschied zwischen dem erforderlichen Widerstand gegen Ausbiegen nach innen p_{vi} und außen p_{va} , der mit abnehmendem Krümmungshalbmesser stark zunimmt, zeigt, daß ein Ausknicken des Gleises nur in der Richtung vom Mittelpunkte weg erfolgen kann, nie aber zum Mittelpunkte hin. Beim horizontalen Ausknicken eines horizontalen Gleisbogens ist nur eine Biegelinie nach Abb. 1 möglich.

Das starke Ansteigen der Kurve des erforderlichen seitlichen Widerstandes p_v mit abnehmendem Krümmungshalbmesser R zeigt, daß es einen Krümmungshalbmesser R_0 geben muß, bei dem die Sicherheit gegen horizontales Ausknicken geringer wird, als die Sicherheit gegen Ausknicken nach oben.

In der Abb. 3 ist die Kurve der erforderlichen p_r für

*) Dieser Widerstand tritt, ebenso wie in der Geraden, nicht plötzlich auf, sondern steigt von Null auf den Endwert p_v , so daß bei $J_1 = J$ der Widerstand $p_v = 2g$ ist.

kleinere Halbmesser als berechnet extrapoliert und dünn gestrichelt dargestellt (auch eine Rechnung hätte ungenaue Ergebnisse gebracht, da bei kleineren Halbmessern die Beziehung $\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y}{dx^2}$ nicht mehr gilt). Zum Vergleich ist in Abb. 3 noch die Gerade für $p_v = \frac{P_t}{R}$ kräftig gestrichelt eingetragen.

Eine genaue Ermittlung des Halbmessers R_0 , bei dem die Sicherheit des Gleises gegen horizontales Ausknicken gleich der für senkrechtes Ausknicken wird, läßt sich nicht durchführen, da das Trägheitsmoment des Gleises bezogen auf die senkrechte Schwerachse nicht bekannt ist.

Um diese Fragen zu klären, sind weitere Versuche erforderlich.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Richtlinien der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für die Verdichtung der Gleisbettung durch Walzen oder Stampfen.

Die Oberbauvorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom Jahre 1928 schreiben vor, daß bei gleichzeitiger Durchführung von Gleisumbau und Bettungserneuerung die neue Bettung vor dem Verlegen des Oberbaues durch ein geeignetes Verfahren künstlich verdichtet werden muß. Die Hauptvorteile der Verdichtung sind darin zu erblicken, daß das neu verlegte Gleis von Anfang an eine feste Unterlage erhält und daß die bei lose eingebrachter Bettung erforderliche Beschränkung der Fahrgeschwindigkeit der Züge während der ersten Zeit nach dem Umbau fast ganz vermieden werden kann. (Siehe auch Organ 1925, Heft 1 und 2.) Vor kurzem hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft Richtlinien für die Verdichtung der Gleisbettung durch Stampfen oder Walzen herausgegeben.

Ob und in welchen Fällen die neu eingebrachte Bettung zu verdichten ist, wenn das Gleis nicht gleichzeitig mit der Bettung erneuert wird, hat von Fall zu Fall unter Abwägung der wirtschaftlichen und technischen Vorteile die Reichsbahndirektion zu entscheiden. Grundsätzlich wird nur Steinschlagbettung verdichtet. Von den beiden Arbeitsweisen, Stampfen und Walzen ist dem Walzverfahren der Vorzug zu geben. Die Arbeit ist beim Walzen gleichmäßiger und wirtschaftlicher. Das Walzen ist jedoch nicht in allen Fällen anwendbar. Bei sandigem Untergrund kann nicht gewalzt werden, ebenso nicht, wenn die Betriebspause geringer ist als 4 Stunden. In diesen Fällen ist zu stampfen.

In den Richtlinien ist Anweisung gegeben, wie die Walz- und Stampfarbeit vorzubereiten ist. In einem Arbeitsplan sind die einzelnen Arbeitsvorgänge nach Art, Zeit und Anzahl der Arbeiter festzulegen. Die Festpunkte für Richtung und Höhenlage des Gleises sind vor den auszuführenden Arbeiten zu setzen. Richtung und Höhenlage der Unterbaukrone und der Schwellenunterkante ist gleichfalls vorher abzustecken und durch Pflöcke zu kennzeichnen. Nach Beseitigung der alten Bettung ist die Unterbaukrone abzuwalzen oder abzustampfen, und zwar so gründlich, daß keine merklichen Eindrücke mehr stattfinden. Hierdurch kann das Wasser gut abziehen, der Bettungsstoff sich nicht mehr stark in die Unterbaukrone eindrücken. Bei lehmigem oder feuchtem Untergrund ist durch Einwalzen geeigneter Stoffe (Schlacken, alter Bettungsstoff, grober Sand) für eine unnachgiebige, dichte Unterlage zu sorgen. Stärkere Schichten müssen lageweise abgewalzt oder soweit notwendig abgestampft werden. Besonderer Wert wird in den Richtlinien auf die gute Entwässerung der Unterbaukrone auf Überwegen gelegt. Der Steinschlag selbst wird beim Walzverfahren in zwei bis drei Schichten abgewalzt. Die lose geschütteten Schichten sollen 12 bis 16 cm dick sein. Jede Schicht wird zwei- bis dreimal abgewalzt. Die zur Schonung des Oberbaues erforderliche Elastizität wird nach den bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft gemachten Erfahrungen dann erreicht, wenn die Bettung um 20% zusammengedrückt wird. Während des Walzens muß beachtet werden, daß der Steinschlag nicht beschädigt wird und die Kanten nicht brechen. Beim Eisenschwellenoberbau und beim Holzschwellenoberbau soll die fertig gewalzte Schotterdecke bis etwa 5 cm unter Schwellenunterkante reichen. Beim Eisenschwellenoberbau werden dann mittels Füllkasten Bettungsrippen aufgestampft, auf welche die Eisenschwellen aufgelegt werden können. Bei Holzschwellen ist der Höhenunterschied zwischen gewalzter Schotterdecke und Schwellenunterkante zu unterstopfen. Die leichte

Beschädigung der Walzoberfläche wird in den Richtlinien als unbedenklich und wegen der entstehenden größeren Reibung zwischen Schwelle und Bettung sogar als vorteilhaft bezeichnet. Für die Verdichtung der Bettung nach dem Walzverfahren haben sich besonders gebaute Walzen mit 5 bis 6 t Gesamtgewicht und dieselmotorischem Antrieb am besten bewährt. Mit einer Walze können in einer Stunde 50 bis 60 m Bettung fertiggewalzt werden.

Die Arbeitsweise beim Stampfen ist in ähnlicher Weise wie beim Walzen auszuführen. Die Dicke der einzelnen Stampflagen ist nicht über 10 cm zu nehmen. Zum Stampfen sollen in der Regel Stampfer verwendet werden, die aus ebenen Pufferscheiben herzustellen sind. Es wird empfohlen, beim Arbeiten mit Handstampfern reihenweise zu stampfen, und zwar in einer Doppelreihe mit $2 \times 4 = 8$ Arbeitern für eine Gleisbreite.

Für das Walzen frisch geschütteter Bahndämme wird empfohlen, zwei Walzen mit verschiedenen spezifischen Drücken zu verwenden, von denen die leichtere zum Vorwalzen, die schwerere zur wirksamen Zusammendrückung der Schüttstoffe dient.

D.

Wärmebehandlung von Schienenstößen zur Verhinderung der plastischen Verformung der Schienenköpfe im Betrieb.

Die Chicago Milwaukee St. Paul & Pacific Eisenbahn hat seit dem Jahre 1926 durch verschiedene Mittel versucht, die im Betrieb durch das Hämmern der Räder auf die Schienenstöße entstehende plastische Verformung an den Schienenkopfen zunächst auszubessern und sie dann durch Wärmebehandlung der neuen Schienen möglichst ganz zu verhindern.

Die Ausbesserung bereits heruntergeschlagener Schienenenden geschieht durch Auftragschweißung und zwar hat sich herausgestellt, daß für Schienen mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,75% die Verwendung eines etwas höher gekohlten Schweißdrahtes von Vorteil ist. Die in dieser Weise ausgebesserten Schienen zeigten bis zur gleichen betrieblichen Abnutzung gegenüber neuverlegten Schienen, die nach ungefähr drei Jahren ausgebessert werden mußten, eine längere Liegezeit.

Um nun die plastische Verformung gleich an neuverlegten Schienen zu verhindern und damit die Auftragschweißung nach Möglichkeit zu vermeiden, wurde versucht, durch Wärmebehandlung eine größere Haltbarkeit der Schienenkopfen zu erreichen. Im Juli 1927 wurden zu diesem Zweck zunächst 55 Schienenstöße nach einer Erhitzung auf 790° C mit Wasser abgeschreckt. Während zwei bis drei Monaten zeigte sich, daß im Betrieb eine Reihe von derartig behandelten Stößen durch Abblättern und Abspringen der gehärteten Oberflächenschichten ausgebessert werden mußten. Bei allen andern zeigte sich eine sehr gute Widerstandsfähigkeit gegen plastische Verformung. Um nun auch noch diese durch Härtesprödigkeit hervorgerufenen Abblättern zu vermeiden, ging man dazu über, die Schienen nach dem Härten durch Wiedererwärmen zu vergüten. Die Schienenkopfen wurden zunächst durch Feilen auf ungefähr 1,6 mm Radius abgerundet, dann auf 790° erwärmt, abgeschreckt und auf 260° langsam wieder erwärmt, um dann an der Luft abzukühlen. Die Schienenstöße hielten mehrere Monate vorzüglich, nur zeigte es sich, daß die Härte der einzelnen Schienenenden zu unterschiedlich war. (Die Härte-temperatur lag zu nahe an der oberen Umwandlungslinie.) Man steigerte deshalb die Härtetemperatur auf 815° und erhöhte gleichzeitig die Vergütungstemperatur auf 345°. In dieser Weise wurden 50 000 Schienen behandelt, wobei die richtige Härtetemperatur zunächst nur durch das Auge geschätzt wurde. Später wurde zur

Kontrolle der Temperatur nach vielen Versuchen mit den verschiedensten Thermoelementen das „Alnor“-Thermoelement als das am besten geeignete gefunden (Abb. 1). Die Verwendung dieses Thermoelementes beschränkt sich jedoch nur auf gelegentliche Kontrollmessungen durch den Vorarbeiter.

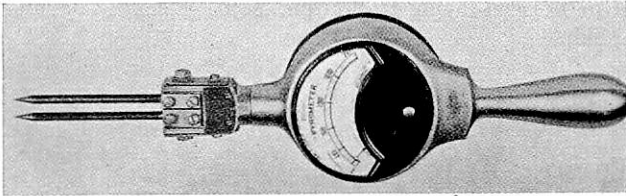


Abb. 1. „Alnor“-Thermoelement (45 cm lang) mit den beiden die Thermokraft liefernden Chromel-Alumel-Spitzen, die in das Werkstück, dessen Temperatur gemessen werden soll, eingedrückt werden. Bereich bis $2000^{\circ}\text{F} = 1100^{\circ}\text{C}$.

Das erhitzte Schienenstück dessen Temperatur gemessen werden soll, wird als verbindendes Metall verwendet zwischen den beiden die Thermokraft liefernden Metallen Chromel-Alumel, die in Form von Spitzen in die durch die Erwärmung weich gewordene Stahlschiene eingedrückt wird und durch diese enge Berührung augenblicklich die dort herrschende Temperatur anzeigt. Die „kalte“ Lötstelle befindet sich im Innern des Gehäuses und gleicht automatisch den Einfluß der verschiedenen Temperatur dieser Lötstelle (durch die wechselnde Lufttemperatur) aus. Das Thermoelement kann bis 1100°C (2000°F) Verwendung finden.

Die Erwärmung der Schienenenden wird mit Hilfe von Autogenbrennern durchgeführt, wobei zu beachten ist, daß die Flamme möglichst gleichmäßig über die zu erwärmenden Stellen hin- und hergeführt wird und der (reduzierende) Kern nicht mit dem Werkstoff in Berührung kommt. Die Erwärmung soll so erfolgen, daß sie örtlich beschränkt bleibt, worauf rasch mit Wasser abgeschreckt wird.



Abb. 2. Tragbare Schleifvorrichtung mit biegsamer Welle an leicht beweglichen Benzinmotor angeschlossen.
Brechen der Kanten der Schienenkopfen nach Abb. 3.

Vor der eigentlichen Wärmebehandlung wird durch eine tragbare Schleifscheibe (Abb. 2), die über eine elastische Welle von einem leicht ortsveränderlichen Benzinmotor angetrieben wird, eine Kehle in V-Form nach der Zeichnung Abb. 3 an den Schienenenden angebracht einmal, um beim Härten scharfe Kanten zu vermeiden und dann, um bei engen Schienenstößen den Enden beim Erwärmen Ausdehnungsmöglichkeit zu geben.

Der Verbrauch an Azetylen ist durch den besonderen Brenner etwa 2–3mal so groß als bei gewöhnlichen Schweißbrennern, weshalb durch eine besondere kleine Zündflamme die Brenner erst kurz vor dem Gebrauch gezündet werden. Abb. 4 zeigt die Erwärmung auf Härtetemperatur, daneben die Vorrichtung zum Ablösen, die aus einer mit 3 mm großen Öffnungen versehenen

Brause besteht, die über die abzulöschenden Stellen hin- und hergeführt wird.

Um einen Anhalt für die Höhe der Anlaßtemperatur zu haben, wird nach dem Wiedererwärmen Lot auf die betreffenden Flächen gestrichen und nach den Anlauffarben desselben die Temperatur geschätzt. Wenn nach zwei bis drei Sekunden das vor der Verwendung silberglänzende Lot braun wird, ist die Temperatur nahe an 345° . Auch diese Temperatur wird durch den Vorarbeiter ab und zu nachgeprüft.

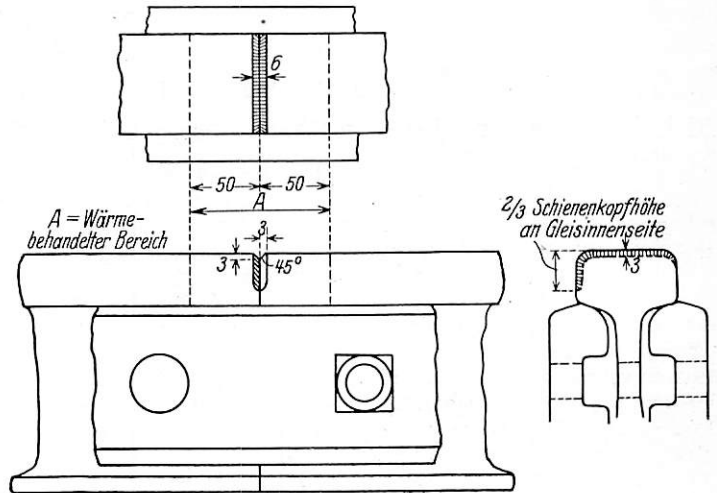


Abb. 3. Anordnung der V-förmigen Kehle am Schienenstoß.



Abb. 4. Erwärmen der Schienenenden auf Härtetemperatur durch Hin- und Herbewegen des Autogenbrenners.
Neben dem Schienenstoß die Vorrichtung zum Abschrecken.

Die Ausführung der Wärmebehandlung der Schienenenden geschieht unmittelbar im Anschluß an die Verlegung der neuen Schienen. Im Tag können 500 bis 750 Schienenstöße auf diese Art behandelt werden. Die Arbeitsgruppe fährt mit einem besonderen Motorwagenzug, der auch zur Unterbringung der je 20 Azetylen- und Sauerstoffflaschen und des reichlichen Wasservorrats dient, zur Arbeitsstelle. Sie besteht aus: einem Vorarbeiter, zwei Schleifern und zwei Hilfsarbeitern zum Auskehlen der Schienenstöße, zwei Mann, die die Brenner bedienen, zwei Mann, die die erwärmten Stellen abzuschrecken haben, ein Mann, der mit Hilfe eines gewöhnlichen Schweißbrenners vergütet, ein Motorwagenführer, ein Mann zur Instandhaltung sämtlicher Einrichtungen.

Anstatt die Wärmebehandlung nach dem Verlegen auszuführen, war schon versucht worden, sie an zentraler Stelle, etwa kurz nach dem Walzen einzuschalten. Abgesehen davon, daß dies eine Störung im Flusse der vom Walzwerk kommenden Schienen gewesen wäre, hat die Wärmebehandlung auf der Strecke den Vorteil, immer zwei Schienenenden gleichzeitig der Vergütung unterziehen zu können. Ein durchgeführter Vergleich zeigte, daß die Kosten je Schiene an zentraler Stelle (vor Verlegen) sich auf 55 cts stellten, nach dem Verlegen auf der Strecke nur auf 25 cts.

Der Einfluß der Wärmebehandlung macht sich nur bis ungefähr 6 mm unter der Schienenoberfläche und vom Schienenende ab geltend.

Zugversuche, die einmal an unbehandelten, einmal an wärmebehandelten, aus dem Schienenkopf entnommenen Probestäben durchgeführt wurden, ergaben folgende Werte:

Elastizitätsgrenze	4965 kg/cm ⁰	7460 kg/cm ⁰
Zugfestigkeit	8960 „	13860 „
Dehnung	13,5 %	7 %
Einschnürung	17,0 „	23,6 „
Brinellhärte	280	363

Die Wärmebehandlung war genau die gleiche, wie sie auch an den Schienenenden vorgenommen worden war. Die Zahlenwerte geben natürlich nur einen ungefähren Anhalt, da die Vergütung am Probestab besser und vollkommener durchgeführt werden kann als am Schienenkopfe, wo auch mit einer gewissen Wärmeableitung zu rechnen ist. So ergeben die Härtemessungen an den vergüteten Schienenenden fast durchweg nur 325 Brinelleinheiten. Die mittlere Härte der zur Verwendung gelangenden Schienen beträgt 280.

Die chemische Analyse der Schienen lag zwischen folgenden Werten:

C = 0,72 bis 0,89 %
Mn = 0,5 bis 0,9 %
Si größer als 0,15 %

Über Schienen mit größerem Mangangehalt (1,0 bis 2,0 %) liegen bisher noch keine Erfahrungen vor.

Ab und zu kommt es vor, daß Risse auftreten, die sich dann während des Erhitzens beim Vergüten dadurch bemerkbar machen, daß die Anlauffarben an den durch den Riß abgetrennten Teilen sich früher bemerkbar machen. Solche Schienen werden gekennzeichnet und später durch die Mannschaften, die die alten, im Betrieb heruntergeschlagenen Schienenköpfe durch Auftragschweißung behandeln, wieder hergestellt.

Die Vergütung der Schienenkopfe nach dem beschriebenen Verfahren wurde in den letzten 3 Jahren an 65000 Schienen vorgenommen.

Dr. Fink.

(Metal Progreß, April 1931.)

Isolierschichten im Eisenbahngleis.

Die Frage der Isolierschichten zwischen Fahrbahn und Untergrund beschränkt sich keineswegs auf die Eisenbahnen, sondern sie tritt bei allen Verkehrswegen auf.

Die Aufgabe der Isolierschichten kann und muß allgemein auf die Frage der für das Entstehen von Schlammumpfen und Frosthügeln maßgebenden Durchdringlichkeit der Isolierschichten für von unten aufsteigendes und von oben eindringendes Wasser und auf die Frage der Wärmeisolierung, die beim Entstehen von Frosthügeln natürlich auch eine Rolle spielt, ausgedehnt werden.

Als Eigenschaft aller Isolierschichten wird gefordert, daß sie die Kapillarität brechen, d. h. die kapillare Wasser- aufsaugung aus dem Untergrund hindern.

Dies kann einmal geschehen durch gelockerte Beschaffenheit der Isoliermittel wie Sand, Reisig, Moor, Sägespäne, Schotter usw. Während z. B. bei Reisig das kapillare Saugvermögen völlig verschwindet, bleibt bei Sand im allgemeinen eine gewisse Steighöhe vorhanden. Aber diese bleibt fast immer geringer als der vorkommende Abstand des Grundwassers. Da die Kapillarität umgekehrt verhältnismäßig ist zur Korngröße, so darf kein zu feiner Sand verwendet werden. Ein zweiter Weg, die Kapillarität zu brechen, ist die Anbringung einer völlig undurchdringlichen, dünnen Schicht (Blech, Asphaltpappe, dünne vermoderte Moorschichten und auch die bei uns versuchten dünnen Teer- und Asphalttschichten).

Eine weitere Aufgabe der Isolierschichten ist die Wärme-

isolierung, d. h. die Erschwerung, Verzögerung oder Verhinderung des Eindringens von Frost in den Untergrund und damit der Entstehung von Frosthügeln. Die Eigenschaft der Wärmeisolierung wohnt auf Grund eines im Vergleich zu unorganischen Erdarten geringen Wärmeleitungsvermögens vor allem dem Reisig, Moor, Sägespänen, auch der vermoderten Moorschicht inne. Die Wärmeisolierung führt im Winter eine Verfestigung der Fahrbahnunterlage herbei. Sand hat die Eigenschaft der Wärmeisolierung weniger oder gar nicht. Der Frost dringt in Sand schneller ein als in feinere Erdarten.

Es ergibt sich danach folgende Beurteilung der hauptsächlich in Frage kommenden Isolierstoffe:

1. Sandbettung bricht die Kapillarität, wirkt aber nicht wärmeisolierend. Die Stärke der Sandschicht braucht nicht größer zu sein als die Kapillarität, mit anderen Worten der Abstand des Grundwasserspiegels von der Oberfläche der Sandschicht muß größer sein als die Kapillarität des Sandes. Danach könnte je nach Lage des Falles die Sandschicht sehr dünn sein. Aber mit Rücksicht auf die Haltbarkeit sind größere Stärken erforderlich. In Schweden wendet man bei Wegen in der Regel 25 bis 30 cm starke Sandisolierschichten an und bezeichnet allgemein einen Abstand der Fahrbahnfläche bis zur Sandschichtenunterseite von 50 bis 60 cm bei 20 cm Sandschichtenhöhe als ein gutes Regelmaß. Für die Eisenbahnen bedürfen diese Ausmaße wohl teilweise eines Zuschlages. Daß der Sand nicht zu fein sein darf, wurde schon erwähnt. Wenn dies alles beachtet wird, ist die Lebensdauer einer Sandbettung praktisch genommen, im Wegewesen unbegrenzt. Insbesondere gehen zahlreiche Beobachtungen im Straßenwesen dahin, daß ein Aufsteigen von Lehm u. dgl. aus dem Untergrund in die Sandporen nicht, wie man befürchten möchte, stattfindet. Bei ungleichmäßiger mechanischer Belastung wird wohl die ebene Berührungsfläche zwischen Lehm und Sand verformt, der Lehm hebt sich in Wellen und Rücken in den Sand, z. B. bei Eisenbahnen zwischen den Schwellen, aber er dringt bei genügender Tieflage der Sandschicht nicht durch.

2. Reisigbettung bricht die Kapillarität und isoliert die Wärme. Für Kapillarität genügt schon eine ganz geringe Schicht, dagegen ist die Wärmeisolierung ganz von der Stärke der Schicht abhängig. Auch wegen der Haltbarkeit darf die Isolierschicht nicht zu dünn gehalten werden, um so mehr als es praktisch recht schwierig ist, eine dünne Reisigschicht gleichmäßig dicht und lückenfrei herzustellen. Im nördlichen Schweden, wo diese Reisigisolierung viel angewendet wird, wird die Schicht in zusammengedrücktem Zustand 15 bis 30, im Mittel 25 cm stark gemacht. Es empfiehlt sich, dem Reisigbett je eine Schicht von Torf oder Moor unter- und aufzulegen. Ein Nachteil der Reisigisolierung ist ihre begrenzte Haltbarkeit infolge Vermoderung und begrenzte Wirksamkeit infolge Eindringens von Unter- und Oberschichten. Nadelholz hält sich viel besser als Laubholz. Die Haltbarkeit eines Reisigbettes schwankt zwischen 7 und 30 Jahren.

3. Moorboden wird in Schweden besonders viel für Isolierschichten der Eisenbahnen*) besonders gegen Frostbeulen angewendet. Man hebt den Untergrund auf frostfreie Tiefe aus und füllt mit Moorboden, als nicht Frostbeulen bildendem Material, nach. Worauf die günstige Wirkung der Moorisolierung eigentlich beruht, darüber ist man auch in Schweden noch nicht ganz im klaren. Als naheliegend nimmt man die Wirkung einer „dichten Schicht“ mit großem Widerstand gegen Wasserdurchfluß an. Weiter sagt man den Moorschichten eine starke Stoßdämpfung nach, wodurch die Erschütterungen des Verkehrs weniger in den Untergrund eindringen und den unterliegenden Lehm weniger in Fließzustand bringen können.

4. Dichte Schichten, zu denen auch die bei uns versuchten Teer- und Asphalttschichten zu rechnen sind, brechen die Kapillarität, wirken aber nicht wärmeisolierend. Die Richtung der dichten Schichten (Blech, Pappe u. dergl.) wird in Schweden vor allem von H. Pöpke vertreten. Die Verfahren sind noch wenig erprobt. Um Frostbeulenbildung zu vermeiden, was insbesondere bei Eisenbahnen wichtig ist, müssen sie in frostfreier Tiefe verlegt werden und das ist nicht immer möglich. Sie müssen so tief liegen, daß die oben liegende Schicht genügend druck- und stoßverteilend wirkt und die Isolierschicht nicht zerrissen wird.

Dr. Saller.

*) Siehe des Verfassers „Der Oberbau im Deutschen Reich“ S. 121 f., auch Abbildungen.

Buchbesprechung.

Langschienen und Längskräfte im Eisenbahngleis. Von J. Wättmann, Regierungsbaumeister a. D. Verlag Otto Elsner, Berlin S 42. Preis 6.— *R.M.*

In der vorliegenden Schrift gibt Wättmann eine einheitliche Zusammenfassung seiner Einzelveröffentlichungen zu der wichtigen Frage der im Langschienengleis auftretenden Kräfte und Dehnungen. Zunächst wird der Zusammenhang zwischen Temperaturänderungen und Spannungsänderungen auf die Längenänderungen der Schienen klargestellt, darauf das Verhalten von Langschienen mit reibungsloser Lagerung besprochen und Vorschläge für die Bemessung der Schienenlücken bei Langschienen gemacht, anschließend die Grenzspannungen in Gleisen mit Laschen- und Schwellenreibung formelmäßig abgeleitet. Hiervon ausgehend werden die Spannungszustände im Gleis nach einsinnigem und umkehrendem Temperaturverlauf behandelt, dann die Schienen-dehnung bei reibender Schienenlagerung untersucht und gezeigt, daß Spannungszustand und Längenänderung nicht nur von der gegenwärtigen, sondern auch von den vorangegangenen Temperaturen beeinflusst sein können; nur bei Rekordtemperaturen sind Spannungszustand und Längenänderung unabhängig von vorangegangenen Temperaturschwankungen. In den folgenden Abschnitten werden Dehnungs- und Spannungsverlauf der Schienen bei einsinniger und umkehrender Temperaturbewegung behandelt.

sehr anschauliche Diagramme der Dehnungen und Spannungen gegeben und die Grenzen beider bestimmt (Dehnungsgrenzlinien, Zusatzspannungen). Nach kurzer Besprechung der Beanspruchung der Laschenbolzen und Vorschlägen zu ihrer künstlichen Begrenzung, wird im letzten Abschnitt gezeigt, wie sich durch entsprechende Messungen aus der Stoßfugenweite die Laschenreibung R und der Schwellenreibung r , die in allen Formeln für Dehnung und Spannung der Schienen wiederkehren, bestimmen lassen. Gegen die hierfür angegebenen Formeln selbst ist nichts einzuwenden, wohl aber ist zu bezweifeln, ob auf diesem Weg zu treffendere Ergebnisse als bei direkten Spannungs- und Dehnungsmessungen im Gleis erzielt werden können, wirken doch im Betriebsgleis auf die Lückenweite noch Einflüsse ein, die in Formeln nicht berücksichtigt werden können.

Die Wättmannsche Schrift stellt eine vorzügliche Einführung in die für die Weiterentwicklung des Oberbaues wichtige Frage der im Langschienengleis wirkenden Kräfte dar und gibt einen guten Überblick auf die bisher erreichten Erkenntnisse. Die Probleme sind sehr geschickt analytisch und graphisch behandelt, die ganze Abhandlung ist leicht verständlich. Die Schrift kann daher jedem Oberbaufachmann wärmstens zum Studium empfohlen werden.

Ammann.

Verschiedenes.

Forschungsstätte für Lokomotivgeschichte.

Die Plan- und Lichtbildersammlung der Bibliothek des Deutschen Museums in München, die in ihrer Ausdehnung und Vielseitigkeit eine einzigartige Fundgrube für alle Zweige technischer Forschung darstellt, wurde kürzlich, zur Jahreswende, um zwei wertvolle Stiftungen bereichert.

In hochherziger Weise vermachte der in München im 78. Jahre lebende ehemalige Chefingenieur der Lokomotivfabrik Krauss und Co. Dr. Ing. e. h. Richard v. Helmholtz, ein Sohn des bekannten Physikers Hermann v. Helmholtz, seine seit Jahrzehnten gepflegte Sammlung von Lokomotivabbildungen, Zeichnungen, Aufzeichnungen, Büchern usw. dem Deutschen Museum in München. Der Name Dr. R. v. Helmholtz hat nicht nur als der beste zeitgenössische Lokomotivhistoriker, sondern vor allem auch als hervorragender schöpferischer Konstrukteur weit über die Grenzen Deutschlands hinaus einen guten Klang. Unzählige Lokomotiven mit dem bekannten, von ihm erfundenen kombinierten Drehgestell laufen auf allen Bahnen der Erde. Eine große Anzahl sonstiger Neuerungen und Erstaufführungen stammen vom ihm, dem persönlich so bescheidenen Altmeister des deutschen Lokomotivbaus.

Weiterhin stiftete der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen in dankenswerter Weise die sog. Sanzin-Sammlung. Der leider allzufrüh verstorbene Professor für Eisenbahnmaschinenwesen an der Technischen Hochschule Wien und Ministerialrat am dortigen Eisenbahnministerium Dr. Rudolf Sanzin sollte im Auftrag des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen schon vor dem Kriege die Entwicklungsgeschichte der Dampflokomotive

schreiben. Zu diesem Zweck hatte Dr. Sanzin wertvolles Material gesammelt. Der Krieg und später der Tod dieses hervorragenden Lokomotivfachmannes ließen den Plan unausgeführt. — Dr. v. Helmholtz und Ministerialrat a. D. Wilhelm Staby, der langjährige Leiter des Maschinenwesens der ehemaligen Pfalzbahn und später Ministerialrat am Bayerischen Verkehrsministerium nahmen nun vor einiger Zeit das Werk, an dem sich nun auch der Verband Deutscher Lokomotivbauanstalten geldlich beteiligte, in Angriff und führten es kürzlich zu Ende*).

Zusammen mit der schon vorhandenen Gölsdorf-Stiftung und dem Nachlaß Kloses und sonstigen vorhandenen Lokomotiv-Darstellungen bildet nun die gesamte Lokomotiv-Sammlung der Münchner Museumsbibliothek einen vor allem für den Lokomotivhistoriker äußerst wertvollen technischen Forschungsstoff, wie er in seiner umfassenden Reichhaltigkeit (ungefähr 15000 Stücke) sonst nirgendwo anzutreffen sein wird. (Gölsdorf, Vater und Sohn, waren aus Sachsen stammende äußerst fähige Lokomotivbauer, die in Österreich den Aufbau eines Großteils des Lokomotivbestandes zu ihrer Zeit völlig nach eigenen Ideen ausführten. Klose war ebenfalls ein bedeutender Lokomotivkonstrukteur, der zunächst in der Schweiz und dann in Württemberg eigene Wege einschlug.)

Zum Ordnen und Erschließen der gesamten Lokomotivsammlungen wurde der Regierungsbaumeister Walter Häfner berufen, der bereits bei dem oben erwähnten lokomotiv-geschichtlichen Werk unter Dr. R. v. Helmholtz und Ministerialrat a. D. W. Staby als Mitarbeiter tätig war. W. H.

*) Siehe Organ 1930, S. 509.

Berichtigung.

„Die Knicksicherheit des lückenlosen Gleises.“

In diesem in Heft 4 dieses Jahrgangs Seite 109 veröffentlichten Aufsatz ist dem Verfasser ein Irrtum unterlaufen, der hier zurechtgestellt werden soll: bei der Hebung des Gleises ist die gesamte hierfür erforderliche Arbeit $A_h = \int_0^1 g y dx$ zu leisten, die Einführung des Koeffizienten $1/2$ ist unrichtig und beruht auf einem Versehen beim Vergleich mit der Biegelinie, die das Anwachsen der Belastung von Null auf den Endwert g voraussetzt. Bei plötzlichem Auftreten der Belastung in voller Größe ist in die Differentialgleichung der Biegelinie (c) in Fußnote 11 gleichfalls der Wert g und nicht $\frac{g}{2}$ einzusetzen.

Infolge dieses Fehlers ist das erforderliche Gleisgewicht g doppelt so groß ermittelt worden, wie es tatsächlich sein muß, und es sind alle für g gefundenen Werte durch 2 zu teilen. — Es ist also bei den im Aufsatz gemachten Voraussetzungen beim Oberbau K einfache Sicherheit gegen Knicken vorhanden.

Die Gleichungen 6), 4'), 8), 12) und vorhergehende ohne Nummer, 8'), 13), 14), 16), 18), 23) und 23') sind entsprechend zu korrigieren.

Die Arbeit des Widerstandes p_v gegen seitliches Verschieben ist dagegen mit $\frac{1}{2} \int_0^1 p_v y dx$ anzusetzen, da dieser Widerstand von Null auf seinen Endwert anwächst; die für die Knicksicherheit in waagerechter Richtung gefundenen Zahlenwerte sind also richtig. v. Gruenewaldt.