

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

95. Jahrgang

1. März 1940

Heft 5

Veränderung der Bettung unter Stahl- und Holzschwellen.

Von Dr. Ing. Rudolf Vogel, Gesellschaft für Oberbauforschung, Berlin.

Wie in der Abhandlung „Stahlschwellen“¹⁾ geschildert wurde, hat der Verfasser in den Jahren 1930 bis 1933 versucht, durch Abklopfen von vielen hundert Stahlschwellen Aufklärung über das Verhalten der Bettung unter den Einwirkungen des Betriebes zu gewinnen. Es ließ sich feststellen, daß der ursprüngliche Verlegungszustand nur bei einer verhältnismäßig geringen Zahl von Schwellen erhalten geblieben war, überwiegend aber sich stark und vor allem ganz verschiedenartig verändert hatte. Ein Teil der Schwellen lag in unbelastetem Zustand nur mit den Köpfen fest auf, zwischen den Schienen war jedoch die Bettungsoberfläche tiefer gesunken. Bei anderen Schwellen lag die Mitte fest auf und die Köpfe klangen hohl. Der Verfasser fand, daß die starken und ungleichen Veränderungen der Bettung im Innern der Stahlschwellen vorwiegend durch den Hohlraum oder durch den geringeren Dichtungsgrad der Bettung in Schwellenmitte veranlaßt werden.

Die durch Abklopfen von Stahlschwellen gewonnenen Erkenntnisse fanden leider keinen rechten Glauben, weil Hörfehler als möglich angesehen wurden. Nun sind aber erfreulicherweise von einer als amtlich anzusehenden Stelle, dem Verein mitteleuropäischer Eisenbahn-Verwaltungen (VMEV.), Messungen über die Senkungen von Holz- und Stahlschwellen vorgenommen worden, die die durch Abklopfen erzielten Erkenntnisse in vollem Umfange bestätigen. Durch die Senkungsmessungen sollte lediglich Aufklärung über den Einfluß des Untergrundes auf die Größe der Unterlageziffern gewonnen werden. Die Durchführung erfolgte aber glücklicherweise in einer Art, daß die Meßergebnisse weitere, vielleicht sogar bedeutungsvollere Aufschlüsse einbrachten. Hierüber soll im Folgenden berichtet werden.

I. Vorbemerkungen.

Der VMEV. hat die Senkungen von 380 Schwellen verschiedenster Art in den verschiedensten Gleisen, aber stets unter der gleichen Last von 16,115 t messen lassen und die Ergebnisse in der Niederschrift Nr. 113, Anlage 4, Blatt 1 bis 104, zusammengestellt. Die Art der Messungen schilderte Driessen in seiner Abhandlung „Die einheitliche Berechnung des Oberbaues im VMEV.“²⁾; es genügt daher hier, lediglich die Auswertung der Meßergebnisse im Hinblick auf das Verhalten der Bettung zu erörtern.

Die folgenden Untersuchungen erstrecken sich auf 376 Schwellen, da Blatt 80 in der benutzten Ausgabe fehlte. Die Biegelinien sämtlicher 376 Schwellen wurden unter Zugrundelegung der in den vierten Zahlenreihen der Blätter 1 bis 104 (Beispiel Zahlentafel 1 und Abb. 1 a/b) angegebenen Ordinaten in verzerrem Maßstab (Höhen das 100 fache der Längen) aufgetragen. Alle Biegelinien sind verschieden; sie lassen sich aber dem Charakter nach in vier Hauptgruppen einteilen, für die die Abbildungen 1 b bis 1 e Beispiele zeigen.

Abb. 1 b. Gruppe A. Die Verteilung des Druckes auf der Bettung ist annähernd so erhalten geblieben, wie sie nach dem Verlegen oder Durcharbeiten des Gleises vorhanden war

oder wenigstens angestrebt wurde; die Biegelinien haben also ähnliche Gestalt, wie die durch Berechnung nach Zimmermann ermittelten Biegelinien in Abb. 2 a.

Abb. 1 c. Gruppe B. Die Bettung unter der Schwellenmitte hat bleibend stärker nachgegeben als unter den Schwellenden.

Abb. 1 d. Gruppe C. Unter der einen Schwellenhälfte hat sich die Bettung im Vergleich zum Verlegungszustand nicht wesentlich verändert, sie ist aber unter der anderen Schwellenhälfte bleibend tiefer gesunken.

Abb. 1 e. Gruppe D. Die Bettung hat unter beiden Schwellenköpfen stärker nachgegeben als unter der Schwellenmitte; die Schwelle „reitet“.

Der VMEV. hat der Einfachheit halber übereinstimmend bei allen Schwellen, ob sie nun 2,4 oder 2,7 m lang sind, die Fläche zwischen den Meßpunkten 4 und 6 als nicht unterstopft angenommen ($2a' = 50$ cm Länge, Abb. 1 b bis e). Da durch die Messungen nur der Einfluß des Untergrundes auf die Unterlageziffer festgestellt werden sollte, genügte diese vereinfachende Annahme. Hier soll aber untersucht werden, ob der Hohlraum oder der geringere Dichtungsgrad der Bettung unter der Schwellenmitte, ferner auch Abweichungen von der planmäßigen Länge des nicht gestopften Stückes Anlaß zu Veränderungen der ursprünglich fest gestopften Bettung geben könnten; daher werden bei den folgenden Berechnungen die Längen $2a'$ des nicht gestopften Teils in Ansatz gebracht, die tatsächlich beim Einbau der verschiedenen Schwellenarten gewählt oder wenigstens angestrebt wurden. Die Reichsbahn und die Schweizerischen Bundesbahnen lassen die Schwellen innerhalb der Schienen in der Regel über die gleiche Länge fest stopfen, um die die ebenfalls fest unterstopften Schwellenköpfe die Schienenmitten überragen (entsprechend der Formel von Dr. Diehl).

Es ist also: $2a' = 2l - 2c'$ (vergl. Abb. 2 b) oder

$$2a' = 4r - 2l = 2(2r - l), \text{ worin bedeuten:}$$

a' = halbe planmäßige Länge des nicht unterstopften Teils,

c' = Länge des unterstopften Teils einer Schwellenhälfte,

l = halbe planmäßige Schwellenlänge,

r = Abstand der Schienenmitten von der Schwellenmitte

= rund 75 cm.

Die Bezeichnungen sind nach Zimmermann gewählt.

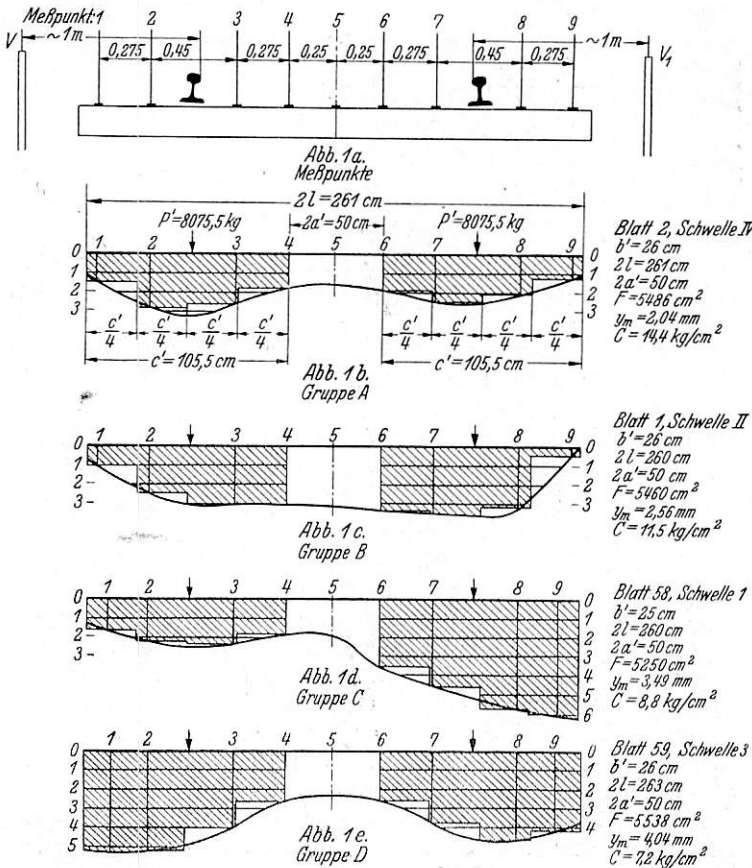
Es wurden daher für die Bezirke Baden, Bayern, Preußen und Schweiz die in Zahlentafel 2 angegebenen Längen $2a'$ für Ermittlung der Tragflächen angenommen. Nur bei den Schwellen der Niederländischen Eisenbahnen ist $2a' = 50$ cm beibehalten, da der Charakter der Biegelinien die tatsächliche Wahl dieser ungewöhnlich großen Länge deutlich erkennen läßt.

Der VMEV. hat zur Bestimmung der mittleren Senkung y_m das arithmetische Mittel aus den Senkungen der 8 Punkte 1 bis 4 und 6 bis 9 gebildet. Da beim arithmetischen Mittel zu jeder der 8 Ordinaten ein gleichbreiter Streifen der Verdrängungsfläche gehört, werden durch diese Art der Mittelbildung nur die schraffierten Flächen in den Abbildungen 1 b bis 1 e erfaßt, die kleiner sind als die wirklichen, nach unten

¹⁾ Verkehrstechn. Woche 1934, Hefte 7, 8 und 9.

²⁾ Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1937, Heft 7.

durch die Biegelinien begrenzten Verdrängungsflächen. Es fallen also die y_m zu klein und die hieraus abgeleiteten Unterlageziffern C zu groß aus. Ein genaueres Ergebnis erzielt man, wenn zum Ausgleich für die ungleichen Abstände der Punkte 1 bis 9 nach Abb. 2b bis 2e den Ordinaten y_2, y_3, y_7 und y_8 ein



schließlich der Wulste), einmal 25 cm, bei den übrigen Schwellen 26 cm. Es wurde einheitlich für alle Schwellen Sw 7 sowie Sw 1 die Breite von 26 cm eingesetzt. Auch bei anderen Stahlschwellen mußten z. T. solche Berichtigungen nach einheitlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden; sie wirken sich nur auf die Unterlageziffern und nicht auf die mittleren Senkungen aus.

Um die einzelnen Biegelinien in die Gruppen A bis D richtig einreihen zu können, war ferner der Genauigkeitsgrad der vom VMEV. vorgenommenen Messungen festzustellen. Hierfür bieten die kleinen Unterschiede der Ordinaten y_5 , die einmal vom Festpunkt V und ein zweites Mal vom Festpunkt V_1 her eingemessen wurden (Abb. 1a), einen Anhaltspunkt. Die größte Genauigkeit erzielten die Niederländischen Eisenbahnen, die dieses Meßverfahren auch entwickelt haben. Die Unterschiede von y_5 (links) und y_5 (rechts) liegen bei 41 Schwellen von 60 insgesamt, also bei 68% zwischen 0,01 bis 0,10 mm, bei 15 Schwellen = 25% zwischen 0,11 und 0,20 mm, bei 3 Schwellen = 5% zwischen 0,21 und 0,24 mm. Nur in einem einzigen Falle ist ein nennenswerter Unterschied (1,14 mm) verzeichnet, der aber — nach dem Verlauf der Biegelinie zu urteilen — durch einen Schreib- oder Hörfehler um einen ganzen Millimeter entstanden sein muß. Bei allen 60 Schwellen der Niederländischen Eisenbahnen ist der Unterschied der beiden y_5 im Mittel 0,10 mm, bei sämtlichen 376 Schwellen dagegen 0,25 mm. Unter diesem Mittel bleiben die Messungen bei 75% aller Schwellen; die Fehler steigen aber vereinzelt bis auf 4,08 mm an. Die 1 mm übersteigenden Unterschiede der beiden y_5 (bei 4% aller Messungen) sind offensichtlich auf Hör- oder Schreibfehler zurückzuführen. Auch bei den übrigen Ordinaten sind eine ganze Reihe solcher als Schreib- oder Hörfehler erkennbarer Fehlmessungen von 1 mm zu finden, die beim Auftragen praktisch unmögliche Wellenlinien oder Ausbeulungen der Biegelinien ergaben. Ferner sind bei einigen Schwellengruppen starke Unregelmäßigkeiten zwischen der ersten und dritten Zahlenreihe (Zahlentafel 1), die praktisch

Zahlentafel 1.

Schw. Nr.	Abmessg. und Tragfläche		Meßpunkt									Mittl. Ein-drückg. mm	V	V_1	Mittl. Ein-skg. V, V_1	Mittl. Ges.-ein-drückg. kg/cm ²	Belastg. kg/cm ²	Berechnete Unterlage-ziffer	
			1	2	3	4	5	5	6	7	8								9
IV	261 × 26 × 16	Unbel.	13,03	17,68	14,86	15,52	14,30	16,04	17,28	18,05	19,82	22,29	16,34	3,20	3,00		16115	1000 · 2,93	
		Belast.	14,43	20,38	17,34	17,15	15,74	17,46	19,15	20,56	22,04	23,75	: 8	3,20	3,00		: 5486	204	
	5486 cm ²	Unbel.	12,98	17,54	14,78	15,40	14,13	15,84	17,23	18,12	19,93	22,46		3,20	3,00	0	2,04		
		Untersch.	1,45	2,84	2,56	1,75	1,61	1,62		1,92	2,44	2,11	1,27	=	0	0		=	14,4

doppelt so breiter Flächenstreifen ($1/3 c'$) zugewiesen wird als den Ordinaten y_1, y_4, y_6 und y_9 ($1/6 c'$). Es errechnet sich dann

$$y_m = \frac{1}{12} (y_1 + 2y_2 + 2y_3 + y_4 + y_6 + 2y_7 + 2y_8 + y_9).$$

Die sich hieraus ergebenden schraffierten Flächen in den Abbildungen 2b bis e stimmen mit den wirklichen Verdrängungsflächen wesentlich besser überein als die schraffierten Flächen in Abb. 1b bis 1e.

Die kleinen, hierbei immer noch nicht erfaßten Flächen verursachen bei den Unterlageziffern nur noch Fehler von 1 bis 2%; sie dürfen im Hinblick darauf vernachlässigt werden, daß im Vergleich zu den bisherigen Mittelbildungen und Flächenbestimmungen Fehler von - 8 bis + 21% beseitigt wurden.

Bei Stahlschwellen sind in den Blättern 1 bis 104 die Breiten für die gleichen Walzprofile teilweise verschieden angegeben, beispielsweise für Sw 7 einmal 27,2 cm (Breite ein-

nur wenig verschieden sein können, festzustellen. In der Mehrzahl betragen die Unterschiede rund 1 mm, so daß ebenfalls Hör- oder Schreibfehler anzunehmen sind. Teilweise sind die Abweichungen aber so ungleich, daß wirkliche Meßungenauigkeiten vorliegen müssen, vermutlich wegen Benutzung von weniger empfindlichen Meßgeräten. Selbst diese fehlerhaften Biegelinien lassen jedoch selten einen Zweifel darüber aufkommen, in welche Gruppe A bis D sie einzureihen sind. Sie wurden daher nicht ausgeschaltet. Ferner sind bei Berechnung der y_m — um jede anfechtbare Willkür auszuschließen — Korrekturen der amtlich ermittelten Ordinaten unterlassen worden, auch wenn als Ursache einer Unstetigkeit ohne jeden Zweifel ein Hör- oder Schreibfehler zu erkennen war. Nur Rechenfehler wurden berichtigt. Um aber sicher zu sein, daß nicht eben das Bestehenlassen der erkannten Fehler falsche Schlußfolgerungen verursachen könnte, sind außerdem die Gruppen, in denen mehrere fehlerhafte Biegelinien vorkamen, ein zweites Mal mit berichtigten Biegelinien untersucht worden. Es ergab sich

kein ins Gewicht fallender Unterschied, so daß der Verzicht auf Korrekturen als zulässig gelten darf.

Wenn bei Doppelmessungen von y_5 ein Unterschied von im Mittel 0,25 mm entstehen konnte, muß damit gerechnet werden, daß auch die übrigen Ordinaten tatsächlich um 0,25 mm und die Unterschiede je zweier Ordinaten $2 \times 0,25 = 0,5$ mm größer oder kleiner sein können als in den vierten Zahlenreihen der Blätter 1 bis 104 angegeben ist (vergl. Zahlentafel 1). Deshalb wurden zu Gruppe A auch noch solche Schwellen gerechnet, bei denen (nach Abb. 2a) das größere der beiden y_l (Schwellenende) bis zu 0,5 mm größer ist als das kleinere der beiden y_a (Rand des nicht gestopften Teils); allgemein gilt also für Gruppe A:

$$y_l(\max) \leq y_a(\min) + 0,5 \text{ mm.}$$

In Gruppe B wurden die Schwellen eingegliedert, bei denen

$$\frac{1}{2} [y_a(\text{links}) + y_a(\text{rechts})] = 2 \times \frac{1}{2} [y_l(\text{links}) + y_l(\text{rechts})] \geq 1 \text{ mm ist.}$$

Für Gruppe C gilt:

1. $y_l(\min) \leq y_a(\min) + 0,5 \text{ mm}$
2. $y_l(\max) \leq y_a(\max) + 0,5 \text{ mm}$, sowie

für Gruppe D:

$$y_l(\min) \text{ und } y_l(\max) \leq y_a(\min) + 0,5 \text{ mm.}$$

Um etwaige Einflüsse des Schwellenstoffes, der Unterhaltungsart, der Einbauweise, der Schwellenlängen und des Untergrundes auffinden zu können, sind Holz- und Stahlschwellen getrennt untersucht und ferner noch Unterteilungen nach Verwendungsbezirken, Schwellenlängen und Untergrund vorgenommen worden.

Innerhalb der beiden Gruppen Stahlschwellen und Holzschwellen wurde zunächst nach den Ordnungsklassen der Gleise [Sonderklasse (1a), 1. Ordnung und 2. Ordnung] unterteilt, weil die Gleispflege sehr verschieden ist oder sein kann.

Untergliederungen nach Bezirken — Baden, Bayern, Niederlande 1 und 2, Preußen und Schweiz — wurden vorgenommen, weil bei jeder der Bezirkegruppen eine der Biegelinienformen A bis D vorherrscht und daraus gewisse Rückschlüsse auf die Art der Verlegung und der Unterhaltung zu ziehen sind.

Die Eingruppierung nach Schwellenlängen bereitet bei einem Teil der Holzschwellen Schwierigkeiten, die in Abschnitt III geschildert werden. Etwa vorgekommene Irrtümer können Fehler bei Bestimmung der Unterlageziffern verursacht haben, dagegen keine bei den mittleren Senkungen, auf die es hier in erster Linie ankommt.

Der Untergrund wurde in vier Gütegrade gegliedert.

I. Bester und guter Untergrund: Fels, Kies, Kies mit grobem Sand u. dergl.

II. Leidlicher Untergrund: Grober Sand, trocken gelegter Letten- und Lehmboden u. dergl.

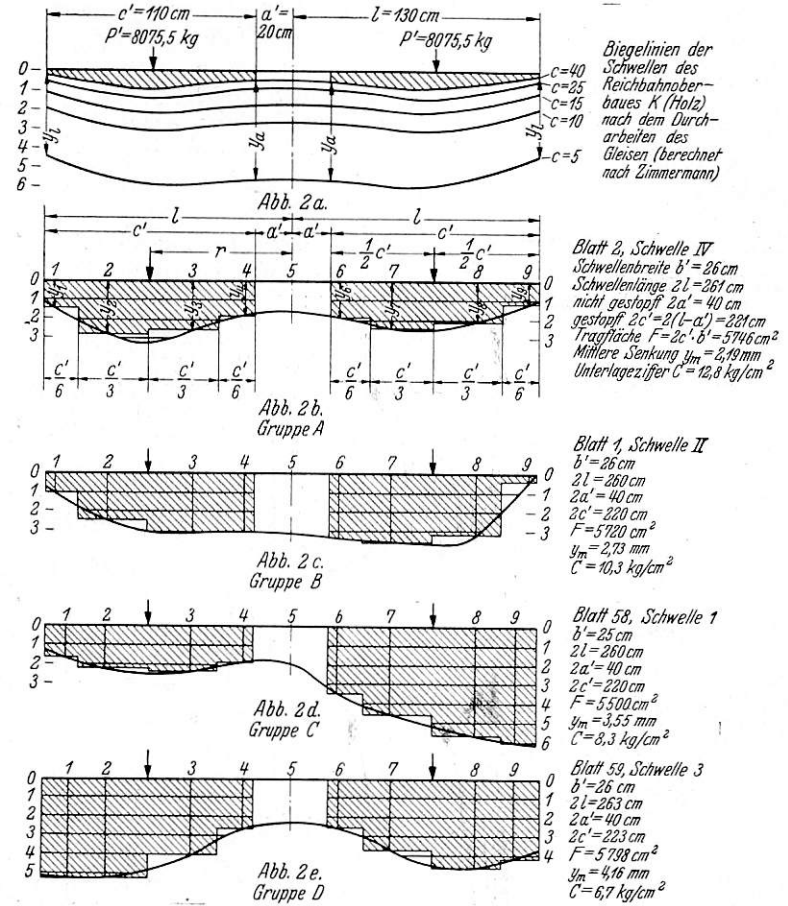
III. Mäßiger Untergrund: Feuchter Lehm, Letten, Löß u. dergl.

IV. Schlechter Untergrund: Nasser Lehm- und Lettenboden, Moor u. dergl.

Vergleicht man diese Liste mit Zusammenstellung 1 der Abhandlung von Petroni³⁾, in der die Unterlageziffern für verschiedene Bodenarten angegeben werden, dann gehören zu I: Die Bodenarten bis herab zu etwa $C = 16 \text{ kg/cm}^3$, zu II: Baugrund von $C = 15$ bis $C = 9$, zu III: Baugrund von $C = 8$ bis etwa $C = 5 \text{ kg/cm}^3$ und zu IV: Boden mit $C \leq 4 \text{ kg/cm}^3$. Es sei schon hier darauf aufmerksam gemacht, daß bei Ermittlung

³⁾ Gleistechn. 1938, Heft 17/18, „Beitrag zur Frage der Unterlageziffer und der Druckverteilung in der Gleisbettung“.

des Einflusses dieser Bodenarten auf die Spannungen im Oberbau nicht diese kleinen C_u , sondern wesentlich größere Werte eingesetzt werden müssen. Die Erklärung wird in Abschnitt IV gegeben. Wegen der oft spärlichen Angaben mußte teilweise die Zugehörigkeit zu einer der drei Gruppen geschätzt werden.



Zahlentafel 2.

Bezirk	Niederlande						Baden, Bayern, Preußen, Schweiz									
Planmäßige Länge der Schwellen in m	2,70	2,70	2,60	2,55	2,50	2,45	2,40									
Länge des nicht gestopften Teils $2a'$ in m . .	0,50	0,30	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60									

Dabei können Fehler unterlaufen sein. Da aber — wie sich zeigen wird — die Vergleichsergebnisse sowohl für jeden Untergrund allein, als auch für alle Bodenarten zusammen ähnliche Merkmale tragen, beeinträchtigen die möglichen Irrtümer bei der Eingliederung die Zuverlässigkeit der Schlußfolgerungen nicht.

Zur Bestimmung der Durchschnittswerte werden bei den Senkungen und Bettungsdrücken die arithmetischen Mittel gebildet, während für die Unterlageziffern gilt:

$$\text{Durchschnittliche Unterlageziffer} = \frac{\text{durchschnittl. Bettungsdruck in kg/cm}^2}{\text{durchschnittl. Senkung in cm}}$$

Würde man aus den Unterlageziffern jeder einzelnen Schwelle das arithmetische Mittel ziehen, dann würden bei starker Streuung viel zu hohe Durchschnittszahlen und außerdem häufig bei zwei Gruppen mit gleicher durchschnittlicher Senkung und gleichen Bettungsdrücken ganz verschiedene durchschnittliche C-Werte entstehen.

II. Untergliederung der 133 Stahlschwellen.

Alle 133 Stahlschwellen sind in 17 Gruppen a bis r unterteilt worden und zwar nach Verwendungsbezirken (Baden, Bayern, Preußen, Schweiz) sowie außerdem nach Schwellenlängen. Innerhalb dieser Gruppen erfolgt ferner Unterteilung nach Untergrundziffern I bis IV. Die Schwellengruppen werden durch die Gliederungen kleiner, so daß Zufälligkeiten einen zu starken Einfluß auf die für das Auffinden der Gesetzmäßigkeiten zu bildenden Durchschnittszahlen ausüben können. Die Bildung großer Gruppen unter Außerachtlassung bedeutender Einflüsse würde aber die Auffindung von Gesetzmäßigkeiten noch viel mehr erschweren und die Ergebnisse weit unsicherer machen.

Die Untergruppen wurden, um zunächst Aufschluß über den Einfluß der Unterhaltungsart zu gewinnen, in drei Hauptgruppen zusammengefaßt und zwar:

Zahlentafel 3a, 19 Stahlschwellen in Gleisen der Sonderkl. (1a), Zahlentafel 3b, 75 Stahlschwellen in Gleisen 1. Ordnung, Zahlentafel 3c, 39 Stahlschwellen in Gleisen 2. Ordnung.

Wirklich vergleichbar sind nur die Schwellen auf einigermaßen gleichartigem Untergrund. Hierbei hat die Gruppe IV die größten Streuungen. Die Angaben über den Untergrund sind oft sehr spärlich. Beispielsweise wird von Moorboden nie der Feuchtigkeitsgrad, selten die Dicke der Moorschicht, manchmal sogar noch nicht einmal die Tiefe unter SO angegeben, obwohl diese Faktoren die Senkungen außerordentlich beeinflussen. Daher sind Gesetzmäßigkeiten bei der Untergrundart IV schwerer aufzufinden als bei den Untergrundarten I bis III, obwohl auch bei diesen noch einige Schwankungen vorhanden sind und bei der Urteilsbildung beachtet werden müssen.

Bei den Untergrundarten I bis III sind im Durchschnitt

Zahlentafel 3a. 19 Stahlschwellen in Gleisen der Sonderklasse (1a).

Untergrund	Gruppe	Bezirk	Niederschrift 113, Anl. 4, Blätter	Oberbau und Schienen	Stahlschwelle		Schwellenmengen					Durchschnittl. mittl. Senkungen y _m (mm)				Durchschnitts-Bettungsdrücke p _m kg/cm ²	Anzahl der Schwellen mit Unterlageziffer C (abgerundet)												
					Form	Länge m	Gesamtzahl	davon Biegeform				% Anteil A	der Biegeform				Durchschnitt	60 bis 50	49 bis 40	39 bis 30	29 bis 20	19 bis 15	14 bis 12	11 u. 10	9 u. 8	7 u. 6			
								A	B	C	D		A	B	C												D		
I	a	Baden	81, 82	B 49	Sw 1	2,5	7	—	7	—	—	0	—	1,88	—	—	1,88	3,10	—	—	—	3	1	3	—	—	—	—	—
	b	Preußen	51 52	Pr 15 B 49	Sw 5 Sw 1	2,5	8	7	—	1	—	88	0,91	—	0,87	—	0,90	3,30	2	1	4	1	—	—	—	—	—	—	
III	c	Preußen	24	15	71	2,7	4	1	3	—	—	25	3,05	2,94	—	—	2,97	3,05	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	

Zahlentafel 3b. 75 Stahlschwellen in Gleisen 1. Ordnung.

I	d	Baden	88, 89 90	140	100	2,4	10	6	—	4	—	60	1,13	—	1,15	—	1,14	3,89	—	1	7	2	—	—	—	—	—	—
	f	Bayern	87	K 49	Sw 7	2,5	4	2	—	2	—	50	1,35	—	1,46	—	1,40	3,10	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—
	i	Schweiz	93, 94 103, 104	I	I	2,55	10	9	1	—	—	90	0,95	1,17	—	—	0,97	3,49	—	4	5	1	—	—	—	—	—	—
	k	"	93, 94 98, 99	I	I	2,7	12	9	3	—	—	75	1,10	1,58	—	—	1,22	3,05	—	—	5	4	3	—	—	—	—	—
II	g	Preußen	42, 45 46	K 49	Sw 7	2,5	9	5	1	2	1	56	1,71	2,10	1,87	1,60	1,77	3,10	—	—	—	3	5	1	—	—	—	—
	h	"	4, 48	Pr 15	Pr 71	2,7	6	2	2	2	—	33	1,61	2,57	2,59	—	2,25	3,05	—	—	—	1	2	2	—	1	—	—
III	d	Baden	76	140	100	2,4	4	2	—	—	2	50	2,71	—	—	2,16	2,44	3,89	—	—	—	—	3	1	—	—	—	—
	e	"	74, 77	K 49	Sw 7	2,5	6	2	1	2	1	33	2,00	1,84	2,19	2,21	2,07	3,10	—	—	—	—	3	3	—	—	—	—
	f	Bayern	75	B 49	Sw 1	2,5	4	—	—	1	3	0	—	—	1,49	2,40	2,17	3,10	—	—	—	1	—	3	—	—	—	—
IV	i	Schweiz	102	I	I	2,55	2	2	—	—	—	100	4,87	—	—	—	4,87	3,49	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
	k	"	100, 101	I	I	2,7	8	5	—	3	—	63	2,65	—	5,72	—	3,80	3,05	—	—	—	2	—	—	1	1	2	2

Zahlentafel 3c. 39 Stahlschwellen in Gleisen 2. Ordnung.

II	m	Bayern	83	IX		2,5	4	1	—	2	1	25	1,69	—	1,80	2,41	1,92	3,50	—	—	—	2	2	—	—	—	—	—
	n	"	71, 72	X		2,7	6	3	—	—	3	50	1,96	—	—	2,72	2,34	2,92	—	—	—	—	2	2	2	—	—	—
	o	Preußen	9	15	71	2,7	1	—	1	—	—	0	—	5,09	—	—	5,09	3,05	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
	p	Schweiz	96	I	I	2,55	4	2	1	1	—	50	1,86	2,02	1,92	—	1,93	3,49	—	—	—	1	3	—	—	—	—	—
	q	"	95	I	I	2,7	2	2	—	—	—	100	2,42	—	—	—	2,42	3,05	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
III	n	Bayern	65	X		2,7	4	1	—	1	2	25	2,63	—	2,74	3,10	2,89	2,92	—	—	—	—	1	2	1	—	—	—
	o	Preußen	30, 36	8	51	2,7	8	1	6	1	—	13	1,93	2,69	2,25	—	2,54	3,05	—	—	—	1	5	1	1	—	—	—
	r	Schweiz	91	II	II	2,44	2	—	—	—	2	0	—	—	—	3,53	3,53	3,88	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
IV	l	Baden	66, 67	140	100	2,4	6	3	—	3	—	50	2,74	—	3,46	—	3,10	3,89	—	—	—	—	3	1	1	1	—	—
	o	Preußen	23	8	51	2,7	2	1	—	1	—	50	3,94	—	2,88	—	3,41	3,05	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—

die mittleren Senkungen der Schwellen in Gleisen 2. Ordnung deutlich größer als in Gleisen 1. Ordnung. Dagegen ist kein besserer Zustand bei den Gleisen der Sonderklasse im Vergleich zu Gleisen 1. Ordnung festzustellen. Wohl ist bei Untergrund I die beste Gruppe (b mit durchschnittlicher $y_m = 0,90$ mm) in Zahlentafel 3a (Sonderklasse) zu finden; diese enthält aber auch die ungünstigste Gruppe auf Untergrund I (a mit $y_m = 1,88$ mm), während in Zahlentafel 3b (1. Ordnung) die ungünstigste Gruppe (f) auf Untergrund I nur $y_m = 1,4$ mm als Höchstwert aufweist. Offensichtlich ist also der Unterhaltungszustand in den Gleisen der Sonderklasse nicht deutlich besser als in denen 1. Ordnung; deshalb sind diese beiden Gruppen (Zahlentafel 3a und 3b) bei den weiteren Betrachtungen zusammengezogen worden.

Bei allen Untergrundarten fällt auf, daß die 2,7 m langen Schwellen der Bezirke Bayern (Gruppe n) und Preußen (Gruppen c, h, o) wesentlich größere Senkungen erlitten haben als die 2,4 bis 2,55 m langen Schwellen und die 2,7 m langen Schwellen der SBB. Hierin kommt der Nachteil des viel zu schwachen Schwellenquerschnittes zum Ausdruck. Das Widerstandsmoment beträgt nur etwa 30 cm^3 , während bei dieser Länge und bei Übereinstimmung mit der Leistungsfähigkeit der Schienen etwa 42 bis 45 cm^3 erforderlich sind. Die Schwellen der Schweizerischen Bundesbahnen von 2,7 m Länge (Gruppe k) haben sich dagegen, weil ihr Widerstandsmoment $41,3 \text{ cm}^3$ beträgt, erheblich besser verhalten. Nur bei zwei Schwellen (Gruppe q; Gleis 2. Ordnung) ist die Senkung verhältnismäßig groß. Hier ist aber angegeben, daß das 1913 verlegte Gleis nie planmäßig reguliert worden ist, während die preußischen 2,7 m langen Schwellen ausnahmslos 2 bis 3 Jahre und die bayrischen längstens 4 Jahre vor der Messung durchgearbeitet waren. Bei beträchtlichen Unterschieden in der mittleren Senkung geben Durchschnittsbildungen ein schiefes Bild, daher ist es zweckmäßig, die 2,7 m langen preußischen und bayrischen Schwellen (insgesamt 31 Schwellen für alle Untergrundarten und Ordnungsklassen) getrennt von den übrigen 102 Schwellen zu behandeln.

In den Abb. 3a bis 3d sind als Beispiel für jede Biegeform A, B, C, D je zwei Biegelinien dargestellt, und zwar die mit der geringsten und die mit der größten vorkommenden mittleren Senkung auf allen Untergrundarten; in diesen Bildern sind die 2,7 m langen preußischen und bayrischen Schwellen bereits ausgeschaltet und für sie besondere Beispiele in den Abb. 3e bis 3g dargestellt, und zwar ebenfalls nur für die Ordnungsklassen 1 und 1a; die bayrischen 2,7 m langen Schwellen kommen lediglich in Gleisen 2. Ordnung vor, so daß sie hier nicht in Erscheinung treten.

Unter den dargestellten Biegelinien befinden sich einige mit offenbaren Meßfehlern. Voll ausgezogen ist jeweils der der Wahrscheinlichkeit entsprechende Verlauf, gestrichelt die aus den Meßpunkten entstehenden Linien. In vier Fällen zeigen die gestrichelten Linien ein Abbiegen der Schwellenenden, das praktisch nicht möglich ist. Hier hat sich sicherlich der Maßstab beim Aufsetzen auf die Kappenrundung etwas verschoben. Es genügt eine seitliche Verschiebung um 0,5 bis 1 mm, um einen Höhenmeßfehler von 0,5 mm herbeizuführen. Aber auch ohne Berichtigung dieser Fehler bleibt die Einreihung in die Gruppen A, B oder C die gleiche. In drei Fällen liegen offensichtlich bei Zwischenpunkten Hör- oder Schreibfehler um einen ganzen Millimeter vor. Aber auch hier ändert die Berichtigung nicht die Gruppenzugehörigkeit.

Die in den Zahlentafeln 3a bis 3c und den Abb. 3a bis 3g zu erkennenden Gesetzmäßigkeiten werden in Abschnitt IV zusammen mit gleichartigen Tafeln und Bildern für Holzschwellen erörtert.

III. Untergliederung der 243 Holzschwellen.

Auch die Holzschwellen wurden nach Verwendungsbezirken (Baden, Bayern, Preußen, Niederlande 1 und 2 sowie Schweiz)

unterteilt, und zwar in 10 Gruppen a bis k. Um eine allzu große Zersplitterung zu verhüten, sind kleine Schwellenmengen größerer Gruppen angegliedert worden, wenn sie trotz verschiedener planmäßiger Schwellenlängen keine andere Gesetzmäßigkeit verrieten. Hierfür ein Beispiel: Die vier Schwellen von Blatt 70 (bayrischer Oberbau X) haben Längen von $2 \times 2,73$ m, 2,59 m und 2,56 m; das Mittel ist 2,653, abgerundet 2,7 m, was der planmäßigen Länge dieses Oberbaus entspricht. Die vier Schwellen von Blatt 68 (Oberbau K 49, in Bayern verlegt) haben Längen von $2 \times 2,7$ m, 2,62 m und

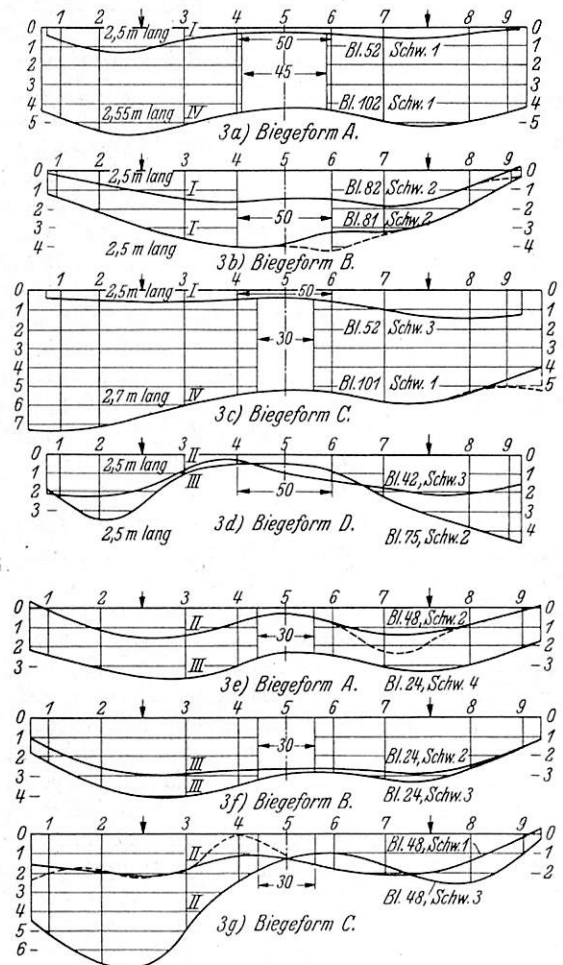


Abb. 3a bis d. 84 Stahlschwellen der Ordnungsklassen 1a und 1. Gruppen: a, b, d, e, f, g, i, k.

Abb. 3e, f, g. 10 Stahlschwellen der Ordnungsklassen 1a und 1. Gruppen c und h (Preußen 2,7 m lang).

Abb. 3a bis g. Biegelinien der Formen A bis D mit kleinsten und größten mittleren Senkungen bei den Untergrundarten I bis IV.

2,55 m; das Mittel ist 2,643 m, abgerundet 2,6 m, was wiederum der planmäßigen Länge entspricht. Der tatsächliche Unterschied ist aber beim Mittel nicht 10 cm, sondern nur 1 cm. Ferner haben bei beiden Gruppen — zufällig — drei Schwellen die Biegeform A. Es ist daher kein tatsächlicher Unterschied zu verzeichnen, so daß die Schwellen von Blatt 70 der großen Gruppe d angegliedert werden konnten, ohne daß dadurch irgend eine Gesetzmäßigkeit verschleiert wurde. Die Schwankungen der Schwellenlängen sind allenthalben sehr groß. Es mußte aber stets die wahrscheinlich planmäßige Länge bestimmt werden, um danach die Länge des nicht gestopften Teils 2a' und hieraus die Tragfläche und die Unterlageziffer bestimmen zu können. Ein etwaiger Irrtum wirkt sich nur in den Unterlageziffern, nicht bei den hier wichtigeren Senkungen aus. Im übrigen war es nur bei einigen Schwellen in Gleisen

2. Ordnung unklar, welche Länge als planmäßig zu gelten hat und wie hiernach die Tragfläche zu berechnen war. Hier wurden teils Schwellen 1. Klasse von 2,7 m und — seit Einführung des K-Oberbaus — von 2,6 m planmäßiger Länge, teils Schwellen 2. Klasse mit 2,5 m Soll-Länge verwendet. In diesen Zweifelsfällen ist das arithmetische Mittel der vier Schwellenlängen eines Blattes gebildet und auf volle 10 cm auf- oder abgerundet worden. Bei den Schwellen in Gleisen 1. Ordnung war es nie zweifelhaft, welche planmäßige Länge anzusetzen war (entweder 2,7 m oder 2,6 m in Deutschland, 2,7 m bei den Niederländischen Eisenbahnen und 2,55 m bei den Schweizerischen Bundesbahnen).

Wie bei den Stahlschwellen befindet sich auch unter den Holzschwellen eine größere Gruppe, die auffallende Unterschiede zu den übrigen Gruppen aufweist. Es sind das die 60 Holzschwellen der Niederländischen Staatsbahnen, deren Verhalten unter der Bettung von allen Schwellenarten die deutlichsten Aufschlüsse bringt. Während bei den übrigen 118 Holzschwellen der Ordnungsklassen 1a und 1 die Biegeform A mit 43% vorherrscht und die Biegeform B nur einen Anteil von 14% hat, gehören von den 60 niederländischen Schwellen nur 15 = 25% zur Gruppe A und 39 = 65% zur Gruppe B. Daraus geht deutlich hervor, daß die Biegeform B die Normalform ist; sie entsteht — wie sich auch aus der Berechnung ergibt — dadurch, daß bei der großen Länge von 2,7 m (tatsächlich im Mittel sogar 2,72 m) die Schwellenmitte auf die ungewöhnlich große Länge von 50 cm nicht unterstopft ist.

Es fällt ferner auf, daß in dieser großen Gruppe von 60 Schwellen die Biegeform D nicht vorkommt und nur bei sechs Schwellen = 10% Form C. Die Erklärung geben die Abb. 5a und 5b. Außerhalb der Schienen ist bis etwa zur Höhe der Schienenoberkante Bettung aufgefüllt. Deren Gewicht dichtet die Bettung vor und zwischen den Schwellenköpfen, so daß ein Herausquellen der belasteten Bettungssteine nach außen oder nach den Seiten unterbunden wird. Dieses günstige Verhalten weist deutlich darauf hin, daß die Schwellenköpfe nicht — wie es oft zu beobachten ist — nur auf halbe Höhe lose mit Bettung umhüllt werden dürfen, sondern daß die Bettung in den Feldern und vor Kopf mindestens bis Schwellenoberkante hochgeführt und dann noch festgestampft werden muß. Wird das allgemein sorgfältig durchgeführt, dann wird die Zahl der „reitenden“ Schwellen bestimmt zurückgehen und damit auch die Gleislage besser werden.

Nach Abb. 5a ist nun bei 36 Schwellen der Niederländischen Eisenbahn auch noch zwischen den Schienen die Bettung etwa bis SO. aufgefüllt. Diese Maßnahme gibt sich bei den Senkungsmessungen deutlich zu erkennen. Bei dieser Gruppe von 36 Schwellen — mit Niederlande 1 bezeichnet — haben 14 Schwellen = 39% die Biegeform A, 16 = 44% die Biegeform B und 6 = 17% die Biegeform C. Die Biegeformen A und B sind also bei dieser Untergruppe 1 fast gleich stark vertreten. Offensichtlich hat das Gewicht der aufgefüllten Bettung Steine unter die ursprünglich hohl gelassene Schwellenmitte gedrückt, so daß diese Stelle bei einem großen Teil der Schwellen zum Mittragen kam, teilweise sogar einseitiges „Reiten“ verursachte. Das Gegenstück dazu sind die übrigbleibenden 24 Schwellen — mit Niederlande 2 bezeichnet — deren Mitten von Bettung frei sind. Hier gehören nicht weniger als 23 Schwellen = 96% zur Biegeform B und nur eine Schwelle = 4% hat Biegeform A; C-Schwellen kommen überhaupt nicht vor. Hieraus ist eindeutig der starke, ja entscheidende Einfluß der Einbauart der Bettung auf die Dauerlage der Schwelle zu erkennen und die Lehre zu ziehen, daß erstens auf richtige Bemessung der nicht fest zu stopfenden Länge $2a'$, zweitens auf gutes Verfüllen der Schwellenfelder und Feststampfen der Bettung zwischen den Schwellen

und vor den Schwellenköpfen vor allem zu achten ist. Bei der Reichsbahn ist die letztgenannte Maßnahme zwar schon vorgeschrieben, sie wird aber leider recht oft nicht durchgeführt.

Wegen dieses abweichenden Verhaltens der Schwellen Niederlande 1 und 2 werden diese Gruppen (g und h) zweckmäßig gesondert behandelt. Vergleicht man nun die aus den übrigbleibenden 183 Schwellen wiederum gebildeten Hauptgruppen

Zahlentafel 4a, 22 Holzschwellen in Gleisen der Sonderkl. (1a),
Zahlentafel 4b, 96 Holzschwellen in Gleisen 1. Ordnung,
Zahlentafel 4c, 65 Holzschwellen in Gleisen 2. Ordnung,

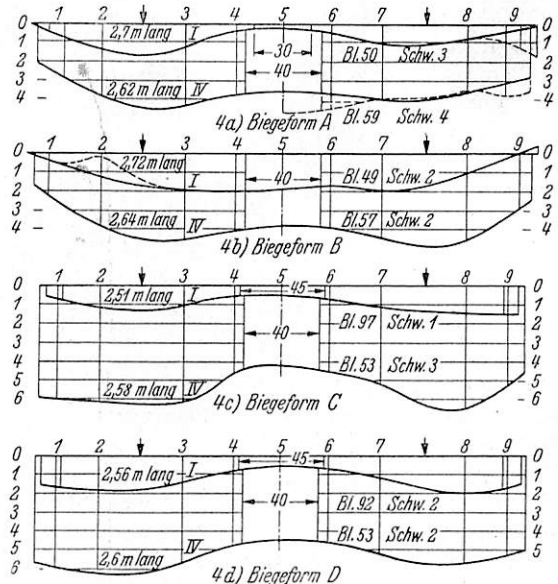


Abb. 4a bis d.

118 Holzschwellen in Gleisen der Ordnungsklassen 1a und 1.

Gruppen: a, b, c, d, e, f.

Biegelinien der Formen A bis D mit kleinsten und größten mittleren Senkungen bei den Untergrundarten I bis IV.

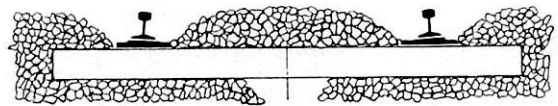


Abb. 5a.

Einbettung von 36 Schwellen der Niederländischen Eisenbahnen.
Gruppe 1, Blätter 10, 11, 14, 15, 18 und 19.

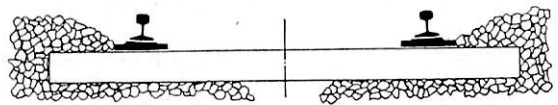


Abb. 5b.

Einbettung von 24 Schwellen der Niederländischen Eisenbahnen.
Gruppe 2, Blätter 12, 13, 16 und 17.

dann ist — ebenso wie bei den Stahlschwellen — kein deutlicher Unterschied im Unterhaltungszustand bei den Gleisen der Sonderklasse und der 1. Ordnung zu erkennen. Deshalb wurden die beiden Gruppen 4a und 4b — wie 3a und 3b bei den Stahlschwellen — zusammengezogen. Das ist bereits bei den Abb. 4a bis 4d geschehen, die für die vier Biegeformen A bis D jeweils die Schwellen in Gleisen der Ordnungsklassen 1a und 1 mit den kleinsten und den größten Senkungsmaßen zeigen. Auch hier enthalten einige Biegelinien offensichtlich Meßfehler. Die Schwelle 3 von Blatt 50 (Abb. 4a) zeigt ein praktisch nicht mögliches Abbiegen eines Schwellenkopfes. Es handelt sich hier um einen der wenigen Fälle, in denen die Berichtigung zur Eingruppierung in eine andere Biegeform führt. Ohne Berich-

läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Vorstellbar ist das nicht; wohl aber muß es als wahrscheinlich gelten, daß Veränderungen der Oberfläche des Untergrundes (der Zustand des Planums) Verschlechterungen der Biegeform verursacht. Besteht der Untergrund aus Fels (I), dann ist das Planum nahezu unveränderlich. Liegt die Bettung aber auf einem Damm, in dem Lehm enthalten ist, dann kann — selbst wenn der Damm im allgemeinen trocken ist — sich auf der Oberfläche stellenweise Wasser ansammeln, das Planum aufweichen und dadurch die Bettung in Unruhe bringen. Es ist danach wahrscheinlich, daß die kleine Überlegenheit des Untergrundes I nicht auf den besseren Untergrund selbst, sondern auf den besseren Zustand des Planums, also der Oberfläche des Untergrundes, zurückzuführen ist. Als Ursache von Veränderungen der Biegeform A zu B, C oder D bleiben demnach die zwei Faktoren übrig: 1. Einbau- und Stopfart, 2. Zustand des Planums, während der dritte als möglich erscheinende Veränderungsfaktor, die Nachgiebigkeit des Untergrundes, höchstwahrscheinlich außer Betracht bleiben kann und muß. Er beeinflußt lediglich die Beanspruchung der Schienen und Schwellen.

Daß die vorgeschilderten Überlegungen richtig sind, bestätigen die Abb. 3a bis 3g. Die Biegelinien A haben sowohl in Abb. 3a als auch in Abb. 3e keine ausgeprägtere Form bei dem schlechteren Untergrund als bei dem besseren; sie sind nur im ganzen tiefer gesunken. Weitere Beweise bringen die Gegenstücke in Abb. 3b und 3g. Obwohl der Untergrund in beiden Fällen für beide Linien der gleiche ist, sind die Formen verschieden ausgeprägt. Hier kann nur die Art der Stopfung oder der verschiedene Zustand des Planums die mehr oder weniger starke Verformung veranlaßt haben.

Eine weitere Bestätigung dafür, daß Nachgiebigkeit des Untergrundes Veränderungen der Bettung und damit auch Verschlechterungen der Gleislage nicht veranlaßt, bieten die Abb. 4a bis 4d für Holzschwellen. Auch hier sind die Schwellen auf Untergrund IV lediglich im ganzen tiefer gesunken als die auf Untergrund I, ohne daß ihre Formen deutlich ausgeprägter sind.

Die Unabhängigkeit der Gleislage vom eigentlichen Untergrund wird betont, um zu zeigen, daß die Gleislage nahezu ausschließlich durch überall leicht anwendbare Maßnahmen: Sorgfältiges Stopfen und geeignete Schwellenform sowie gute Entwässerung und Befestigung des Planums gebessert werden kann und daß dadurch auch Strecken auf moorigem Untergrund für hohe Fahrgeschwindigkeiten geeignet gemacht werden können. Eine mäßige Geschwindigkeitsbeschränkung ist nur im Hinblick auf die größeren Biegungsbeanspruchungen der Schienen bei den kleineren Unterlageziffern in Moorstrecken erforderlich, nicht aber wegen einer durch den Untergrund bedingten schlechteren Gleislage.

Für Holzschwellen wird in den Zahlentafeln 6a und 6b eine gleichartige Zusammenstellung geboten wie für Stahlschwellen in den Zahlentafeln 5a und 5b. Hierin kommt die Unabhängigkeit der Gleislage von der Nachgiebigkeit des Untergrundes noch deutlicher zum Ausdruck als bei den Stahlschwellen. Sowohl bei den Einzelgruppen 1 bis 6 als auch bei den Mittelwerten sind die Anteile der A-Schwellen bei den Untergrundarten II, III oder IV ausnahmslos etwas höher als bei Untergrund I. Das mag ein Zufall sein; aber ebensogut muß dann auch die kleine Überlegenheit des Untergrundes I bei den Stahlschwellen als zufällig bewertet werden. Bei den niederländischen Schwellen (Zahlentafel 6b) ist der Anteil der A-Schwellen auf Untergrund II höher als auf Untergrund III. Das hat aber auch nichts mit der verschiedenen Nachgiebigkeit zu tun, sondern ist auf die in Abschnitt III geschilderte Einbauart zurückzuführen; außerdem ist hier die Biegeform B als normal anzusehen.

Sowohl in den Zahlentafeln 5a/b als auch 6a/b sind

Durchschnitte der A-Anteile für die Untergrundarten I bis III und I bis IV gebildet worden. Es ist zu erkennen, daß sowohl bei den meisten Untergruppen als auch bei den Durchschnitten die Hundertteile der Biegeform A bei den Stahlschwellen höher sind als bei den Holzschwellen. Offensichtlich verändert sich also die Bettung unter Holzschwellen durch die Einwirkungen des Betriebes stärker als unter Stahlschwellen. Das ist dadurch erklärlich, daß die unter den Schwellen befindlichen, belasteten Bettungssteine bei Holzschwellen den Drücken durch Wandern nach den Schwellenfeldern hin leichter ausweichen können als bei Stahlschwellen. Hier ist die Bettung im Hohlraum der Schwellen bei jeder Schwellenhälfte auf drei Seiten von den Schwellenwänden und der Kappe umschlossen; ein Ausweichen ist nur nach der lose verfüllten Mitte zu möglich. Wenn es gelingt, auch an dieser Stelle Verschiebungen der Bettung zu verhindern⁴⁾, ist — unter Voraussetzung guter, gleichmäßig fester Verfüllung des Hohlraums einerseits und guter Entwässerung des Planums andererseits — eine ausgezeichnete, sich auf die Dauer erhaltende Gleislage zu erwarten. Bei Holzschwellen ist die Unveränderlichkeit der Bettung viel schwerer zu erzielen.

Der größere Anteil der A-Form bei den Stahlschwellen macht sich auch bei den durchschnittlichen Senkungen y_m bemerkbar. Sie sind in den Durchschnittszahlen für die Untergrundarten I bis III in den wichtigsten Gruppen bei Stahlschwellen 0,1 bis 0,4 mm, meistens 0,2 mm oder 10 bis 15% geringer als bei Holzschwellen. Dieser Unterschied ist nicht etwa auf größere Elastizität der Holzschwellengleise an sich, sondern auf höhere Anteile der verformten Biegelinien B bis D zurückzuführen. Zu ihnen gehören auch größere durchschnittliche Senkungen. Zwar kommt auch Verformung der Bettung vor, ohne daß die Biegeform A verlassen wird; in solchen Fällen kann von vier Schwellen des gleichen Gleises eine A-Schwelle eine größere mittlere Senkung haben als eine C- oder D-Schwelle. Aber das sind Ausnahmen. Im großen Durchschnitt bringt hoher Anteil der A-Schwellen kleinere durchschnittliche Senkungen und vor allen Dingen gleichmäßigere Gleislage ein. Das geht aus der Gegenüberstellung der Senkungsunterschiede von Stahl- und Holzschwellen hervor. In jeder Schwellengruppe zu je vier Schwellen eines Blattes sind die Unterschiede der Senkungen ermittelt und aus allen zu den Ordnungsklassen 1a und 1 sowie zu Untergrund I bis IV gehörigen Schwellen (ohne 2,7 m lange Stahlschwellen Preußen und Bayern und ohne Holzschwellen Niederlande 1 und 2) der mittlere Senkungsunterschied bestimmt worden. Getrennt davon sind auch die Mittel gebildet für die Blätter, auf denen nur drei oder zwei Schwellen verzeichnet sind. In jedem Fall ergibt sich ein um rund 0,2 mm größerer Senkungsunterschied bei Holzschwellen, ob es sich nun um Gruppen mit vier, drei oder zwei Schwellen handelt. Für drei und vier Schwellen ist der mittlere Fehler 0,7 mm bei Stahl und 0,9 mm bei Holz. Daraus geht hervor, daß die bei Holzschwellen um durchschnittlich 0,2 mm größeren mittleren Senkungen nicht auf größere Elastizität, sondern ausschließlich auf größere Höhenfehler zurückzuführen sind. Beachtlich ist auch, daß die 1 mm überschreitenden Höhenfehler (von je vier gemessenen Schwellen) bei Holzschwellen größeren Anteil haben (24% gegen 18%). In Gleisen 2. Ordnung liegen die Verhältnisse noch weit ungünstiger für Holz. Hier sind überhaupt nur wenige Schwellengruppen zu finden, die Höhenfehler unter 1 mm haben (mittlerer Fehler 1,5 mm), während bei Stahl keine Verschlechterung im Vergleich zur 1. Ordnung festzustellen ist. Nur die 2,7 m langen preußischen und bayrischen Schwellen verhalten sich ungünstiger, wenn auch nicht so ungünstig wie Holzschwellen in Gleisen 2. Ordnung.

⁴⁾ Das wird durch Einführung geschnürter Stahlschwellen, die voll ausgestopft werden können und müssen, möglich. In einem später folgenden Aufsatz soll das eingehend erörtert werden.

Wenn hier von Höhenfehlern gesprochen wird, dann handelt es sich um Fehler in Richtung des Gleises, also Höhenunterschiede von Schwelle zu Schwelle. Die Höhenfehler der beiden Schienen auf einer Schwelle sind durch die Messungen des VMEV nicht erfaßt. Gerade die Senkungen der Schienen-sitze, die Aufschluß über verschiedenartiges Nachgeben der beiden Schienen geben könnten, sind nicht eingemessen worden; ob zeichnerisch die Durchbiegungen unter den Schienen richtig getroffen sind, ist nicht ganz sicher. Man könnte die stärkere Neigung der einen oder der anderen Schwellenart zum einseitigen Absinken noch an dem Anteil der C-Schwellen prüfen. Von den 84 Stahlschwellen der Ordnungsklasse 1/1a (ohne 2,7 m lange preußische und bayrische Schwellen) gehören 15 Schwellen

= 18%, von den 118 Holzschwellen der gleichen Ordnungs-klassen (ohne Niederlande) 22 = 19% zur Biegungsform C. In der 2. Ordnung (ohne preußische und bayrische 2,7 m lange Stahlschwellen) haben 33% Stahlschwellen und 34% Holzschwellen die Form C. Es ist also kein deutlicher Unterschied zu verzeichnen, jedenfalls kein schlechteres Verhalten der Stahlschwellen; bei diesen besteht im übrigen die Möglichkeit, das einseitige Absinken völlig zu unterbinden, soweit es auf Bettungsverschiebungen und nicht Planumsveränderungen zurückzuführen ist, und zwar durch Einführung geschnürter und voll auszustopfender Schwellen; das wird in dem in Fußnote 4) angekündigten Aufsatz dargelegt werden.

(Schluß folgt.)

Versuche mit geschweißten Eisenbahnschienen.

Die Entwicklung des Schienenstoßes als des schwächsten Teiles im Gleis hat im letzten Jahrzehnt in seiner baulichen Gestaltung auf verschiedenen Wegen erhebliche Fortschritte erfahren. Durch metallurgische Verfahren, Vergütung und Härtung, wurden mit Erfolg die Verschleißigenschaften der Schienenenden verbessert. Für die Beseitigung des Schienenstoßes überhaupt wurde als technisch und wirtschaftlich vorerst allein anwendbares Verfahren die Verschweißung zweier Schienenenden angewandt. Auf diese Weise sollte auch das lückenlose Gleis entstehen. Über die verschiedenen Ausführungsarten der Schweißung selbst, wie auch über die Bewährung und die Prüfung der geschweißten Schienenstöße sind im Fachschrifttum im Laufe der letzten Jahre verschiedene Ausführungen erschienen. Hier sei auf zwei interessante Zusammenfassungen aus der jüngsten Zeit hingewiesen.

Die VDI-Zeitschrift vom 2. Dezember 1939, Nr. 48, enthält eine bemerkenswerte Darstellung von Prüfversuchen mit geschweißten Eisenbahnschienen. Otto Graf VDI, o. Prof. an der Technischen Hochschule Stuttgart, berichtet einmal über die Herstellung von Schienenstößen mittels der Gasschmelzschweißung und der elektrischen Widerstandsschweißung (Abschmelzschweißung), dann aber auch über deren Prüfung auf ihre Dauerbiegefestigkeit.

Die Gasschmelzschweißungen wurden im Werk Autogen der I.G. Farbenindustrie in der Weise ausgeführt, daß die durch Brennschnitt vorbereitete Schweißlücke zunächst im Fuß, dann im Steg gleichzeitig mit zwei Schweißflammen — um ein Verziehen quer zum Gleis zu verhindern — und schließlich auch im Kopf geschlossen wird. An der Lauffläche des Kopfes kann zur Erreichung möglichst gleichwertiger Verschleißigenschaften ein Werkstoff von der Härte des Schienenkopfes eingeschmolzen werden.

Die elektrische Widerstandsschweißung wurde mit einer Abschmelzschweißmaschine bei der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Henningsdorf durchgeführt.

Für beide Schweißverfahren wurden vorwiegend die Schienen S 49a verwendet. Die Eigenschaften der Schweißverbindungen sind durch Bilder der Außenansicht der Schweißnähte, durch Skizzen der Schienenstöße, Aufnahmen von Bruchflächen, makroskopische Wiedergabe von geätzten Schnitten auch mit Angabe der Brinellhärteverteilung und Gefügeaufnahmen aus der Schweißfuge und den wärmebeeinflussten Nachbarzonen sehr übersichtlich dargestellt.

Zahlenmäßige Güteangaben werden über die Dauerbiegefestigkeit der nach beiden Verfahren geschweißten Schienenstöße gemacht. Von einer Stellungnahme zu der grundsätzlichen Frage, ob und inwieweit die auf der Prüfmaschine festgestellte Dauerbiegefestigkeit eine vergleichsfähige Beurteilungsgrundlage für die Widerstandsfähigkeit der Schienenstöße gegen die beim Befahren derselben wirklich auftretenden Beanspruchungsarten ergibt, ist abgesehen worden.

Das Verhalten einer Schienenverbindung bei oftmals wiederholter Biegebelastung wurde in dem Bericht in erster Linie zu dem Zwecke verfolgt, um die Güte der geschweißten Schienen mit den Eigenschaften der zugehörigen Vollschienen (diese sind gewalzte Schienen ohne Stoß und ungeschweißt) zu vergleichen, damit man weiß, ob und gegebenenfalls wieviel die Tragfähigkeit der geschweißten Schienen unter derjenigen der nicht geschweißten Vollschienen liegt. Als Vergleichsmaßstab ist die Widerstandsfähigkeit des Schienenstoßes gegen zwei Millionen Lastspiele bei Biegebelastung gewählt worden. Die Auflagerentfernung betrug in der Regel 100 cm bei Belastung in der Mitte. Die Zahl der Lastspiele war meist etwa 250 je Minute. Als ruhende Grundlast war am Schienenfuß oder am Schienenkopf eine Randspannung von etwa 1 kg/mm² vorhanden.

Unter diesen Versuchsbedingungen wurden für nicht gebrauchte Vollschienen (ungeschweißt), deren Fuß in der Zugzone lag, die sehr weit auseinanderliegenden Werte der Dauerbiegefestigkeit (Schwingweite) von 24 bis 42 kg/mm² ermittelt. Die bisherigen Versuche mit gebrauchten Schienen lassen nach der Angabe des Berichtes erkennen, daß die Dauerbiegefestigkeit im Schienenfuß innerhalb der für ungebrauchte Schienen genannten Grenzen lag. Kleinere Werte bis herunter zu 22 kg/mm² Dauerbiegefestigkeit wurden an gebrauchten Schienen gefunden, wenn der fehlerhaft gewordene oder Vertiefungen in der Lauffläche aufweisende Schienenkopf in der Zugzone lag.

Die Dauerbiegefestigkeit der durch Gasschmelzschweißung mit senkrechtem Stumpfstoß hergestellten Schienen wird mit dem Mittelwert von 18,5 kg/mm² angegeben. Bei in gleicher Weise hergestelltem schrägem Stumpfstoß wurden nahezu die gleichen Werte erreicht. Der Bruch begann in allen Fällen aus den gleichen Fehlstellen, aus Schweißfehlern in der Treffstelle von Steg und Fuß. Durch an den Fuß angeschweißte Seitenlaschen konnte die Dauerbiegefestigkeit nicht weiter gesteigert werden. Solche Laschen werden bei guter Schweißarbeit im Stumpfstoß als entbehrlicher Notbehelf angesehen.

Bei den durch Abschmelzschweißung hergestellten Stumpfstößen werden als unter den oben beschriebenen Prüfbedingungen erzielte Dauerbiegefestigkeitswerte angegeben 26 und 26,5 kg/mm², wenn der Schweißbart nur am Kopf entfernt ist, und 29,5 und 29 kg/mm², wenn der Schweißbart allseitig entfernt ist. Diese beiden Schienen besaßen als ungeschweißte S 49a-Schienen eine Dauerbiegefestigkeit von 33 und 42 kg/mm². Der Schienenfuß lag in der Zugzone. Die Brinellhärte des Stahles nahe der sehr schmalen, meist weniger als 1 mm breiten Stoßstelle wich nur wenig von der Härte des Schienenstahles ab. Der Bruch dieser Schienen trat vorzugsweise dicht neben dem Schweißbart ein; war dieser allseitig entfernt, so erfolgte er 4 bis 8 cm davon entfernt. Insgesamt besitzen diese durch Abschmelzschweißung erzeugten Schienen-

stöße Dauerbiegefestigkeiten, die im Bereich der Werte für Vollschienen liegen.

Geschweißte Schienen wurden auch mit einem Auflagerabstand von 100 cm durch stetig sich steigernde Biegebelastung in der Mitte über eine Walze von 10 mm Durchmesser belastet.

Mittels Gasschmelzschweißung hergestellte Schienenverbindungen ergaben bei senkrechtem geschweißtem Stoß Biegefestigkeiten von 65 und 58 kg/mm², bei schrägem geschweißtem Stoß solche von 72 und 58 kg/mm². Der nach dem Bruch gemessene Biegewinkel betrug bis 5°.

An den durch Abschmelzschweißung mit senkrechter Schweißfuge hergestellten Schienenstößen wurde eine Biegefestigkeit von 87 kg/mm² erzielt, wenn der Schweißbart am Kopf entfernt worden war, und eine solche von 63 kg/mm², wenn der Schweißbart allseitig entfernt worden war. Dabei waren diese Schienen vor der statischen Biegebeanspruchung etwa 2,1 Millionen Lastspielen des Dauerbiegeversuches unterworfen gewesen. Der Biegewinkel betrug bis zu 6,5°.

Zusammenfassend erklärt der Bericht, daß vom Festigkeitsstandpunkte aus eine weitgehende Anwendung der Schweißung im Schienenstrang angängig erscheint. Von welchem der beiden angewandten Schweißverfahren man Gebrauch macht, hänge von den Ausführungskosten, von der Möglichkeit der Anwendung im Gleis, nicht zuletzt von der Zuverlässigkeit des Schweißers ab.

Die etwa gleiche Größenordnung von Widerstandswerten, darüber hinaus eine wertvolle Zusammenfassung aller Schweißverfahren, von Betriebs- und Prüfergebnissen an geschweißten Schienen ist in dem „Bericht über die IV. Internationale Schienentagung“ in Düsseldorf (Verlag Stahleisen m. b. H. 1939) zu finden. Dieser enthält an Berichten: Aluminothermische Schweißung im Langschienenbau und im lückenlosen Gleis; Untersuchungen an widerstandsgeschweißten Schienen; vergleichende Untersuchung handgeführt oder automatisch elek-

trisch geschweißter harter Schienenstähle; die Entwicklung der autogenen Schienenstoßschweißung; Ungleichmäßigkeiten der Schienenstoßschweißung; über einheitliche Bedingungen für Prüfung und Abnahme geschweißter Schienenstöße; die wichtigsten Gesichtspunkte für die technische und wirtschaftliche Bewertung der Schienenstoßschweißung.

Die Verhandlungen erstreckten sich auf folgende Fragen: Die Prüfung von Schienenschweißungen, die Eigenschaften geschweißter Schienenstöße und Betriebsforderungen an die Schweißverfahren.

Der Schienentagungsbericht enthält wörtlich folgende Zusammenfassung: Die in der Entwicklung befindliche Schweißung von Schienenstößen nach den verschiedenen Verfahren bedarf einer eindeutigen Aufklärung der Gefüge- und Festigkeitseigenschaften der Stoßschweißungen sowie namentlich deren Bewertung nach einheitlichen Gesichtspunkten auf Grund der Forschung im Laboratorium und der Erfahrungen mit geschweißten Gleisen. Die Vereinheitlichung der Prüfung geschweißter Schienenstöße entspricht einem dringenden Bedürfnis. Die Frage sollte auf der nächsten internationalen Schienentagung wieder verhandelt werden.

Zur Frage der in der Praxis angewandten Prüfverfahren geschweißter Schienenstöße sei aus den Erfahrungen der Deutschen Reichsbahn noch angeführt, daß der statische Biegeversuch bisher vollkommen genügt hat. Wenn für diesen eine bestimmte Mindestdurchbiegung bis zum Bruch verlangt wird, wie sie beispielsweise bei den mit der elektrischen Widerstandsschweißung in der Werkstatt hergestellten Stößen 40 mm für die schweren Profile, 25 mm für die leichten Profile und bis 15 mm herunter für die altbrauchbaren Schienen beträgt, so hat die Vorschrift dieser einfachen Prüfung doch mit zu dem Erfolg geführt, daß die Zahl der im Betriebe eingetretenen Brüche außerordentlich gering ist.

Dr. Berchtenbreiter.

Persönliches.

Dr. Ing. Krabbe

Abteilungspräsident der Reichsbahndirektion Hamburg, ist am 19. Januar nach kurzer Krankheit verschieden. Angesichts der wissenschaftlichen Bedeutung Krabbes und seiner hervorragenden Leistungen auf dem Gebiet des Brückenbaues widmet ihm Geheimrat Schaper in der „Bautechnik“ einen warm empfundenen Nachruf, der die Verdienste des Verstorbenen um die Erweiterung unserer Erkenntnisse auf dem Gebiet der Brückenberechnung eingehend würdigt. Von besonderem Erfolg waren seine Forschungen hinsichtlich der Erfassung des dynamischen Einflusses der bewegten Lasten auf stählerne Brücken, wo ihm die Feststellung des dynamischen Beiwertes aus den Versuchsergebnissen gelang, die mit Hilfe der Brückenmeßwagen des Reichsbahn-Zentralamtes München gewonnen wurden. Verschiedene Entwürfe von Brücken der Deutschen Reichsbahn sind sein Werk, vor allem der preisgekrönte Ent-

wurf für die zweigleisige Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mannheim. In seiner letzten Stellung als Abteilungsleiter der RBD. Hamburg waren ihm die verantwortungsvollen Vorarbeiten für den Bau der Elbehochbrücke bei Hamburg übertragen. — Auch schriftstellerische Tätigkeit entfaltete K. Das Org. Fortschr. Eisenbahnwes. konnte noch, als seine letzte Veröffentlichung zu seinen Lebzeiten, von ihm und seinem Mitarbeiter Dr. Brückmann verfaßt, seine tief-schürfenden statischen Untersuchungen an einer kontinuierlichen Bogenbrücke mit Hilfe von Durchbiegungsmessungen veröffentlichen. — Der Nachruf schließt mit dem Hinweis auf die hervorragenden Eigenschaften Krabbes als Mensch, seine vornehme und bescheidene Art und sein aufrichtiges freundliches Wesen und sichert ihm den dauernden Dank seiner Behörde, des Stahlbaues und der Ingenieurwissenschaft für seine großen Leistungen über das Grab hinaus zu.

Rundschau.

Schweißung langer Schienen.

Die Delaware- und Hudson-Bahn in den Vereinigten Staaten von Nordamerika hat in jüngster Zeit bei Schenectady Schienen bis zu einer Länge von 2300 m zusammengeschweißt.

Dabei ist bemerkenswert, daß zunächst durch elektrische Widerstandsschweißung nach dem Arbeitsgang von Sperry die Schienen, deren Länge 39' (11,9 m) beträgt zu je zwölf Stück, also zu einer Länge von 143 m zusammengeschweißt werden. Dies geschieht mittels eines aus verschiedenen ausgerüsteten Wagen zusammengesetzten Schweißzuges, auf dem außer der Schweißung noch das Ausglühen des Schweißstoffes, sowie das Abgraten erfolgt. Das zusammengeschweißte Schienenstück wird auf Plattformwagen

gelagert und auf diesen, also in einer Länge von 143 m an die Verlegungsstelle verbracht. Die Vereinigung dieser Stücke im Gleis erfolgt durch Thermiterschweißung. Zum Vorziehen der Schienen auf den Wagen und zum Fortbewegen während des Arbeitsvorganges sind an den Enden des Wagenzuges Windwerke angebracht. Zur Erzeugung des Schweißstromes trägt der Schweißwagen eine Dampfturbinenanlage, die den Stromerzeuger antreibt und ihren Dampf von der den Schweißzug führenden Lokomotive erhält.

Die geschweißten Schienen liegen in einer Gegend, wo sie einer Temperatur von - 26° bis + 46° C ausgesetzt sind.

Umfassende Versuche wurden während mehrerer Jahre zur

Erprobung der Festigkeit elektrisch geschweißter Stöße ausgeführt. Es wurde der Spannungsausgleich bei langsamer Abkühlung beobachtet. Die Stöße wurden einer Ermüdungsprobe durch rollende Belastung mit einer Radlast von etwa 40 t ausgesetzt, wobei Schienenkopf und Fuß abwechselnd in Spannung waren. Ferner wurden Schlagversuche mit einem Schlaggewicht von annähernd 1 t Gewicht und einer Höhe von 6,60 m vorgenommen, wobei die Stützpunkte für die Schiene 1,20 m voneinander entfernt waren. Drei oder vier Schläge waren häufig nötig, um die Schweißstelle zu brechen.

Am Ende des Jahres 1937 hatte die Eisenbahngesellschaft annähernd 72 km Gleise mit auf große Länge geschweißten Schienen im Betrieb, ohne daß sich Anstände ergeben haben. Die normale durch Schweißung hergestellte Schienenlänge ist aber nur etwa 510 m.

Der Oberbau mit langgeschweißten Schienen hat eine besonders gute Bettung erhalten. Die Breitfußschienen sind durch kräftige federnde Platten auf den Holzschwellen befestigt.

Rly. Gaz.

Sander.

Elektrisches Meßverfahren zur Klärung des Knickvorganges bei Gleisverwerfungen.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat zum Studium des Verhaltens von Eisenbahngleisen bei Erwärmung einen Langschienenausschuß ins Leben gerufen, auf dessen Veranlassung

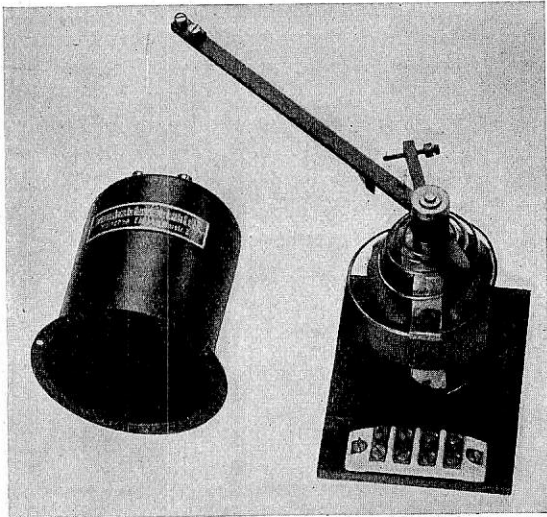


Abb. 1.

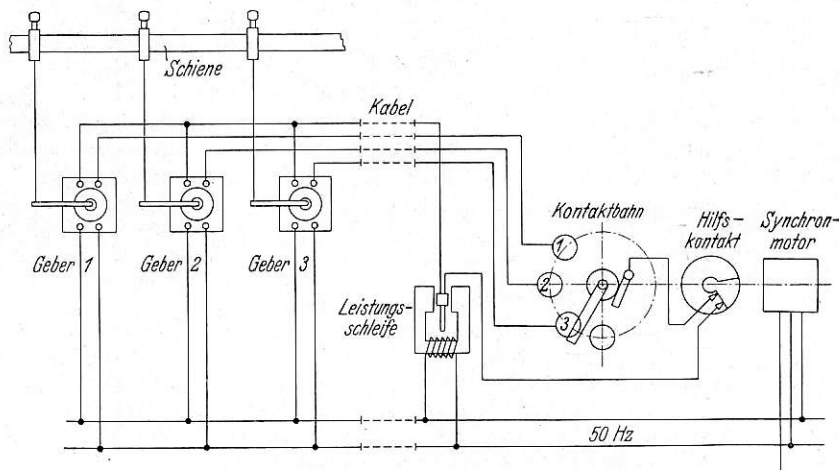


Abb. 2.

auf einem Versuchsstand der Technischen Hochschule in Karlsruhe ein 45 m langes Versuchsgleis hergestellt wurde. Die Erwärmung des Gleises geschieht auf elektrischem Weg, indem die eine Schiene zur Hinleitung, die andere zur Rückleitung eines

starken Wechselstromes benutzt wird. Die sich dabei entwickelnde Stromwärme verformt das Gleis. Der Grad der Verformung läßt sich durch entsprechende Wahl der Stärke des Stromes und dessen Einwirkungs-dauer beeinflussen. Da der Zustand des Gleises während der Verformung dauernd beobachtet werden muß, so

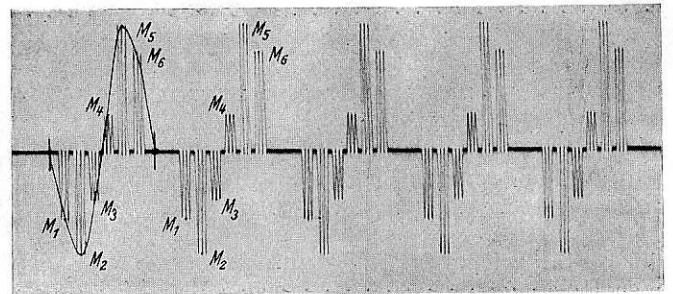


Abb. 3.

wird die Verschiebung der einzelnen Meßpunkte registriert. Neben einem von der Technischen Hochschule Karlsruhe entwickelten optischen Verfahren, bei dem sich die seitliche Verschiebung der Meßpunkte aus den Tangenten errechnen läßt, hat das Elektrotechnische Versuchsamt der Reichsbahn ein elektrisch-mechanisches Verfahren ausgearbeitet, bei dem die Verschiebungen unmittelbar gemessen werden können. Ein wesentliches Kennzeichen dieses elektrischen Verfahrens besteht außerdem darin, daß die einzelnen Meßstellen nacheinander in kurzen Zeiten durchlaufen werden. Die Ausführung ist so gewählt, daß 50 Meßpunkte in 2,5 Sek. abgetastet werden, worauf sich der Vorgang in kurzen Zwischenräumen wiederholt. Auf diese Weise ist also eine fortlaufende Überwachung der Gleisform möglich. In Anbetracht der hohen Abtastgeschwindigkeit erfolgt die Aufzeichnung der Meßgrößen durch einen kleinen tragbaren Oszillographen mit nur einer Meßschleife; die einzelnen Meßstellen werden durch ein Schaltwerk nacheinander an diese Schleife angeschlossen. Jede Meßstelle ist mit einem elektrischen Geber durch einen etwa 1,0 bis 2,0 m langen Stahldraht verbunden, wobei die Verschiebung in eine Verdrehung am Geber und diese wiederum in einen Ausschlag der Oszillographenschleife umgewandelt wird. Die Geber sind wie Drehtransformatoren gebaut, sie haben demnach eine feste „Ständer“- und eine bewegliche „Läuferwicklung“. Die Ständerwicklungen liegen unter sich parallel an einem 50periodigen Wechselstromnetz, die Läuferwicklungen sind dagegen durch ein mehradriges Kabel mit dem Schaltwerk verbunden.

Die Ansicht eines Gebers in offenem Zustand zeigt Abb. 1, dort ist auch der Hebel zu erkennen, an dem der vom Schienenkopf kommende Stahldraht angreift. Die Verdrehungsfeder sorgt dafür, daß der Stahldraht jederzeit gespannt bleibt. Die größten noch meßbaren Verschiebungen sind etwa ± 30 mm. Die grundsätzliche Schaltung der ganzen Einrichtung zeigt Abb. 2, die Art der Aufzeichnung (Oszillogramm) läßt Abb. 3 erkennen. In diesem Falle handelte es sich um einen Vorversuch mit nur sechs Meßpunkten, wobei die Verschiebung an diesen Stellen während der Registrierung unverändert blieb. Die „Umhüllende“ der Schleifenanzeigen gibt die Form des Gleises. Kammerer.

Schienthermometer.

Zur Messung der Temperatur der Schienen, die bei sommerlicher Besonnung in unseren Breiten 20 bis 25° C über Lufttemperatur erreichen kann, dienen Kontakt-Quecksilberthermometer oder Thermolemente*). Die ersteren können entweder in tragbare, kurze Schienenstücke eingebaut sein, die den gleichen Bedingungen ausgesetzt werden wie die Schienen, oder auf die Schienen selbst aufgelegt werden. Bei einer durch die italienischen Staatsbahnen entwickelten Meßvorrichtung ist das Quecksilberthermometer untrennbar mit dem tragbaren Schienenstück verbunden, dadurch daß seine Kugel in

der Bohrung des Schienenstückes mit Kupferamalgam umgossen ist um einen guten Kontakt mit dem Stahl herzustellen. Zur

*) Siehe auch Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 15. April 1931.

Ablesung des Thermometers wird ein Schieber auf der Oberfläche des Schienenkopfes geöffnet. Die Stirnflächen des Schienenstückes sind mit Asbest belegt, um einen Wärmeaustausch an dieser Stelle zu verhindern, wodurch sich das Stück den Verhältnissen einer langen Schiene nähert. — Gleichzeitig wurde eine unmittelbar an der Schiene anzubringende Meßvorrichtung entwickelt. Sie besteht aus einer flachen Hülse aus Buchsbaumholz, $290 \times 45 \times 22$ mm, in die ein Thermometer eingebaut ist, dessen sichtbare Skala 178 mm lang und in ganze Grade von -20 bis $+80^\circ\text{C}$ eingestellt ist. Es ist sehr empfindlich und enthält nur wenig Quecksilber. Sein Kolben ist mittels Kupferamalgam in Kupferblech eingebettet, das an die Kontaktplatte an der Unterseite des Holzkastens gelötet ist. Damit die Temperaturaufnahme nur durch die Kontaktplatte erfolgt, ist das Thermometer im übrigen gut wärme geschützt. Ein Klappdeckel im Gehäuse schützt den Quecksilberfaden vor Bestrahlung von außen. Das Kontaktblech mißt 48×26 mm bei 0,5 mm Stärke. An beiden Enden des Gehäuses sind Dauermagnete aus einer Aluminium-Nickel-Legierung von hoher Magnetisierbarkeit eingebaut, welche die Vorrichtung fest auf die Oberfläche des Schienenkopfes ziehen, und zwar jeder Magnet mit 1300 g Zugkraft. Vergleichende Messungen mit Präzisions-Thermoelementen zeigten, daß die Meßgenauigkeit der beschriebenen Vorrichtung $\frac{1}{2}^\circ\text{C}$ beträgt, während die Zeit für die Erreichung des Temperaturgleichgewichtes mit der Schiene 6 Min. nicht übersteigt.

Riv. tecn. Ferr. ital. Januar 1939.

Schn.

Härtung von Schienenenden in UdSSR.

Auch in UdSSR. wurden Versuche zur Härtung der Schienenenden als des meistbeanspruchten Teiles der Fahrbahn, und zwar mit gutem Erfolge gemacht. Das Verfahren bediente sich der bekannten Berieselung der von der Walzung kommenden heißen Schienen mit kaltem Wasser. 1935 wurden zwei neue Verfahren bekannt, die als Wärmequelle elektrischen Strom verwandten, ein Hochfrequenz-Induktionsverfahren von Prof. W. P. Wologdin und ein Kontaktverfahren von Prof. N. W. Heweling. Zunächst nur für die Härtung von Maschinenteilen angewendet, wurden sie bald auch für Schienen gebraucht.

Das Verfahren von Prof. Wologdin besteht darin, daß man über die zu härtende Schienenoberfläche parallel zu ihr eine Drahtschleife bringt und diese mit einem Strom hoher Frequenz und sehr großer Stärke speist. Diese Schleife bildet die Primärwicklung eines Hochfrequenztransformators, für den die benachbarte Schienenfahrfläche die Sekundärwicklung darstellt. Nur an deren Oberfläche werden durch die induzierten starken Wirbelströme innerhalb einiger Sekunden Temperaturen von 850 bis 900°C erzeugt. Da der hochfrequente Strom fast ausschließlich in den Außenschichten verläuft, wird das Innere des Schienenkopfes kaum erhitzt. Zur Erhitzung der Schiene wird die Stromschleife mit einer Geschwindigkeit von 5 mm/sec über die Schienenoberfläche hingeführt. Unmittelbar darauf wird die erhitzte Oberfläche der Schiene mit Wasser besprüht und dadurch gehärtet. Mit geringerem Primärstrom kann die Erhitzung der Fahrfläche auf 300 bis 600°C beschränkt werden, wodurch beim nachfolgenden Abschrecken eine niedrigere Aufhärtung erreicht wird. Mit der vorhandenen Vorrichtung konnte in der Versuchsanstalt des Prof. Wologdin in 2 Min. eine Schiene an beiden Enden auf 200 mm Länge gehärtet werden. Die Leistung des Hochfrequenzgenerators betrug 80 kW, an elektrischer Energie wurden für eine Schiene verbraucht 3,8 kWh. Die Kosten stellten sich für eine Schiene auf 98 kop. (rund 50 Pfg.). So gehärtete Schienenenden zeigten nach einem Verkehr von etwa 15 Millionen Tonnen nur eine ganz unbedeutende Abnutzung.

Beim Verfahren nach Prof. Heweling wird der elektrische Strom hoher Stärke und niedriger Spannung der Schiene unmittelbar durch zwei, mit einer Geschwindigkeit von 2 mm/sec darüber rollende Kontaktrollen zugeführt, die Erhitzung also durch den Widerstand erzielt. Es wird dabei eine Härtetemperatur von 800°C und eine Anlaßtemperatur von 350°C erreicht. Die Abkühlung erfolgt ebenfalls mit Wasser. Möglicherweise auftretende innere Spannungen werden in gehärteten Schienen durch Anlassen in einem besonders konstruierten elektrischen Widerstandsofen beseitigt. Die erzielte Brinellhärte betrug 350, vereinzelt auch 400 kg/mm^2 gegenüber 200 bis 215 bei nicht gehärteten Schienen-

enden. Der Übergang der Härteschicht, die 4 bis 6 mm tief ist, in den Schienenwerkstoff ist ein allmählicher.

Nach weiteren Versuchen mit dem Verfahren Wologdin kann man auch mit geringeren Generatorleistungen und vereinfachter Vorrichtung auskommen, so daß sich die Möglichkeit ergibt, die Schienen nicht nur in ortsfesten Anlagen, sondern auch in der Betriebsstrecke selbst zu härten. Das gilt auch von dem Verfahren Heweling, bei dem die Notwendigkeit der vorhergehenden Reinigung der zu härtenden Fahrfläche ausgeschaltet wurde. Bei diesem Verfahren will man auch den elektrischen Widerstandsofen, ohne seine Anlaßwirkung zu verschlechtern, durch eine einfachere Konstruktion ersetzen und damit den Arbeitsvorgang bedeutend verkürzen.

Beide Verfahren sollen die Anfangsschwierigkeiten überwunden haben und sowohl in ortsfesten Anlagen als auf der Strecke angewendet werden können. Doch sind noch Vervollkommnungen und Ergänzungen möglich, wodurch die Verfahren beschleunigt und verbilligt werden. Das Verfahren Heweling ist schon so weit vervollkommen, daß es in nächster Zeit zur Härtung von Herzstücken, Flügelschienen und Stoßlaschen versuchsweise angewendet wird.

Dr. Saller.

Einfluß schwerer Schienen auf die Gleisunterhaltungskosten.

Ein Ausschuß für Wirtschaftlichkeit in den Gleisarbeiten hat im März 1939 der Versammlung der American Railway Engineering Association einen Bericht über den Einfluß der Verwendung schwerer Schienen auf die Kosten der Gleisunterhaltung eingereicht. Dieser Einfluß ist teils mittelbar, teils unmittelbar. Es spielen neben den schweren Schienen eine Menge von Nebeneinflüssen mit, die sich besonders in der Lebensdauer der Schwellen äußern und erst nach Verlauf einer längeren Reihe von Jahren bestimmt werden können. Um statistische Angaben machen zu können, muß daher von gewissen Annahmen für die in weitem Umfang sich unterscheidenden Bedingungen, unter denen die Schienen verwendet sind, ausgegangen werden. Die Untersuchungen bezogen sich auf 39 Bahnen in den Vereinigten Staaten und in Kanada mit einer Länge von insgesamt 226 000 Meilen (rund 360 000 km). Die Einführung schwerer Schienen erfolgte zu verschiedenen Zeitpunkten zurück von 1916 und 1917 bis auf die neuere Zeit, wobei von 85 und 90 lb (42,1 und 44,6 kg/m) Schienen auf 100 bis 131 lb (49,6 bis 65,0 kg/m) übergegangen wurde. Maßgebend für diesen Übergang war im allgemeinen die Annahme, daß die alten leichteren Schienen den aufkommenden größeren Lasten und höheren Geschwindigkeiten nicht gewachsen sein können. Mehrere Bahnen entschlossen sich aber zu schwereren Schienen auf Grund der Annahme, daß die Schienen eine so viel längere Lebensdauer erhalten würden, daß sich das aufgewendete Kapital verzinsen würde. Zunächst wurden vor allem Strecken dichtesten Verkehrs mit schweren Schienen bedacht, wobei die schwächeren Schienen für schwächeren Verkehr wieder verwendet wurden. Ab etwa 1934 aber trat bei anwachsender Geschwindigkeit des Verkehrs die Frage der Sicherheit in den Vordergrund, und es wurden die Strecken mit den schnellsten Zügen bevorzugt. Da auch Strecken geringeren Verkehrs darunter waren, finden sich jetzt die schwereren Schienen unter den verschiedensten Verhältnissen verwendet. Da die schwere Schiene naheliegenderweise in lot- und waagerechter Beziehung größere Steifigkeit besitzt und die Bettungsdrücke auf größere Flächen verteilt, so ist die Strecke von vornherein mit geringeren Kosten zu unterhalten. Dieser Kostenrückgang wechselt aber in verhältnismäßig engen Grenzen je nach Art und Umfang des Verkehrs, und zwar schätzungsweise zwischen 20 und 50% in unmittelbarem Verhältnis zu Umfang und Geschwindigkeit des Verkehrs. Die schwere Schiene bringt auch stärkere Stoßverbindungen, größere Unterlagplatten, geringere Schwellenabnutzung usw. mit sich. Auch kommen den neuen schweren Schienen zum Unterschied von den älteren leichteren schon gewisse Fortschritte, Verbesserungen, Mechanisierungen im Gleisbau zugute, ohne daß diese einzeln herausgehoben zu werden vermöchten. Die längere Lebensdauer der schweren Schienen hängt von einer Anzahl von Einflüssen ab. Man hatte in einem Fall sich vom Übergang von 100 auf 130 lb-Schienen eine Verlängerung der Lebensdauer von fünfenehalb auf achteinehalb Jahre errechnet, in Wirklichkeit aber später mindestens zehn Jahre erhalten. Die Verlängerung der Lebensdauer gegen-

über der leichten Schiene ist zugleich mit einer Minderung der Unterhaltungskosten verbunden. Bei Zunahme der ersteren um 50% nehmen die letzteren etwa um $\frac{1}{3}$ ab, bei 100% etwa $\frac{1}{2}$, bei 150% etwa 60%.

Die schwerere Schiene verlängert ferner die Lebensdauer der Schwellen dadurch, daß sie die Verkehrsdrücke mehr verteilt und weniger Wellenbewegungen unterworfen ist. Auch die Schienennägel zerstören bei schweren Schienen, da sie weniger Unterhaltung brauchen, die Schwellen weniger. Man hat auch die Erfahrung gemacht, daß bei schweren Schienen viel weniger Arbeit zum Herausheben der Stöße anfällt, und zwar in unmittelbarem Verhältnis zu Umfang, Schwere und Geschwindigkeit des Verkehrs. Infolge der geringeren Wellenbewegungen werden besonders an den Gleisböden geringere Drücke und Schläge auf Bettung und Unterbau übertragen und weniger Spritzstöße erzeugt. Ein gleichlaufender Bettungsausschuß hat festgestellt, daß Stöße mit Verschlämmung zweieinhalb bis viermal so viel Arbeit erfordern als solche ohne.

An der Bessemer und Lake Erie Bahn wurde eine besonders scharf hervortretende Höchstleistung in der Wirkung der Anwendung schwererer Schienen auf die Herabsetzung der Unterhaltungskosten festgestellt. Während 100 lb-Schienen dort sechs Jahre ausgehalten hatten, erzielten 130 lb-Schienen 13 Jahre und die Unterhaltungskosten fielen um mehr als 50%. Dr. S.

Querschwellen aus Eukalyptus bei den Sowjetbahnen.

Die Sowjetbahnen haben seit 1930 bei Batum, also auf subtropischem, feuchtem Gebiet Versuche mit Eukalyptusschwellen gemacht. Heute nach neun Jahren sind die Schwellen noch so gut erhalten, daß sie kaum von ganz neuverlegten zu unterscheiden sind. Bei den Sowjets ist die Tränkung der Schwellen noch nicht so allgemein eingeführt wie in anderen Ländern. Unter den gleichen Verhältnissen wäre bei anderen Schwellen in gleicher Zeit eine viermalige Auswechslung eingetreten. Das Eukalyptusholz ist dicht, hart und widerstandsfähig gegen Feuer. Es braucht nicht getränkt zu werden. Die transkaukasische Bahn hat 250 ha mit Eukalyptus angepflanzt. Eine hervorstechende Eigenschaft des Eukalyptus ist sein schneller Wuchs. Kleine Setzlinge entwickeln sich in wenigen Jahren zu mächtigen, schönen, 35 bis 40 m hohen Stämmen. Heuer sind 750 000 Setzlinge gepflanzt worden und im kommenden Jahr werden auf 600 ha nochmals zwei Millionen gepflanzt. Dr. S.

Das Bauen im Winter und seine planmäßige Ausnutzung.

Die Deutsche Akademie für Bauforschung hat über das Bauen im Winter eingehende Untersuchungen angestellt, von denen Dr.-Ing. H. Kruschwitz in Vorträgen und Zeitschriften auszugsweise berichtet hat. Die Erfahrungen wurden abgeleitet aus Bauten der Reichsautobahnen, der Wehrmacht, des Reichsverkehrsministeriums und zahlreicher Bauunternehmungen. Ein ausführlicher Bericht soll demnächst veröffentlicht werden.

Die Untersuchungen betrachten das Bauen im Winter vornehmlich unter dem Gesichtswinkel der Leistungssteigerung für den eingesetzten Apparat an Menschen, Maschinen und Geräten. Es wird gezeigt, daß die Winterruhe im Baugewerbe viel stärker in althergebrachten Anschauungen, Stimmungen und Gewohnheiten verwurzelt ist als in den Widrigkeiten der Natur, die durch technische Hilfsmittel, kluge Plangestaltung und allgemeine Arbeitslenkung besiegt werden können. Nach dieser Richtung weist schon die Tatsache, daß die Winterruhe bisher vielfach bereits im November bei vergleichsweise erträglichem Bauwetter begann, während im Februar oft bei starkem Frost der Baubetrieb schon wieder einsetzte. Einflüsse der allgemeinen Konjunktur wirken dabei stark mit. Wenn beispielsweise eine Darstellung der jahreszeitlichen Arbeitslosigkeit im Baugewerbe des Deutschen Reiches zeigt, daß im Winter 1932/33 rund 900 000 Mann arbeitslos waren und daß

diese Zahl Jahr um Jahr fast gleichmäßig auf rund 200 000 Mann im Winter 1938/39 fiel, so läßt sich das so ausdrücken, daß der gestiegene Bedarf einfach zur stärkeren Ausnutzung des Winters genötigt hat. Mit der Gegenüberstellung „im Winter bauen müssen“ und „im Winter bauen wollen“ ist also die Tür zur Planmäßigkeit des winterlichen Bauens geöffnet.

Die Frage geht alle Beteiligten an, den Bauarbeiter, den Unternehmer und den Bauherren, damit schließlich auch die gesamte Volkswirtschaft.

Vom Bauarbeiter würde eine bessere Lenkung der Bauwirtschaft die Furcht vor der winterlichen Arbeitslosigkeit zum größten Teile nehmen. Wahrscheinlich würde damit auch ein stärkerer Anreiz für den berufsuchenden Nachwuchs als Gewinn zu suchen sein. Wie sich freilich die ungünstigeren Arbeitsbedingungen und die erhöhte Unfallgefahr im Krankenstande auswirken werden, lassen die bisherigen Verlautbarungen noch nicht erkennen.

Für den Unternehmer steht auf der Gewinnseite die bessere Ausnutzung seines Maschinen- und Geräteparks, ferner seiner Geschäftsstellen. Freilich wird dieser Gewinn dadurch vermindert, daß die zum winterlichen Bauen erforderlichen technischen Hilfsmittel Kapital- und Betriebskosten erfordern. Als solche Hilfsmittel zählen die bisherigen Veröffentlichungen mannigfache Überdachungen, Einschaltungen und Umhüllungen für Arbeitsplätze, Maschinen, Vorratslager und halb oder ganz fertige Bauteile auf, dazu noch Heiz- und Beleuchtungseinrichtungen. An sich sind diese Hilfsmittel natürlich bereits bekannt, über das Betonieren bei Frost gibt es schon zahlreiche Veröffentlichungen, auch ganze Bücher, z. B. von Böhm und Kleinlogel. Im ganzen hat der Unternehmer bei Winterbauten selbstverständlich mit höheren Selbstkosten zu rechnen, die zwar zu Buche schlagen, aber nicht schlechthin entscheidend zu sein brauchen: sie werden von Kleinlogel bei Hochbauten zu 1 bis 5%, bei Tiefbauten zu 4 bis 8% angegeben. Die Verteilung der Mehrkosten auf Unternehmer und Bauherrn wird also in vielen Fällen auf dem Wege der Vereinbarung möglich sein.

Denn auch für den Bauherrn kann die Ausnutzung der Winterszeit Vorteile bringen, so bei der Geldbeschaffung durch Erleichterung des Zinsendienstes, bei ertragbringenden Bauten durch frühere Nutzung. Freilich wird sich die Sorge vor Bau-schäden oft stimmungsmäßig hemmend auswirken.

Alles in allem sind also die Untersuchungen über das winterliche Bauen bedeutungsvoll und richtungweisend. Dr. Bl.

Holz-anstrich gegen Feuchtigkeit.

Forest Products Research Laboratory hat eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Anstrichmitteln für den Schutz des Holzes gegen Feuchtigkeit angestellt. Der Wirkungsgrad des Anstrichs wurde durch die Hundertzahl angegeben, die besagt, um wieviel weniger Feuchtigkeit von einem an der Oberfläche angestrichenen Holzstück im Verhältnis zum unbehandelten Holz aufgenommen wird. Die Probestücke wurden der Einwirkung feuchter Luft (25° C, 90% Luftfeuchtigkeit) ausgesetzt, was ungefähr der Beschaffenheit der Luft in einem Neubau vor der Austrocknung entspricht. Zum Beispiel nach siebentägiger Lagerung war die Wirkungszahl für Anstrich mit rohem Leinöl 0. Von Ergebnissen mit anderen Stoffen kann angeführt werden: Leinölfirnis doppelter Anstrich 2, Aluminiumpulver in Leinöl doppelter Anstrich 47, Aluminiumpulver in Bronzetinktur doppelter Anstrich 70, Ölanstrich zwei- bis dreimalig 75 bis 83, Bleiweiß auf zwei Grundanstrichen 76, Emailfarbe auf zwei Grundanstrichen 85, Asphalt doppelter Anstrich 90. Das beste Ergebnis, nämlich die Hundertzahl 96 bekam man bei Probestücken, die mit „gloss oil“ (eine Harzlösung mit Zusatz von Leim, Schwerspat und Asbestpulver) zweimal gestrichen wurden. Dr. S.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.