

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

15. März 1940

Heft 6

Veränderung der Bettung unter Stahl- und Holzschwellen.

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

(Schluß.)

2. Unterlageziffern.

Es ist nun weiterhin zu prüfen, welche Anhaltspunkte aus den Messungen des VMEV für die bei Oberbauberechnungen einzusetzenden Unterlageziffern zu gewinnen sind.

Wie schon in der Abhandlung „Die Berechnung des Querschwellen-Oberbaues“⁵⁾ ausgeführt wurde, muß es als unwirtschaftlich gelten, die Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge auf allen Linien so zu begrenzen, daß auch auf den kurzen Teilstrecken mit schlechtem Untergrund eben bei dieser Höchstgeschwindigkeit keine Überanstrengungen des Oberbaues eintreten. Ebenso unwirtschaftlich ist es, einen neu zu entwerfenden Oberbau so zu bemessen, daß die Höchstgeschwindigkeiten der ungünstigsten Fahrzeuge auch in den kurzen Strecken mit schlechtem Untergrund ohne Überanstrengung der Schienen gefahren werden können; in vielleicht 99% aller Strecken müßte dann der neue Oberbau als überdimensioniert gelten. Zweifellos entspricht es der Wirtschaftlichkeit, die Höchstgeschwindigkeiten neuer Fahrzeuge so festzusetzen, daß sie bei häufig vorkommenden mäßigen Untergrundarten und bei ebenfalls zu berücksichtigendem, mäßigem Unterhaltungszustand der Gleise den vorhandenen Oberbau mit normaler Schwellenteilung nicht überanstrengen und in den kurzen Strecken mit ungewöhnlich schlechtem Untergrund die Höchstgeschwindigkeit etwas herabzusetzen oder den Oberbau durch engere Schwellenteilung zu verstärken. Bei Befolgung dieses Grundsatzes müssen in die Oberbauberechnung als untere Grenze die kleinsten Unterlageziffern eingesetzt werden, die bei der betreffenden Oberbauart bis herab zu dem häufig vorkommenden Untergrund III entstehen.

In den Zahlentafeln 3a bis 3c und 4a bis 4c ist in den letzten Spalten für jede Untergruppe die Zahl der Schwellen angegeben, die auf die aus den Messungen errechneten Unterlageziffern verschiedener Höhe entfallen. In den Zahlentafeln 7a/b (Stahlschwellen) und 8a/b (Holzschwellen) sind die Untergruppen der Schwellen ebenso geordnet, wie in den Zahlentafeln 5a/b und 6a/b, und für die Untergrundarten I bis III die Stückzahlen der Schwellen vermerkt, deren Unterlageziffern $C \leq 15$, 14 bis 12, 11 oder 10 kg/cm³ usw. sind.

Die Summenbildungen in den letzten Spalten der Zahlentafeln 7a und 8a zeigen, daß bei den Stahlschwellen in Gleisen der Sonderklasse und der 1. Ordnung die kleinste vorkommende Unterlageziffer $C_{\min} = 12$ kg/cm³ ist. Diese Grenze wird sogar in Gleisen 2. Ordnung nur in einem Falle unterschritten. Bei den Holzschwellen kommen dagegen in Gleisen der Sonderklasse und in den besten Gruppen der 1. Ordnung in großer Zahl (22%) Schwellen mit $C = 10$ und 11 vor und in den übrigen Gleisen der 1. Ordnung sogar zwei Schwellen (= 6%) mit $C = 8$ und 9. Bei gleichen Flächen von 5500 cm² und Belastungen von 16115 kg entspricht der Abfall von $C = 12$ auf $C = 8$ einem Senkungsunterschied von 1,2 mm, also einem beachtlichen Maß. In den Oberbauberechnungen muß daher ein Unterschied zwischen Holz- und Stahlschwellen bei den C-Werten gemacht werden.

Die in der Abhandlung „Die Berechnung des Querschwellen-Oberbaues“⁵⁾ als geschätzt angegebenen C_{\min} -Werte lassen sich nach Vornahme der geschilderten sorgfältigen Auswertung der in der Niederschrift Nr. 113 des VMEV. angegebenen Meßergebnisse nicht aufrecht erhalten. $C = 15$ für Gleise der Sonderklasse ist auf $C = 12$ für Stahl und auf $C = 10$ für Holz zu ermäßigen. In Gleisen der 1. Ordnung kann bei Stahlschwellen ebenfalls $C_{\min} = 12$, bei Holzschwellen muß aber $C_{\min} = 8$ gesetzt werden. Für Gleise der 2. Ordnung ergeben sich nach den Zahlentafeln 7a und 8a die Werte $C_{\min} = 10$ für Stahlschwellen und $C_{\min} = 6$ für Holzschwellen.

Nach Zahlentafel 7b ist für die preußischen und bayrischen Stahlschwellen von 2,7 m Länge in den Gleisen der Ordnungsklasse 1a $C_{\min} = 10$, der Ordnungsklasse 1 $C_{\min} = 9$ und der Ordnungsklasse 2 $C_{\min} = 6$ kg/cm³.

Bei den Holzschwellen der Niederländischen Staatsbahn liegen nach Zahlentafel 8 die Kleinstwerte von C am tiefsten und zwar ist schon in der 1. Ordnung für Gruppe 1 $C_{\min} = 8$ und für Gruppe 2 $C_{\min} = 6$ kg/cm³.

Bekanntlich sind in der „Einheitlichen Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues beim VMEV.“⁶⁾ die Unterlageziffern unberücksichtigt gelassen, was sich in den Ergebnissen ähnlich auswirkt wie das Einsetzen von Unterlageziffern in der Größenordnung von $C = 50$ bis $C = 60$. Obige Zahlen beweisen, daß „Die einheitliche Berechnung des Oberbaues im VEMV.“ den tatsächlichen Verhältnissen keineswegs entspricht. Bemerkenswert ist, daß diese Berechnungsart von einer Verwaltung empfohlen wurde, für die sie am ungeeignetsten ist.

Es läßt sich natürlich einwenden, daß aus einer im Vergleich zur Gesamtstreckenlänge so geringen Zahl von Messungen nicht mit Sicherheit die häufig vorkommenden Kleinstwerte von C erkennbar sind. Zweifellos muß aber die Auswertung von 376 Messungen doch als zuverlässiger gelten als die einfache Schätzung. Jahrzehntlang wurde bei den Oberbauberechnungen nach Schätzung $C = 15$ in Hauptgleisen und $C = 8$ in Nebengleisen für alle Oberbauarten eingesetzt. Wenn jetzt durch Messungen festgestellt wurde, daß (ohne Untergrund IV) $C = 15$ in Hauptgleisen bei einem Anteil von

- 15% der Stahlschwellen neuerer Bauart
- 49% der Holzschwellen (Deutschland—Schweiz)
- 70% der Stahlschwellen älterer Bauart und
- 83% der Holzschwellen der Niederlande

und auch bei $C = 8$ in Nebengleisen bei

- 16% der Stahlschwellen älterer Bauart und
- 78% der Holzschwellen (Deutschland)

unterschritten wurde, dann ist das ein deutlicher Beweis für die Unzuverlässigkeit von Schätzungen.

Allein schon die Feststellung, daß zu den einzelnen Oberbauarten verschiedene Unterlageziffern gehören, ist ein wertvolles Ergebnis der Auswertung. Man kann schließlich nicht annehmen, daß für die Messungen ausschließlich Stahlschwellen mit bester Gleislage und ausschließlich Holzschwellen mit schlechtester Gleislage ausgesucht worden seien und so der

⁵⁾ Gleistechn. u. Bahnbau 1938, Hefte 11 bis 16.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXXVII. Band. 6. Heft 1940.

⁶⁾ Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1937, Heft 7.

Unterschied in den Senkungen und Unterlageziffern entstanden ist. Daß das nicht auf Zufälligkeiten zurückzuführen ist, die wegen des geringen Umfanges der Messungen zu starken Einfluß gewonnen haben könnten, geht auch aus folgendem hervor: Abteilungspräsident Herwig hat in seinem Vortrag „Die Schienenbruchstatistik der Deutschen Reichsbahn“, gehalten bei der IV. Internationalen Schienentagung 1938 in Düsseldorf, ausgeführt, daß die Zahl der Brüche beim Holzschwellenoberbau durchweg etwas größer ist als beim Stahlschwellenoberbau und daß die Gründe dafür noch erforscht werden müßten. Das dem Vortrag beigegebene Bild 1 zeigt, daß in jedem der sechs Jahre 1932 bis 1937 die Zahl der Brüche bei Holz höher war als bei Stahl und zwar schwankend zwischen 9% und 27%, im Mittel 20%. Es geht daraus deutlich hervor, daß die Schienen in Holzschwellengleisen mehr angestrengt werden als in Stahlschwellengleisen, wobei zu berücksichtigen ist, daß sich die Schienenbruchstatistik der Reichsbahn auf alle Schwellenarten bezieht, also in den Stahlschwellen auch die noch in großer Zahl vorhandenen viel zu schwachen älteren Formen (Preußen und Bayern 2,7 m lang) enthalten sind. Die Gründe für die größere Beanspruchung der Schienen und Holzschwellengleise werden eindeutig durch die vorgeschilderte Auswertung der Senkungsmessungen des VMEV. aufgedeckt. Wenn bei Holz die Höhenfehler größer sind als bei Stahl und die Unterlageziffern so viel kleiner, daß um mehr als 1 mm größere Senkungen unter der Belastung eintreten, dann ist auch die Beanspruchung der Schienen beachtlich höher und ebenso — beim Zusammenreffen ungünstigster Zustände — die Bruchgefahr. Da die Schienenbruchstatistik der Reichsbahn für das ganze Reichsgebiet gilt und in ihr gleichartige Erscheinungen zum Ausdruck kommen wie in den Messungen des VMEV., ist zumindest die Wahrscheinlichkeit sehr groß, daß die Messungen des VMEV. dem Reichsdurchschnitt gut entsprechen.

Bei Festsetzung der Unterlageziffern C_{min} für Oberbauberechnungen, die für das ganze Reich Gültigkeit haben sollen, wäre vielleicht noch zu berücksichtigen, daß bei den Stahlschwellen die Zahl der Messungen auf leidlichem und mäßigem Untergrund (II und III) verhältnismäßig geringer ist als bei den Holzschwellen, daß also vielleicht im ganzen Reich doch mit dem Vorkommen etwas kleinerer Unterlageziffern in den Gleisen 1. und 2. Ordnung mit Stahlschwellen zu rechnen wäre als bei den vorgenommenen Messungen. Aus Vorsicht werden daher folgende Kleinstwerte von C für die Oberbauberechnungen vorgeschlagen:

Stahlschwellen neuerer Bauart:

- Sonderklasse $C_{min} = 12 \text{ kg/cm}^3$
- 1. Ordnung $C_{min} = 10 \text{ kg/cm}^3$
- 2. Ordnung $C_{min} = 8 \text{ kg/cm}^3$;

Holzschwellen (ohne Niederlande) und Stahlschwellen 2,7 m lang (Preußen u. Bayern):

- Sonderklasse $C_{min} = 10 \text{ kg/cm}^3$
- 1. Ordnung $C_{min} = 8 \text{ kg/cm}^3$
- 2. Ordnung $C_{min} = 6 \text{ kg/cm}^3$;

Holzschwellen Niederlande:

- Gruppe 1, 1. Ordnung $C_{min} = 8 \text{ kg/cm}^3$
- Gruppe 2, 1. Ordnung $C_{min} = 6 \text{ kg/cm}^3$.

Für den Höchstwert der Unterlageziffer, der beim Bettungsdruck und häufig auch bei den Beanspruchungen der Schwellen maßgebend ist, wird einheitlich

$$C_{max} = 40 \text{ kg/cm}^3$$

empfohlen.

Bei Holzschwellen liegt zwar der höchste vom VMEV. gemessene Wert ($C = 35$) etwas tiefer und bei den Stahlschwellen in einigen Fällen über 40. Bei den zahlreichen Untersuchungen hat sich jedoch ergeben, daß die Unterschiede der Bean-

Zahlentafel 6a. 183 Holzschwellen (ohne Niederlande).
Anteile der A-Schwellen und mittleren Senkungen.

| Lfde. Nr. | Ordnungsklasse | Bezirk | Gruppe | Schwellenlängen (planmäßig) m | Untergrund I | | | Untergrund II | | | Untergrund III | | | Untergrund IV | | | I bis III | | I bis IV | | | | | |
|-----------|-------------------------------|---------|--------|-------------------------------|--------------|---------|----|---------------|----------------------------------|------|----------------|---------|----------------------------------|---------------|---------|------|------------|----------------------------------|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|----|
| | | | | | Gesamtzahl | davon A | | Gesamtzahl | davon A | | Gesamtzahl | davon A | | Gesamtzahl | davon A | | Gesamtzahl | davon A | | Schwellenzahl | % davon A | Schwellenzahl | % davon A | |
| | | | | | | Zahl | % | | Mittl. Senkung y _m mm | Zahl | | % | Mittl. Senkung y _m mm | | Zahl | % | | Mittl. Senkung y _m mm | Zahl | | | | | % |
| 1 | 1 | Schweiz | f | 2,55 | 8 | 4 | 50 | 1,21 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 8 | 50 | 8 | 50 | | |
| 2 | 1a u. 1 | Preußen | b, e | 2,6 u. 2,7 | 4 | 3 | 75 | 1,27 | 27 | 15 | 56 | 1,96 | 12 | 7 | 58 | 2,28 | 1 | 1 | 100 | 3,36 | 43 | 58 | 44 | 59 |
| 3 | 1a | Baden | a | 2,6 u. 2,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 1 | 25 | 2,28 | 4 | 2 | 50 | 3,43 | 4 | 25 | 8 | 38 |
| 4 | 1 | Baden | c | 2,6 u. 2,7 | 4 | 1 | 25 | 1,39 | — | — | — | — | 2 | 2 | 100 | 3,04 | — | — | — | — | 6 | 50 | 6 | 50 |
| 5 | 1 | Bayern | d | 2,6 u. 2,7 | 20 | 9 | 45 | 1,87 | — | — | — | — | 8 | 4 | 50 | 2,32 | 24 | 2 | 8 | 3,84 | 28 | 46 | 52 | 29 |
| 6 | 2 | Preußen | k | 2,5 u. 2,7 | 16 | 2 | 13 | 2,20 | 8 | 3 | 38 | 1,92 | 9 | 3 | 33 | 3,15 | 16 | 4 | 25 | 3,80 | 33 | 24 | 49 | 24 |
| 7 | | Bayern | i | 2,5 | — | — | — | — | 8 | 1 | 13 | 3,33 | — | — | — | — | 8 | 1 | 13 | 4,16 | 8 | 13 | 16 | 13 |
| 1 bis 3 | Beste der Ordnungskl. 1a u. 1 | | | | 12 | 7 | 58 | 1,23 | 27 | 15 | 56 | 1,96 | 16 | 8 | 50 | 2,28 | 5 | 3 | 60 | 3,42 | 55 | 55 | 60 | 55 |
| 1 bis 5 | Ordnungsklassen 1a und 1 | | | | 36 | 17 | 47 | 1,60 | 27 | 15 | 56 | 1,96 | 26 | 14 | 54 | 2,35 | 29 | 5 | 17 | 3,77 | 89 | 52 | 118 | 43 |
| 6 u. 7 | Ordnungsklasse 2 | | | | 16 | 2 | 13 | 2,20 | 16 | 4 | 25 | 2,62 | 9 | 3 | 33 | 3,15 | 24 | 5 | 21 | 3,92 | 41 | 22 | 65 | 22 |
| 1 bis 7 | Ordnungsklassen 1a bis 2 | | | | 52 | 19 | 37 | 1,79 | 43 | 19 | 44 | 2,21 | 35 | 17 | 49 | 2,55 | 53 | 10 | 19 | 3,83 | 130 | 42 | 183 | 36 |

Zahlentafel 6b. 60 Holzschwellen der Niederländischen Eisenbahnen.
Anteile der A-Schwellen und mittleren Senkungen.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------------------|------------|---|-----|---|---|---|---|----|---|----|------|----|---|----|------|---|---|---|---|----|----|---|---|
| 1 | 1 | Niederl. 1 | g | 2,7 | — | — | — | — | 18 | 9 | 50 | 1,85 | 8 | 5 | 28 | 2,77 | — | — | — | — | 36 | 39 | — | — |
| 2 | 1 | Niederl. 2 | h | 2,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | 24 | 1 | 4 | 3,18 | — | — | — | — | 24 | 4 | — | — |
| 1 u. 2 | Niederlande zusammen | | | | — | — | — | — | 18 | 9 | 50 | 1,85 | 42 | 6 | 14 | 3,00 | — | — | — | — | 60 | 25 | — | — |

spruchungen im Bereich der hohen C-Werte sehr gering sind und sich daher eine Unterscheidung von Holz- und Stahlschwellen nicht lohnt. Im übrigen wird weiter unten ausgeführt, daß auch bei Holzschwellen $C_{max} = 40$ vorkommen kann.

Wie schon hervorgehoben wurde, gelten die angegebenen C_{min} -Werte für Untergrund I bis III. Soll die zulässige Höchstgeschwindigkeit eines Fahrzeuges in einer Teilstrecke mit schlechtem Untergrund (IV) ermittelt werden, dann muß eine diesem entsprechende kleinere Zahl in die Rechnung eingesetzt werden; sie ist von Fall zu Fall zu bestimmen und kann bei Stahl- und Holzschwellen bis $C = 5$ in Gleisen 1. Ordnung herabgehen.

Petroni³⁾ hat vorgeschlagen, die aus der eigentlichen Bettungsziffer C_b und der Untergrundziffer C_u resultierende Unterlageziffer C nach der Formel

$$C = \frac{C_b \cdot C_u}{C_b + C_u}$$

zu berechnen, wenn C_b und C_u bekannt sind.

Über die oberen und unteren Grenzen von C_b geben die Messungen des VMEV. Aufschluß. Es wird $C = C_b$, wenn der Untergrund völlig unnachgiebig ist, also aus Fels besteht. Bei Stahlschwellen sind sehr viele Messungen auf Fels vorgenommen worden, so daß die oberen und unteren Grenzen ziemlich sicher zu erkennen sind. Die höchste Unterlageziffer auf Felsboden wurde (in einem Fall) zu $C = 60$ und die kleinste zu $C = 12$ ermittelt. Bei Holzschwellen sind wenig Messungen auf Fels vorgenommen worden. Bei diesen kommt einmal $C = 33$ auf Felsboden als Höchstwert vor; er wird aber durch $C = 35$ auf Untergrund II (Lehm) überboten. Lehm kann zwar bei guter Entwässerung sehr hart werden, so daß er vielleicht sogar zu Untergrund I gerechnet werden kann; immer-

hin bleibt er aber doch etwas elastisch. Daher muß damit gerechnet werden, daß auf Felsboden bei Holzschwellen auch $C > 35$ vorkommen können. Die Kleinstwerte für Holzschwellen auf Felsboden sind in mehreren Fällen $C = 11$. Wegen der geringen Zahl von Messungen auf Fels wird zweckmäßig auch diese Grenze etwas erweitert, so daß für Holzschwellen C_b zwischen 10 und 40 anzunehmen wäre.

Für die Untergrundziffer C_u schlägt Petroni die Benutzung der Tabelle für Baugrundziffern vor (seine Zusammenstellung 1). Wie bereits eingangs erwähnt, gehören von den Zahlenwerten dieser Zusammenstellung zu

| | |
|--------------------------|---|
| Untergrund I | $C_u \geq 16 \text{ kg/cm}^3$ |
| Untergrund II | $C_u = 15 \text{ bis } 9 \text{ kg/cm}^3$ |
| Untergrund III | $C_u = 8 \text{ bis } 5 \text{ kg/cm}^3$ |
| Untergrund IV | $C_u \leq 4 \text{ kg/cm}^3$ |

Es lassen sich unter Benutzung dieser Zahlenwerte für jede Untergrundart die Höchst- und die Kleinstwerte von C mit der Formel von Petroni berechnen. Sie sind — getrennt nach Stahl- und Holzschwellen — in Zahlentafel 9, Spalte 7 eingetragen. Zum Vergleich sind in Spalte 8 die Höchst- und Kleinstwerte von C aufgeführt, die bei den aus 285 Messungen errechneten Unterlageziffern für 102 Stahlschwellen (ohne Preußen und Bayern 2,7 m lang) und 183 Holzschwellen (ohne Niederlande) vorkommen.

Die nach der Formel von Petroni (Spalte 7) errechneten resultierenden C sind beträchtlich kleiner als die aus Messungen bestimmten Unterlageziffern (Spalte 8). Vor allem fällt auf, daß die Maximalwerte der Untergrundarten II und III in Wirklichkeit bedeutend höher liegen als nach der Berechnung von Petroni. Meiner Ansicht nach ist dieser Widerspruch darauf zurückzuführen, daß Petroni bei Ermittlung der

Zahlentafel 7a. 86 Stahlschwellen (ohne 2,7 m lange Schwellen Preußen und Bayern).
Unterlageziffern für Untergrundarten I bis III.

| Laufende Nr. | Ordnungsklasse | Bezirk | Gruppe | Schwellenlängen m | Untergrund I | | | | | Untergrund II | | | | | Untergrund III | | | | | Untergrund I bis III | | | | | | | |
|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------------|--------------------------------|-----|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------------|--------------|-----|-----------------|----------------|--------------|--------------|
| | | | | | Schwellen- zahl | davon mit Unterlage- ziffer C | | | | Schwellen- zahl | davon mit Unterlageziffer C | | | | Schwellen- zahl | davon mit Unterlageziffer C | | | | Schwellen- zahl | davon mit Unterlageziffer C | | | | | | |
| | | | | | | VII | 14 bis 12 | 11 u. 10 | 9 u. 8 | | VII | 14 bis 12 | 11 u. 10 | 9 u. 8 | | 7 u. 6 | VII | 14 bis 12 | 11 u. 10 | | 9 u. 8 | 7 u. 6 | VII | 14 bis 12 | 11 u. 10 | 9 u. 8 | 7 u. 6 |
| 1 | 1a und 1 | Preußen | b, g | 2,5 | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 9 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | 17 | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | | Schweiz | i | 2,55 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | | Baden | d | 2,4 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | — | 4 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | | Schweiz | k | 2,7 | 12 | 12 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 12 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | | Bayern | f | 2,5 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | — | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 8 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | | Baden | a, e | 2,5 | 7 | 4 | 3 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | — | 6 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 13 | 7 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| 7-11 | 2 | Bad. Bay. Schweiz | m, p g, l, r | 2,4 bis 2,7 | — | — | — | — | — | 10 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 12 | 8 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 1-4 | Beste d. Ordnungskl. 1a u. 1 | | | | 40 | 40 | 0 | 0 | 0 | 9 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 53 | 51 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 1-6 | Ordnungsklassen 1a und 1 | | | | 51 | 48 | 3 | 0 | 0 | 9 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 74 | 63 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| 1-11 | Ordnungsklassen 1a bis 2 | | | | 51 | 48 | 3 | 0 | 0 | 19 | 16 | 3 | 0 | 0 | 0 | 16 | 7 | 8 | 1 | 0 | 0 | 86 | 71 | 14 | 1 | 0 | 0 |

Zahlentafel 7b. 29 Stahlschwellen 2,7 m lang (Preußen und Bayern).
Unterlageziffern für Untergrundarten I bis III.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|-------------|--------|-----|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|----|---|---|---|
| 1 | 1a u. 1 | Preußen | c h | 2,7 | — | — | — | — | — | 6 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 10 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| 2 u. 3 | 2 | Bay. Preuß. | n, o | 2,7 | — | — | — | — | — | 7 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 12 | 1 | 6 | 3 | 2 | 0 | 19 | 3 | 8 | 5 | 2 | 1 |
| Ordnungsklasse 1a bis 2 | | | | | — | — | — | — | — | 13 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 | 16 | 1 | 7 | 6 | 2 | 0 | 29 | 6 | 11 | 8 | 3 | 1 |

$p_u = \frac{1}{n} \cdot p$ und daher auch die Senkung

$$\Delta h = \Delta h_b + \Delta h_u = \frac{p}{C_b} + \frac{p}{n \cdot C_u} = p \frac{C_b + n \cdot C_u}{C_b \cdot n \cdot C_u},$$

woraus sich

$$C = \frac{C_b \cdot n \cdot C_u}{C_b + n \cdot C_u}$$

ergibt.

Abb. 6a und 7a zeigen den Bettungsquerschnitt nach Anlage 12 der Obv. Hiernach beträgt die Bettungshöhe unter Schwellenunterkante bei Stahlschwellen von 100 mm Höhe in der Gleisachse $47 - 10 = 37$ cm, bei Holzschwellen von 16 cm Höhe $47 - 16 = 31$ cm. Nimmt man den Böschungswinkel von 60° für den von Petroni gewählten Obeliskenkörper an, dann ergibt sich für Stahlschwellen des Reichsbahn-Oberbaues KE $n = 3,9$ und für Holzschwellen des Reichsbahn-Oberbaues KH $n = 3,2$.

Berücksichtigt man, daß die Tragkörper tatsächlich nicht Obeliskform, sondern nach Kögler⁷⁾ die in Abb. 6a/b und 7a/b punktiert eingetragene Gestalt haben, dann ergibt sich für Stahlschwellen eine etwas größere und für Holzschwellen eine etwas kleinere Fläche F_u als bei Annahme des Böschungswinkels von 60° . Deshalb kann rund gesetzt werden: $n = 4$ für Stahlschwellen und $n = 3$ für Holzschwellen. Diese Zahlen dürfen auch als gute Mittelwerte gelten.

Die aus der geänderten Form der Gleichung von Petroni sich ergebenden Werte sind in Spalte 9 der Zahlentafel 9 eingetragen. Diese Zahlen kommen den in Spalte 8 wiedergegebenen wirklichen Zahlen sehr viel näher als die in Spalte 7. Die gemessenen Grenzwerte liegen bei Nr. 1 bis 8 und 10 bis 12 der Zahlentafel 9 stets innerhalb der rechnerischen Grenzwerte, so daß von einer ausgezeichneten Übereinstimmung gesprochen werden darf. Eine einzige Ausnahme bildet lfd. Nr. 9. Hier liegt der obere gemessene Grenzwert beträchtlich über dem rechnerischen. Es müssen also C_b oder C_u oder beide Werte höher sein, als nach den Angaben auf Blatt 50 anzunehmen war. Als Untergrund ist Lehm angegeben, der allgemein zu Untergrund II gerechnet wurde. Es ist nun bei guter Entwässerung möglich, daß Lehm teilweise sehr hart wird und daher tatsächlich zu Untergrund I gehört. Offensichtlich ist das Planum sehr ungleich. Die vier Schwellen des Blattes 50 haben die Unterlageziffern: 18, 16, 35 und 25. Es liegen also zwei Schwellen weit über der errechneten Grenze von 21 cm^3 und 2 weit darunter. Nun fällt aber bei Blatt 50 außerdem auf, daß die Abmessungen für alle vier Schwellen mit $270 \times 21 \times 15 \text{ cm}$ angegeben sind. So schmale Schwellen kommen sonst selbst in Gleisen 2. Ordnung nicht vor. Außerdem müßte nach der Vorschrift eine um 1 cm zu niedrige Schwelle zum Ausgleich 2 cm breiter sein als normal. Vermutlich liegt also hier ein Schreib- oder Lesefehler vor. Nimmt man danach an, daß die Breiten nicht 21, sondern 27 cm betragen, dann ergeben sich die Unterlageziffern: 14, 12, 27 und 19. Nun enthält außerdem Schwelle Blatt 50, Nr. 3, wie Abb. 4a zeigt, einen

offensichtlichen Meßfehler um einen ganzen Millimeter. Er ist bei Punkt 9 angenommen worden, könnte aber auch bei Punkt 8 liegen. Dann würde die mittlere Senkung von 0,91 auf 1,07 steigen und C von 35 auf 30 bzw. von 27 auf 23 sinken, also nahe an die rechnerische Grenze herankommen. Höchstwahrscheinlich handelt es sich bei dieser einzigen Ausnahme also gar nicht um eine echte Abweichung von der Rechnung.

Ob es aber überhaupt Zweck hat, die Unterlageziffern rechnerisch ermitteln zu wollen, muß bezweifelt werden. Ausschlaggebend für die Oberbauberechnungen sind lediglich die oberen und unteren Grenzen der resultierenden C, die durch die hier vorgenommenen Auswertungen bereits einigermaßen sicher ermittelt wurden. Durch die Berechnung nach Petroni lassen sie sich nicht genauer bestimmen, denn deren Ergebnisse hängen ja eben von diesen durch Messungen festgestellten Grenzen für C_b und von den sehr schwer feststellbaren Werten C_u und n ab. Erscheinen die angegebenen Grenzwerte für C als nicht genügend sicher durch die Messungen bestätigt, dann

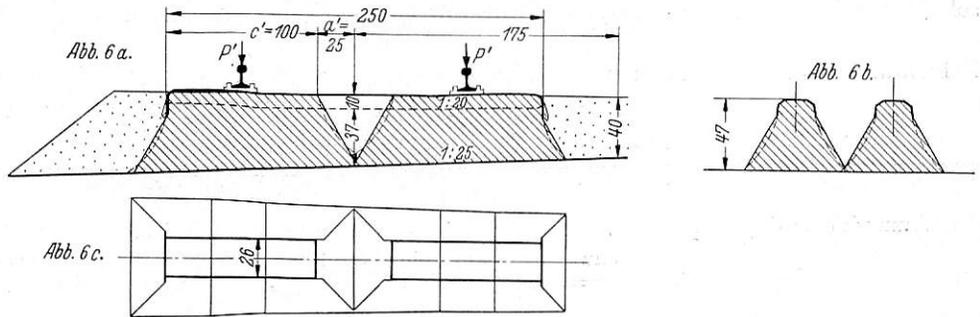


Abb. 6a bis c. Planumsbelastung bei Stahlschwellen K.

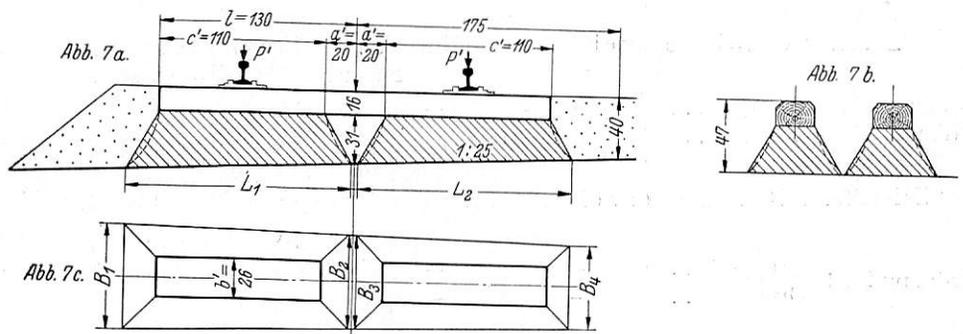


Abb. 7a bis c. Planumsbelastung bei Holzschwellen K.

bleibt nichts anderes übrig, als mehr Messungen vorzunehmen. Immerhin ist es bemerkenswert, daß bei Zwischenwerten Rechnung und Wirklichkeit leidlich übereinstimmen und sogar auch bei folgenden extremen Beispielen für Untergrund IV:

lfd. Nr. 13, Zahlentafel 9. Die Schwelle 2 auf Blatt 20 ist eine D-Schwelle, deren Gestalt sehr schlechten Zustand der Bettung verrät. C_b muß daher = 10 angesetzt werden. Der Untergrund (Einschnitt) ist toniger Schiefer (Geschiebe) und daher etwa mit $C_u = 2$ bis 2,5 zu bewerten. Nach Petroni würde sich $C = 1,7$ bis 2 ergeben, nach der berichtigten Formel entsteht aber $C = 3,8$ bis 4,3, was mit der wirklichen Zahl 4,1 sehr gut übereinstimmt.

lfd. Nr. 14 ist deshalb besonders fesselnd, als hier zwei C_u -Werte zu berücksichtigen sind, C_{u1} für den im Mittel 0,75 m hohen Damm, dessen Bodenart leider nicht angegeben ist und deshalb — wie meistens bei Dämmen auf Moor — als aus Sand und Kies bestehend angenommen und mit $C_{u1} = 12$ angesetzt werden soll (Mittel von Untergrund II), ferner $C_{u2} = 0,5$ für den Untergrund „nasser Moorboden“. Die Berechnung erfolgt am besten so, daß zunächst der Einfluß des Moorbodens auf die Senkung des Planums, also das resultierende

⁷⁾ Vergl. Vogel, „Eisen- oder Holzschwellen?“, Stahl und Eisen 1930, Heft 21, Seite 4 und 5.

$$C_u = \frac{C_{u_1} \cdot n_2 \cdot C_{u_2}}{C_{u_1} + n_2 \cdot C_{u_2}}$$

bestimmt wird. Rechnet man in der tieferen Zone und mit Rücksicht auf den Stoff Kies und Sand mit dem flacheren Böschungswinkel von 1:1, dann wird $n_2 = 4,7$, so daß $C_u = 1,96$ entsteht. Dann wird wie üblich weitergerechnet, wobei n_1 wegen der schmälere und niedrigeren schweizerischen Schwellen mit 4,5 einzusetzen ist. Es ergibt sich $C = 7,2$, was mit dem wirklichen Wert genau übereinstimmt. Die nicht berichtete Formel erbringt nur $C = 0,47$, also den fünfzehnten Teil des wirklichen Wertes.

Der Beiwert n muß dann höher als 3 bzw. 4 oder 4,5 sein, wenn die elastische Moorschicht sehr tief liegt, denn dann hat sie nur noch geringen Einfluß auf die Senkung. Das geht auch aus folgender Überlegung hervor: Stellt man auf einen Damm (eingleisig) von 10 m Höhe eine Lokomotive von 125 t Gewicht und 20 m Länge, dann bedeutet das an der Dammsohle (Ausschnitt in Obeliskform) eine Druckerhöhung von nur

1%, weil das Gewicht des Dammes 100mal so groß ist. Die durch die Lokomotive hervorgerufene Senkung infolge Nachgebens der Moorschicht ist dann kaum noch meßbar, weil der Moorboden durch die dauernde 100mal so große Last des Dammes unter hoher Vorspannung gehalten wird.

Bleibt man bei der Fläche $F_u = 2,76 \times 0,62 = 1,71 \text{ m}^2$, des Beispiels Nr. 14 der Zahlentafel 9 und auch bei dem Böschungswinkel 1:1, jedoch bis herab zum Moor in 10 m Tiefe, dann vergrößert sich die Tragfläche in der Dammsohle auf $22,76 \times 20,62 = 470 \text{ m}^2$, also das 27fache. Daher wird auch $n_2 = 27$. Bei dem Beispiel 14 würde sich also für 10 m statt 0,75 m Dammhöhe ergeben

$$C_u = \frac{12 \cdot 27 \cdot 0,5}{12 + 27 \cdot 0,5} = 6,4$$

also ein Wert, der trotz des Moorbodens nicht mehr zu Untergrund IV gehört, sondern zu Untergrund III. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, daß das außerordentlich hohe Gewicht des Dammes die Moorschicht ständig unter Spannung hält

Zahlentafel 10 a. Durchschnittliche Unterlageziffern bei Stahlschwellen (ohne Preußen und Bayern 2,7 m lang) und Holzschwellen (ohne Niederlande).

Anmerkung: Die (-) Zahlen sind Durchschnittszahlen bei Annahme gleicher Anteile für die drei Untergrundarten.

| Ordnungsklasse der Gleise | Untergrund I | | Untergrund II | | Untergrund III | | Untergrundart. I—III | |
|-------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------------|---------------|
| | Stahlschwellen | Holzschwellen | Stahlschwellen | Holzschwellen | Stahlschwellen | Holzschwellen | Stahlschwellen | Holzschwellen |
| Ordnungsklasse 1 und 1a . . . | 28 | 18 | 18 | 15 | 15 | 12 | 23 (20) | 15 (15) |
| Ordnungsklasse 2 | — | 13 | 17 | 11 | 11 | 9 | 15 (17?) | 11 (11) |

Zahlentafel 10 b. Durchschnittliche Unterlageziffern bei den 2,7 m langen Stahlschwellen Preußen und Bayern.

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|----|---|----|---|----------|---|
| Ordnungsklasse 1 und 1a . . . | — | — | 14 | — | 10 | — | 12 (14?) | — |
| Ordnungsklasse 2 | — | — | 11 | — | 11 | — | 11 (12?) | — |

Zahlentafel 10 c. Durchschnittliche Unterlageziffern bei den Holzschwellen der Niederlande, Gruppen 1 und 2.

| | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|---|---|---|----|---|----|---|--------|
| Ordnungskl. 1 | Gruppe 1 . . | — | — | — | 15 | — | 10 | — | 12 (?) |
| | Gruppe 2 . . | — | — | — | — | — | 8 | — | 8 (?) |

Zahlentafel 11. 133 Stahlschwellen. Vorherrschende Biegeformen.

| Bezirk | Ordnungsklasse der Gleise | Schwellenlängen m | Gesamtzahl | Schwellenmengen auf allen Untergrundarten | | | | | |
|---------|---------------------------|-------------------|------------|---|-----|---|-----------------|----|-----|
| | | | | davon entfallen | | | | | |
| | | | | Stück auf Biegeform | | | % auf Biegeform | | |
| A | B | C/D | A | B | C/D | | | | |
| Baden | 1 und 1a | 2,5 | 13 | 2 | 8 | 3 | 15 | 62 | 23 |
| | 1 | 2,4 | 14 | 8 | 0 | 6 | 57 | 0 | 43 |
| | 2 | 2,4 | 6 | 3 | 0 | 3 | 50 | 0 | 50 |
| Bayern | 1 | 2,7 | 0 | — | — | — | — | — | — |
| | 2 | 2,7 | 10 | 4 | 0 | 6 | 40 | 0 | 60 |
| | 1 | 2,5 | 8 | 2 | 0 | 6 | 25 | 0 | 75 |
| | 2 | 2,5 | 4 | 1 | 0 | 3 | 25 | 0 | 75 |
| Preußen | 1 und 1a | 2,7 | 10 | 3 | 5 | 2 | 30 | 50 | 20 |
| | 2 | 2,7 | 11 | 2 | 7 | 2 | 18 | 64 | 18 |
| | 1 und 1a | 2,5 | 17 | 12 | 1 | 4 | 71 | 6 | 23 |
| Schweiz | 1 und 2 | 2,7 | 22 | 16 | 3 | 3 | 73 | 14 | 13 |
| | 1 und 2 | 2,55 | 16 | 13 | 2 | 1 | 81 | 13 | 6 |
| | 2 | 2,44 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 100 |

und damit seine Elastizität bedeutend mindert. Setzt man deshalb $C_{u_2} = 3 \times 0,5 = 1,5$ ein, dann ergibt sich $C_u = 9,3$, also ein sogar zu Untergrund II gehöriger Wert.

Weiterhin wird

$$C = \frac{40 \cdot 4,5 \cdot 9,3}{40 + 4,5 \cdot 9,3} = 20 \text{ kg/cm}^3$$

d. h. es entsteht trotz der Moorschicht und eines zwar guten, aber doch nicht mit dem Felsboden vergleichbaren Damm-schüttstoffes eine Unterlageziffer, die der Durchschnittsziffer für Stahlschwellengleise der Ordnungsklassen 1 und 1a gleich-kommt (vergl. Zahlentafel 10a). Das ist dem guten Unter-haltungszustand des Gleises ($C_b = 40$) zu danken. Läßt man jedoch durch mangelhaftes Stopfen oder zu lange Unter-haltungsabschnitte C_b auch nur auf 15 kg/cm^3 absinken, dann wird $C = 9$, so daß der für Stahlschwellengleise 1. Ordnung mindestens erforderliche Zustand ($C_{\min} = 10$) nicht mehr vor-handen ist. Daraus ist erneut zu erkennen, daß Hochhalten der Bettungsziffer durch sorgfältiges Stopfen, ferner gute Ent-wässerung des Planums, die auch C_u in den maßgebenden oberen Lagen des Untergrundes hochhält, einen mäßigen Untergrund wettmachen kann.

Die Berechnung nach der zweifellos richtigen Formel

$$C = \frac{C_b \cdot n \cdot C_u}{C_b + n \cdot C_u}$$

erbringt für jeden beliebigen Wert $n \geq 1$ sowie jeden beliebigen Wert C_u zwischen 0 und ∞ stets Werte $C \leq C_b$. Die Unterlage-ziffer C_u kann erheblich größer sein als C_b , z. B. ∞ für Fels, und doch wird C nie größer als C_b . Auch diese Berechnung bestätigt sonach die Beweisführung in der Abhandlung Fuß-note 5), daß die in dem Aufsatz Fußnote 6) erläuterte Um-rechnung der gemessenen Unterlageziffer C zur „relativen“ Unterlageziffer C_r unhaltbar ist; hier war in einem Falle $C = 9,5$ zu $C_r = 68$, in einem anderen Falle $C = 9,5$ zu $C_r = 82$ ver-wandelt worden, während der höchste für Holzschwellen auf Felsboden gemessene Wert $C_b = C = 33$ beträgt und besten-falls $C = 40$ erreichen kann.

Aus all diesen Untersuchungen geht das Gegenteil von dem hervor, was in der Abhandlung Fußnote 6) zu lesen ist. Der Untergrund übt in Wahrheit nur selten (bei niedrigen Dämmen auf Moor) den entscheidenden Einfluß auf C und damit die Schienenspannungen aus, sondern die beiden

anderen Einflüsse wirken beherrschend: Zustand der Bettung und Entwässerung des Planums. Die Tatsache der festgestellten, aber nicht naturnotwendigen Schwankungen der Bettungsziffer C_b zwischen 10 und 60 auf Felsboden bestätigt das schon allein. Während aber auf unveränderlichem Untergrund schon mäßige Gleispflege ermöglicht, die Beanspruchungen der Schienen in den zulässigen Grenzen zu halten, verlangen Moorstrecken mehr Sorgfalt bei der Unterhaltung. Es ist in den meisten Fällen möglich, lediglich durch diese beiden Maßnahmen: Gute Planumsentwässerung und sorg-fältiges Stopfen, Langsamfahrstellen auf moorigem Untergrund zu vermeiden. Geschwindigkeitsermäßigungen werden erst nötig, wenn schlechter Untergrund und Vernachlässigung der Gleispflege zusammentreffen. Daraus geht hervor, daß der Gleispflege größere Bedeutung zukommt als dem Untergrund. Es läßt sich aber in Moorstrecken sogar auch Mehraufwand für Unterhaltung vermeiden, wenn vollgestopfte, geschnürte Stahlschwellen (vergl. Fußnote 4) verlegt werden; sie verhüten Bettungsverschiebungen und damit Verkleinerungen von C_b , die auf schlechtem Untergrund besonders schädlich wirken.

Wenn auch Durchschnittswerte von C für die Oberbau-berechnung ohne Bedeutung sind, weil es auf die Ermittlung der häufig vorkommenden Höchstspannungen ankommt, sind sie doch des Vergleiches wegen für die wichtigsten Schwellen-gruppen gebildet worden.

Zahlentafel 10a zeigt die Gegenüberstellung der durch-schnittlichen Unterlageziffern für Stahl- und Holzschwellen auf den Untergrundarten I bis III. Man erkennt auch hier, daß die Werte C bei Stahlschwellen beachtlich höher liegen als bei Holzschwellen. Bei den Durchschnittszahlen für alle drei Untergrundarten ist zu beachten, daß die Schwellen-mengen bei I, II und III jeweils verschieden sind. In Klammer sind daher noch die Zahlen angegeben, die sich auf gleiche Anteile aller drei Untergrundarten beziehen. Ob das aber dem Reichsdurchschnitt entspricht, steht nicht fest. Bemerkens-wert ist, daß sich für Gleise 1. Ordnung auf Holzschwellen die Durchschnittszahl $C = 15$ ergibt, die bei den Oberbau-berechnungen in den letzten Jahrzehnten vorwiegend eingesetzt wurde, aber — wie gesagt — nicht maßgebend ist, sondern für Schienen der häufig vorkommende Kleinstwert ($C = 10$ oder 8 bei Holzschwellen) und für Schwellen- und Bettungsbean-spruchungen meistens der Höchstwert ($C = 40$).

Zahlentafel 12. 243 Holzschwellen. Vorherrschende Biegeformen.

| Bezirk | Ordnungsklasse der Gleise | Schwellenlängen | | Schwellenmengen auf allen Untergrundarten | | | | | | |
|------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|---|-----------------|----|-----|-----------------|----|-----|
| | | plan-mäßig m | wirklich (mittel) m | Gesamt-zahl | davon entfallen | | | % auf Biegeform | | |
| | | | | | A | B | C/D | A | B | C/D |
| Baden | 1 | 2,7 | 2,74 | 4 | 1 | 3 | 0 | 25 | 75 | 0 |
| | 1 und 1a | 2,6 | 2,63 | 10 | 5 | 3 | 2 | 50 | 30 | 20 |
| Bayern | 1 | 2,7 | 2,65 | 4 } 52 | 15 | 2 | 35 | 29 | 4 | 67 |
| | 1 | 2,6 | 2,61 | | | | | | | |
| | 2 | 2,5 | 2,53 | 16 | 2 | 0 | 14 | 13 | 0 | 87 |
| Preußen | 1 und 1a | 2,7 | 2,71 | 12 | 6 | 2 | 4 | 50 | 17 | 33 |
| | 1 und 1a | 2,6 | 2,64 | 32 | 20 | 6 | 6 | 62 | 19 | 19 |
| | 2 | 2,7 | 2,69 | 34 | 8 | 3 | 23 | 23 | 9 | 68 |
| | 2 | 2,5 | 2,52 | 15 | 4 | 0 | 11 | 27 | 0 | 73 |
| Niederland | 1 | 2,7 | 2,72 | 36 | 14 | 16 | 6 | 39 | 44 | 17 |
| | 2 | 2,7 | 2,69 | 24 | 1 | 23 | 0 | 4 | 96 | 0 |
| Schweiz | 1 | 2,55 | 2,53 | 8 | 4 | 1 | 3 | 50 | 13 | 37 |

Zahlentafel 10b zeigt die Durchschnittszahlen für die 2,7 m langen Stahlschwellen (Preußen und Bayern), bei denen in der 1. Ordnung die Werte kleiner sind als bei Holzschwellen. Zahlentafel 10c enthält die Durchschnittszahlen für die Holzschwellen der Niederlande, die in der Gruppe 2 außerordentlich tief liegen.

Wie bereits bemerkt, sind diese Durchschnittszahlen nicht als arithmetisches Mittel aus den vorher errechneten einzelnen C gebildet worden, was viel zu hohe Durchschnittszahlen ergeben würde, sondern aus:

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

3. Art der Unterhaltung in den einzelnen Bezirken.

Die Auswertung der Messungen des VMEV. erbringt noch einen weiteren Aufschluß: Aus den Zahlentafeln 11 und 12 geht hervor, daß in jedem Länderbezirk und bei jeder Schwellenart eine der Biegeformen A bis D vorherrscht.

Zahlentafel 11, Stahlschwellen. Der besseren Übersicht wegen sind die Biegeformen C und D, die einseitig und die beiderseitig „reitenden“ Schwellen, zusammengezogen worden.

Bei den 2,5 m langen Schwellen der Gruppe Baden herrscht mit 62% die Form B vor, während bei den älteren 2,4 m langen Schwellen Form A am stärksten vertreten ist. Offensichtlich ist man hier an die große, für 2,4 m lange Schwellen nötige, nicht unterstopfte Länge $2a' = 60$ cm gewöhnt und hat sie auch bei den 2,5 m langen Schwellen teilweise beibehalten, so daß der hohe Anteil von B-Schwellen entstand.

In Bayern sind in allen Gruppen, sogar bei den 2,7 m langen Schwellen stark überwiegend C/D-Schwellen zu finden. Hier wurden offensichtlich entweder die Längen $2a'$ zu kurz gewählt oder — was wahrscheinlicher ist — die Schwellenköpfe nicht fest genug unterstopft.

In Preußen überwiegt bei den 2,7 m langen Schwellen die Form B, bei den 2,5 m langen Schwellen aber die Form A und zwar mit einem sehr hohen Prozentsatz. Die Längen $2a'$ sind hier gut auf die 2,5 m langen Schwellen abgestimmt, werden aber auch ebenso groß bei den 2,7 m langen Schwellen gewählt, so daß diese zur B-Form kommen.

Bei den Schweizerischen Bundesbahnen sind die Längen $2a'$ am besten getroffen, was sich in den hohen Anteilen der A-Schwellen (und den geringen Senkungen) ausdrückt. Nur die zwei sehr kurzen Schwellen (2,44 m) in Gleisen 2. Ordnung haben sich zur Form D verändert.

Zahlentafel 12 gibt kein ganz so deutliches Bild wie Zahlentafel 10, läßt aber doch gleichartige Unterhaltungsfehler erkennen.

Bei der Gruppe Baden macht sich die Gewöhnung an das große Maß $2a'$ für die stark vorherrschenden Stahlschwellen von 2,4 m Länge auch bei den 2,7 m langen Holzschwellen (75% B) bemerkbar. Bei der Länge von 2,6 m ist das Maß $2a'$ besser angepaßt.

In Bayern herrscht bei Holzschwellen die Form C/D noch stärker vor als bei Stahlschwellen.

Die Gruppe Preußen ist bei den Holzschwellen uneinheitlich. In den Gleisen 1. Ordnung ist Form A am stärksten vertreten, ein Zeichen für die leidlich gute Abstimmung der Maße $2a'$. In den Gleisen 2. Ordnung überwiegen dagegen die Formen C/D, sowohl bei 2,7 m als auch bei 2,5 m Länge. Vielleicht ist das ein Zeichen dafür, daß bei Holzschwellen die Veränderung immer mehr zur D-Form hin fortschreitet und bei langen Unterhaltungsabschnitten auch überwiegend erreicht.

Die Gründe für das Vorherrschen der B-Form bei den Holzschwellen der Niederlande sind bereits in Abschnitt III erörtert worden.

In der Schweiz ist das Maß $2a'$ leidlich gut, teilweise etwas zu kurz gewählt worden. In den Senkungen unterscheiden sich die C/D-Schwellen aber nur wenig von den A-Schwellen, ein Zeichen von sehr gleichmäßiger Stopfung.

Die Zahlentafeln 11 und 12 beweisen nochmals, daß es auf die richtige Wahl der Längen $2a'$ in erster Linie ankommt und hierbei auch Zentimeter eine Rolle spielen. Ferner zeigen sie, daß sich in den einzelnen Bezirken bestimmte Unterhaltungsfehler eingeschlichen haben, die anscheinend eisern beibehalten werden.

4. Bemessung von Stahlschwellen.

Zum Schluß sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß beim Entwurf neuer Stahlschwellen kein erheblicher Tragflächenzuwachs angestrebt zu werden braucht. Das beweist ein Vergleich der Zahlentafeln 3a bis 3c mit 4a bis 4c. Die durchschnittlichen mittleren Bettungsdrücke p_m sind bei Stahlschwellen beträchtlich höher als bei Holzschwellen und trotzdem die Senkungen geringer. Wesentliche Herabsetzungen von p_m mittels Flächenvergrößerung könnte die Senkungen y_m bei Stahlschwellen sogar mehr verkleinern als erwünscht ist. Eine gewisse Nachgiebigkeit — wenn sie nur gleichmäßig ist! — sollte erhalten bleiben. Es muß jedoch für ausreichende Biegefestigkeit der Stahlschwellen gesorgt werden, weil sonst die Senkungen zu groß und zu unregelmäßig ausfallen und außerdem vorzeitige Zerstörungen die Lebensdauer beschränken (wie bei den Schwellen Pr. 71 des Oberbaues 15°).

V. Zusammenfassung.

Die Auswertung der Senkungsmessungen von 133 Stahlschwellen und 243 Holzschwellen (VMEV. Niederschrift Nr. 113) wurde in folgender Weise vorgenommen: Durch Aufzeichnen aller 376 Biegelinien ließ sich feststellen, daß die Errechnung der mittleren Senkung y_m jeder Schwelle durch Mittelung der Senkungen der acht Meßpunkte 1 bis 4 und 6 bis 9 zu kleine Werte ergibt und daß genauere Ergebnisse erreichbar sind,

$$\text{wenn statt } y_m = \frac{1}{8}(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9) \text{ ge-} \\ \text{setzt wird: } y_m = \frac{1}{12}(y_1 + 2y_2 + 2y_3 + y_4 + y_6 + 2y_7 + 2y_8 + y_9).$$

Hierdurch werden auch die Unterlageziffern verkleinert, bei denen außerdem teilweise Berichtigungen in den Längen- und Breitenmaßen nach einheitlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden mußten.

Stahl- und Holzschwellen sind getrennt untersucht worden. Es erfolgte ferner Untergliederung nach den Untergrundarten I (bester) bis IV (schlechter Untergrund) sowie nach Ordnungsklassen der Gleise, Verwendungsbezirken, Schwellenlängen usw. Bei den 133 Stahlschwellen verhalten sich die 2,7 m langen preußischen und bayrischen Schwellen (31) wesentlich ungünstiger als die übrigen 102 Schwellen; sie wurden daher gesondert bewertet. Auch unter den 243 Holzschwellen wurde eine aus dem Rahmen fallende Gruppe von 60 Schwellen (Niederlande) aufgefunden und gesondert betrachtet.

Der Vergleich der Hauptgruppe von 102 Stahlschwellen mit der Hauptgruppe von 183 Holzschwellen erbrachte folgende Ergebnisse: Die mittleren Senkungen sind bei den Stahlschwellen durchschnittlich 0,2 mm geringer als bei den Holzschwellen, ferner sind auch die Höhenfehler (in Gruppen von je vier Schwellen des gleichen Gleises) im Durchschnitt bei Stahlschwellen um 0,2 mm geringer. Als in die Oberbauberechnung einzusetzende Kleinstwerte der Unterlageziffern C_{\min} für die Untergrundarten I bis III wurde ermittelt:

| Ordnungsklasse der Gleise | C _{min} in kg/cm ³ für | | | | |
|---------------------------|--|----------------------------------|---|---------------------------|----------|
| | Stahlschwellen neuerer Bauart (Oberbau S 49) | Holzschwellen (ohne Niederlande) | Stahlschwellen 2,7 m Preußen und Bayern | Holzschwellen Niederlande | |
| | | | | Gruppe 1 | Gruppe 2 |
| Sonderklasse (1a) | 12 | 10 | 10 | — | — |
| 1. Ordnung (1) | 10 | 8 | 8 | 8 | 6 |
| 2. Ordnung (2) | 8 | 6 | 6 | — | — |

Ferner wird C_{max} = 40 kg/cm³ für alle Oberbauarten empfohlen. Für Untergrundart IV (selten vorkommende Streckenabschnitte) ist C_{min} von Fall zu Fall zu ermitteln; die Unterlageziffer kann in Gleisen 1. Ordnung bis zu C = 5

herabsinken, wenn schlechte Unterhaltung und Moorboden mit niedrigem Damm zusammenfallen.

Die geringeren Unterlageziffern für Holzschwellen kommen auch in der Schienenbruchstatistik der Reichsbahn zum Ausdruck: Die Zahl der Brüche ist bei Holzschwellen in den letzten sechs Jahren durchschnittlich 20% größer gewesen als bei Stahlschwellen einschließlich der 2,7 m langen preußischen und bayerischen Schwellen.

In jedem Verwendungsbezirk haben sich andere Unterhaltungsfehler eingebürgert. Es kommt bei der Unterhaltung in erster Linie auf genaue Bemessung des nicht fest zu unterstopfenden Teils 2a' in Schwellenmitte an, im übrigen auf gutes Stopfen auch der Schwellenköpfe und Verfüllen und Feststampfen der Schwellenfelder und der Bettung vor Kopf.

Bei neuen Stahlschwellen ist eine Tragflächenvergrößerung im Vergleich zu den jetzigen Stahlschwellen nicht erforderlich.

Einfluß der Druckverteilung des Unterbaues und des Untergrundes auf die Biegemomente und Stützendrücke der Schiene*).

Von Dr.-Ing. Heinrich Pihera.

Geschichtliche Entwicklung. Zimmermann (1) baute seine Theorie auf der Annahme Winklers (2) auf, daß sich die Schwellen nur infolge ihrer (unmittelbaren oder mittelbaren) Belastung senken und zwar dieser proportional. Wasiutynski (3) fand, daß die Senkung belasteter Schwellen nicht nur von der Beschaffenheit der Bettung abhängt, sondern wesentlich auch von der Beschaffenheit des Unterbaues und Untergrundes. Engesser (4) wies im Jahre 1888 darauf hin, daß die Senkung eines belasteten Punktes nicht nur von seiner Eigenbelastung abhängt, sondern auch von der seiner Nachbarpunkte. Bastian (5) bestimmte durch Versuche die Senkungen der Umgebung belasteter Platten quadratischer und kreisrunder Form. Zimmermann (6) erwähnt, daß „der Druck auf die Flächenteilchen nicht nur von der Formänderung an dieser Stelle, sondern wegen des inneren Zusammenhanges der Teile auch von der Formänderung der Umgebung abhängen muß, daß also die Unterlageziffer C keine unveränderliche Größe sein kann, sondern von der Gestalt und den Abmessungen des Verteilungskörpers abhängen muß.“ Er hielt trotzdem an der einfachen Annahme fest, unter anderem wohl auch deshalb, weil er diese Einflüsse für unwesentlich hielt. An letzterer Meinung hielt man allgemein auch weiterhin fest.

Erst die Versuche des T. A. (7) (Technischer Ausschuß des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen) zeigten, wenn auch nicht in einwandfreier Weise, daß die Druckverteilung durch den Unterbau und Untergrund die Biegemomente der Schiene praktisch fühlbar verringern kann und die Versuche Wasiutynskis (8) scheinen dies zu bestätigen. Nach diesen Versuchen kommt die Bettung nur in Einschnitten in sehr festem Boden voll zur Geltung. Dämme auf festem Untergrund gleichen mit wachsender Höhe die Druckverteilung ihrer eigenen an, sie verringern also die Unterlageziffer. Sie schwächen aber andererseits durch ihre Druckverteilung — mit wachsender Höhe — den Einfluß eines schlechten Untergrundes ab, so daß bei Damm-

höhen von mehr als 4 m der Einfluß des Untergrundes vollständig zurücktritt. Der Einfluß schlechten Untergrundes

Rechnungsergebnisse 1
m = 1000 M:Ga. (Feldmomente).

| Belastungsfall | Druckverteilung nach Bild | für γ = | | | | | | | | 1000 M/Gl | ① | |
|--------------------|---------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | ∞ | | | |
| 2∞ | Z ¹ | 188 | 188 | 188 | 188 | 188 | 188 | 188 | 188 | 188 | 094 | |
| | Z | 167 | 240 | 250 | 254 | 256 | 258 | 261 | 264 | 264 | 088 | |
| 3∞ | 1 | 167 | 234 | 246 | 251 | 254 | 256 | 260 | 264 | 264 | 088 | |
| | 2 | 167 | 222 | 237 | 245 | 248 | 251 | 257 | 264 | 264 | 088 | |
| | 3 | 167 | 214 | 230 | 238 | 244 | 247 | 255 | 264 | 264 | 088 | |
| | 4 | 167 | 212 | 228 | 236 | 241 | 245 | 253 | 264 | 264 | 088 | |
| | 5 | 167 | 205 | 222 | 231 | 237 | 242 | 251 | 264 | 264 | 088 | |
| 4∞ | Z | 172 | 258 | 286 | 301 | 309 | 315 | 328 | 344 | 344 | 086 | |
| | 1 | 172 | 258 | 286 | 301 | 309 | 315 | 328 | 344 | 344 | 086 | |
| | 2 | 172 | 247 | 277 | 292 | 302 | 309 | 325 | 344 | 344 | 086 | |
| | 3 | 172 | 229 | 258 | 275 | 287 | 295 | 315 | 344 | 344 | 086 | |
| 6∞ | Z | 171 | 255 | 295 | 322 | 344 | 360 | 409 | 507 | 507 | 084 | |
| | 1 | 171 | 262 | 307 | 335 | 359 | 376 | 423 | 507 | 507 | 084 | |
| | 2 | 171 | 258 | 303 | 333 | 359 | 370 | 413 | 507 | 507 | 084 | |
| | 3 | 171 | 250 | 295 | 326 | 349 | 367 | 417 | 507 | 507 | 084 | |
| | 4 | 171 | 238 | 279 | 308 | 332 | 348 | 400 | 507 | 507 | 084 | |
| | 5 | 171 | 225 | 258 | 284 | 304 | 321 | 375 | 507 | 507 | 084 | |
| C ₂ -10 | Z | 169 | 254 | 291 | 317 | 338 | 355 | 404 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

*) Diese Untersuchung gilt sinngemäß auch für Fundamentplatten.

1) Zimmermann.

Rechnungsergebnisse 2.

Positive Stützenmomente. $\frac{G}{\Delta M}$

| Belastungsfall | Druckverteilung ¹⁾ | m = 1000 M:Ga für $\gamma =$ | | | | | | | | 1000 M |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | ∞ | Gl |
| 2 ∞ | 0 | 000 | 111 | 118 | 120 | 121 | 122 | 123 | 125 | 0625 |
| | 1 | 000 | 100 | 111 | 115 | 118 | 119 | 122 | 125 | 0625 |
| | 2 | 000 | 091 | 105 | 111 | 114 | 116 | 120 | 125 | 0625 |
| | 3 | 000 | 083 | 100 | 107 | 111 | 113 | 119 | 125 | 0625 |
| | 4 | 000 | 077 | 095 | 103 | 108 | 111 | 118 | 125 | 0625 |
| 3 ∞ | 0 | 000 | 167 | 190 | 200 | 205 | 209 | 215 | 222 | 0740 |
| | 1 | 000 | 154 | 182 | 194 | 200 | 204 | 213 | 222 | 0740 |
| | 2 | 000 | 127 | 152 | 178 | 187 | 193 | 207 | 222 | 0740 |
| | 3 | 000 | 110 | 145 | 164 | 175 | 183 | 201 | 222 | 0740 |
| | 4 | 000 | 101 | 139 | 159 | 171 | 179 | 199 | 222 | 0740 |
| 4 ∞ | 0 | 000 | 181 | 226 | 248 | 261 | 269 | 289 | 313 | 0783 |
| | 1 | 000 | 165 | 208 | 224 | 242 | 250 | 269 | 292 | 0730 |
| | 2 | 000 | 141 | 184 | 207 | 220 | 232 | 252 | 278 | 0695 |
| | 3 | 000 | 108 | 149 | 172 | 188 | 198 | 225 | 262 | 0655 |
| | 4 | 000 | 087 | 123 | 145 | 167 | 172 | 201 | 245 | 0612 |
| Einzellast ²⁾ | 0 | 000 | 175 | 225 | 264 | 284 | 306 | 388 | 857 | 245 |
| | 1 | 000 | 175 | 234 | 273 | 304 | 329 | 422 | 900 | 257 |
| | 2 | 000 | 163 | 231 | 277 | 312 | 341 | 446 | 949 | 271 |
| | 3 | 000 | 146 | 216 | 266 | 304 | 336 | 450 | 1000 | 286 |
| | 4 | 100 | 130 | 197 | 248 | 288 | 321 | 435 | 1066 | 304 |

¹⁾ Berechnung gemäß den Abb. 1–5 der Rechnungsergebnisse 1.

²⁾ Vorausgesetzt, daß auch negative Auflagerdrucke aufgenommen werden.

Rechnungsergebnisse 3.

1000 P:G (Schienendrucke).

| Belastungsfall | Druckverteilung | für $\gamma =$ | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | |
| 2 ∞ | 0 | 1000 | 555 | 530 | 520 | 515 | 512 | 506 | |
| | 1 | 1000 | 600 | 555 | 539 | 529 | 523 | 512 | |
| | 2 | 1000 | 636 | 579 | 555 | 543 | 535 | 518 | |
| | 3 | 1000 | 667 | 600 | 572 | 555 | 545 | 523 | |
| | 4 | 1000 | 692 | 619 | 587 | 568 | 555 | 529 | |
| 3 ∞ | 0 | 1000 | 500 | 429 | 400 | 384 | 375 | 355 | |
| | 1 | 1000 | 538 | 455 | 419 | 400 | 388 | 362 | |
| | 2 | 1000 | 619 | 515 | 467 | 438 | 421 | 380 | |
| | 3 | 1000 | 678 | 566 | 508 | 473 | 451 | 398 | |
| | 4 | 1000 | 695 | 582 | 522 | 486 | 461 | 404 | |
| 4 ∞ | 0 | 1000 | 528 | 431 | 385 | 358 | 339 | 299 | |
| | 1 | 1000 | 580 | 483 | 438 | 410 | 393 | 353 | |
| | 2 | 1000 | 642 | 544 | 495 | 465 | 446 | 400 | |
| | 3 | 1000 | 718 | 625 | 575 | 542 | 518 | 463 | |
| | 4 | 1000 | 768 | 685 | 636 | 604 | 580 | 518 | |
| Einzellast ¹⁾ | 0 | 1000 | 545 | 466 | 428 | 404 | 385 | 334 | |
| | 1 | 1000 | 570 | 477 | 431 | 402 | 381 | 322 | |
| | 2 | 1000 | 620 | 509 | 452 | 415 | 388 | 319 | |
| | 3 | 1000 | 666 | 549 | 484 | 442 | 410 | 328 | |
| | 4 | 1000 | 697 | 585 | 524 | 483 | 445 | 350 | |

¹⁾ Vorausgesetzt, daß auch negative Auflagedrucke aufgenommen werden.

äußert sich am stärksten in Einschnitten und bei niedrigen Dämmen.

Eine rechnerische Untersuchung, deren Annahmen und Ergebnisse nachstehend beigefügt sind (Rechnungsergebnisse 1), besagt über die Wirkung der Druckverteilung durch den Unterbau und Untergrund:

1. Die Senkungen werden größer,
2. die Biegemomente (Feldmomente) unter Lastgruppen der üblichen Achsstände (Belastungsfall 2 bis 4 ∞) kleiner, nennenswert aber erst bei weitreichender Druckverteilung (s. Rechnungsergebnisse 1).

Unter Einzellasten (annähernd Belastungsfall 6 ∞) sind auch geringe Vergrößerungen der Biegemomente möglich; weitreichende Druckverteilung bewirkt aber wieder eine Verringerung der Biegemomente. Für Lastenpaare, deren Wirkung annähernd dem Mittel aus jener unendlicher Lastfolgen und der Einzellast gleich ist, sind im Wesen nur Momentverringerungen zu erwarten.

Die Biegemomente werden im Belastungsfall 2 ∞ am kleinsten und unabhängig vom Elastizitätsmaß sowie von der Druckverteilung des Unterbaues und Untergrundes. Sie sind umso abhängiger vom Elastizitätsmaß und letzterer Druckverteilung, je größer der Achsstand ist und sind am größten bei Einzellasten.

Die Momentverringerungen sind bei kleinen Werten $\gamma = B:D$ (leichter Oberbau) größer, bei schwerem Oberbau geringer.

3. Ähnlich verhalten sich die positiven Stützenmomente (s. Rechnungsergebnisse 2).

4. Die Schienendrucke (Stützendrucke belasteter Schwellen) wachsen mit abnehmenden Biegemomenten (s. Rechnungsergebnisse 3).

Zusammenfassend kann man sagen, Momentverringerungen können, müssen aber nicht eintreten. Da man aber die größtmöglichen Biegemomente berücksichtigen muß, die bei (nach Abb. 1) elastisch gelagerten Schwellen (in Felsein-

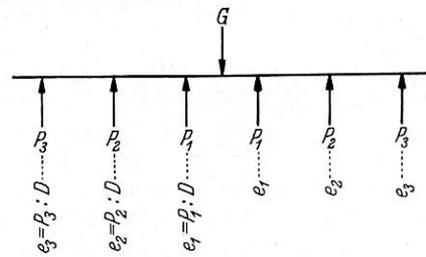


Abb. 1.

schnitten) auftreten), wird man im Wesen an der bisherigen Berechnungsart festhalten. Die Biegemomente der Kragenden starrer Fundamentplatten wachsen mit zunehmender Druckverteilung.

Annahmen der rechnerischen Untersuchung. Alle Schwellen sind gleich elastisch. Die Gestalt des Senkungsbereiches von quadratischen und kreisrunden Platten fand Bastian annähernd gegeben durch eine Gleichung dritten Grades. Die Druckverteilung langer Rechteckflächen (Querschwellen) muß langsamer sein. In neueren Untersuchungen wird für die Gestalt des Senkungsbereiches von Platten eine Linie (8) angenommen, die asymptotisch zur unbelasteten Geländeoberfläche verläuft. Diese Annahme dürfte nach den genauen Messungsergebnissen Bastians (5) zu schließen nicht zutreffen; es ist vielmehr anzunehmen, daß die Senkungen rascher abklingen (9). Ihr Verlauf wurde parabolisch mit dem Scheitel der Parabel in der Geländeoberfläche angenommen (Abb. 2). Der T. A. (7) fand für nicht frisch unterstopfte Gleise, also hohlliegende Schwellen, unter anderen die Senkungsbilder Abb. 3 und 4. Danach müßte bei der rechnerischen Untersuchung eines Gleises auf sehr schlechtem Untergrund ein noch

längerer Senkungsbereich angenommen werden, als dies im folgenden geschieht. Es gibt aber auch diese Untersuchung schon ein Bild über den Einfluß der Druckverteilung des Unterbaues und Untergrundes auf die Biegemomente.

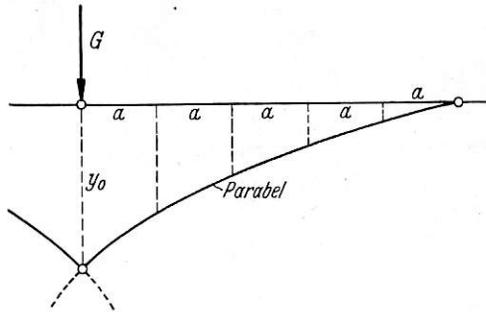


Abb. 2.

Rechnungsvorgang. Bei der rechnerischen Untersuchung muß die Verbiegung der Schiene mit den Schwellensenkungen in Einklang gebracht werden. Letztere setzen sich zusammen aus der Senkung der Schwellen infolge ihrer (unmittelbaren oder mittelbaren) Belastung und dem Einfluß der Belastung der Nachbarschwellen, innerhalb deren Druckverteilungsbereich sich die Schwelle befindet. Unter Berücksichtigung dieser Gesamtsenkung der einzelnen Schwellen gibt der Dreimomentensatz die Stützenmomente und diese dann die Feldmomente.

Der einfacheren Rechnung wegen sind im allgemeinen Schienen unendlicher Länge mit ∞ vielen Lasten regelmäßiger Folge angenommen. Für solche Belastungsfälle gilt bei vollkommen und gleich elastischen Stützen:

Die Summe sämtlicher zu einer Last gehörigen Stützen-

momente ist $\dots - \frac{1}{8} Ga$, die Summe sämtlicher zu einer Last gehöriger Schwellensenkungen ist $\dots G [1 + 2 (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots)]:D = G (1 + 2 \Sigma \alpha):D$, wenn D den aus der Senkung isolierter Schwellen abge-

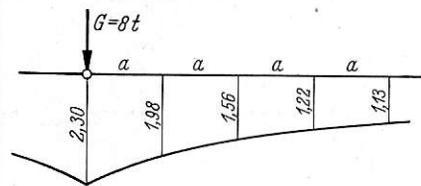


Abb. 3. Sehr schlechter, aber häufig vorkommender Untergrund.

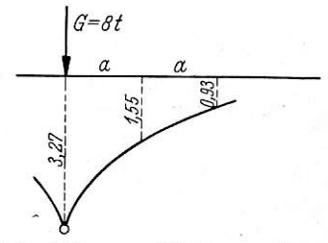


Abb. 4. Besserer Untergrund.

leiteten Senkungsdruck bedeutet und wenn die Werte α_1 , die sämtlich kleiner als 1 sind, den Einfluß der Belastung einer Schwelle auf die Senkung ihrer Nachbarschwellen bedeuten. Somit α_1 die Senkung der unmittelbar benachbarten Schwelle, α_2 der zweitnächsten, α_3 der drittnächsten usw., wenn die Senkung der belasteten Schwelle gleich 1 ist.

Bestimmt man nach Wasiutynski (8) den Senkungsdruck aus einer Senkung der Schwelle im Gleis (unter einer Einzellast oder einer Lastengruppe), so besteht zwischen diesem Senkungsdruck D_1 und dem Senkungsdruck D die Beziehung $\dots D = D_1 [1 + 2 (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots)] = D_1 (1 + 2 \Sigma \alpha)$. Wasiutynski fand für 42,5 kg-Schienen ($J = 1443 \text{ cm}^4$, $W = 206 \text{ cm}^3$) auf 2,7 m langen Schwellen ($16 \frac{1}{26} \text{ cm}$, 22 auf 15 m Schienenlänge) auf 35 cm Schlägelschotter auf einem 1,0 m hohen lehmigen Damm auf sandigem Untergrund

$$D:D_1 = 1 + 2 \Sigma \alpha = 1,7 \text{ bis } 2,3$$

(bei nicht frisch unterstopften Schwellen).

I. Feldmomente.

Belastungsfall 2 ∞ . (Abb. 5.)

$$M = 0,188 Ga.$$

Belastungsfall 3 ∞ . (Abb. 6.)

$$\begin{aligned} \text{Senkung der Schwelle 1} & \dots e_1 = \delta (P_1 + P_1\alpha_1 + P_2\alpha_1 + P_2\alpha_2 + P_1\alpha_2 + P_1\alpha_3 + P_1\alpha_3 + P_1\alpha_4 + P_2\alpha_4 + P_2\alpha_5 + P_1\alpha_5) \\ \text{Senkung der Schwelle 2} & \dots e_2 = \delta (P_2 + P_1\alpha_1 + P_1\alpha_2 + P_2\alpha_3 + P_1\alpha_4 + P_1\alpha_5 + P_1\alpha_1 + P_1\alpha_2 + P_2\alpha_3 + P_1\alpha_4 + P_1\alpha_5) \\ \text{Gesamtsenkungen pro Last} & \dots 2 e_1 + e_2 = G \delta [1 + 2 (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5)] = G \delta (1 + 2 \Sigma \alpha) \end{aligned}$$

$$M = \frac{1}{72} \left[19 - \frac{7}{1 + 3\gamma(1 - \alpha_1 - \alpha_2 + 2\alpha_3 - \alpha_4 - \alpha_5)} \right] Ga,$$

worin nach Zimmermann $\dots \gamma = B:D$.

Auf ähnliche Weise ergibt sich für den Belastungsfall 4 ∞ , wenn sich der Senkungsbereich einer Schwelle beiderseits auf 5a erstreckt,

$$M = \frac{11}{64} \left[2 - \frac{1}{1 + \gamma(1 - 2\alpha_2 + 2\alpha_4)} \right] Ga,$$

und für den Belastungsfall 6 ∞ .

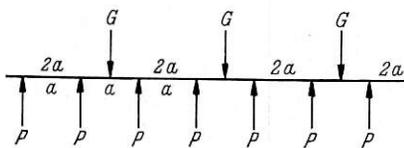


Abb. 5.

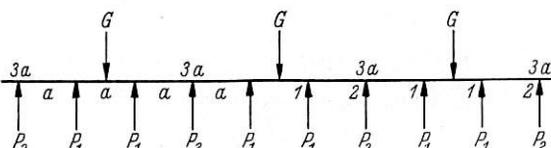


Abb. 6.

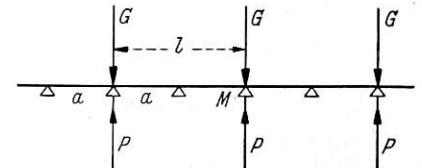


Abb. 7.

$$M = \frac{1}{16} \cdot \frac{41 + 4\gamma(45 - 34\alpha_1 - 45\alpha_2 + 68\alpha_3 - 45\alpha_4) + 73\gamma^2(1 - 2\alpha_2 - 2\alpha_4 - \alpha_1^2 + 4\alpha_1\alpha_3 + \alpha_2^2 - 4\alpha_3^2 + 2\alpha_2\alpha_4 + \alpha_4^2)}{15 + 6\gamma(8 - 7\alpha_1 - 8\alpha_2 + 14\alpha_3 - 8\alpha_4) + 9\gamma^2(1 - 2\alpha_2 - 2\alpha_4 - \alpha_1^2 + 4\alpha_1\alpha_3 + \alpha_2^2 - 4\alpha_3^2 + 2\alpha_2\alpha_4 + \alpha_4^2)} Ga.$$

II. Positive Stützenmomente.

Belastungsfall 2 ∞ . (Abb. 7.)

$$\begin{aligned} P:G &= \frac{1 + 4\gamma(1 - 2\alpha_1 + 2\alpha_2 - 2\alpha_3 + \dots)}{1 + 8\gamma(1 - 2\alpha_1 + 2\alpha_2 - 2\alpha_3 + \dots)} > \frac{1 + 4\gamma}{1 + 8\gamma} \\ M:Ga &= \frac{(1 - 2\alpha_1 + 2\alpha_2 - 2\alpha_3 + \dots)}{1 + 8\gamma(1 - 2\alpha_1 + 2\alpha_2 - 2\alpha_3 + \dots)} \gamma = \frac{\gamma}{1 - 2\alpha_1 + 2\alpha_2 - 2\alpha_3 + \dots + 8\gamma} < \frac{\gamma}{1 + 8\gamma} \end{aligned}$$

Belastungsfall 3∞. (Abb. 8.)

$$P:G = \frac{1 + \gamma(1 - \alpha_1 - \alpha_2 + 2\alpha_3 - \alpha_4 - \alpha_5 + 2\alpha_6 - \dots)}{1 + 3\gamma(1 - \alpha_1 - \alpha_2 + 2\alpha_3 - \alpha_4 - \alpha_5 + 2\alpha_6 - \dots)} > \frac{1 + \gamma}{1 + 3\gamma}$$

$$M:Ga = \frac{2}{3} \cdot \frac{1 - \alpha_1 - \alpha_2 + 2\alpha_3 - \alpha_4 - \alpha_5 + 2\alpha_6 - \dots}{1 + 3\gamma(1 - \alpha_1 - \alpha_2 + 2\alpha_3 - \alpha_4 - \alpha_5 + 2\alpha_6 - \dots)} \gamma < \frac{\gamma}{1 + 3\gamma} \cdot \frac{2}{3}$$

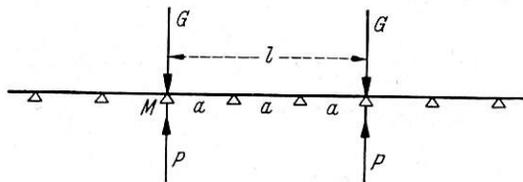


Abb. 8.

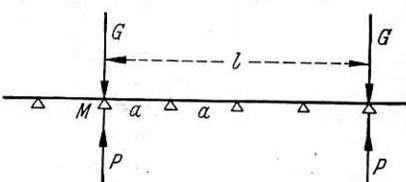


Abb. 9.

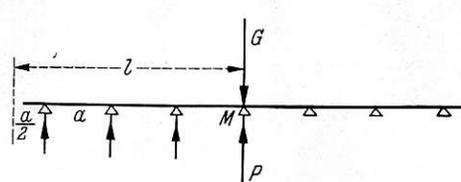


Abb. 10.

Belastungsfall 4∞. (Abb. 9.)

$$P:G = 2 \frac{2 + \gamma(13 - 20\alpha_1 + 18\alpha_2 - 20\alpha_3 + 22\alpha_4) + \gamma^2(4 - 4\alpha_1 - 4\alpha_2 - 4\alpha_3 + 12\alpha_4 + 20\alpha_1\alpha_2 - 16\alpha_2^2 + 20\alpha_2\alpha_3 - 4\alpha_1\alpha_4 - 4\alpha_3\alpha_4 + 8\alpha_4^2 - 4\alpha_1^2 - 8\alpha_1\alpha_3 - 4\alpha_3^2 - 8\alpha_2\alpha_4)}{N}$$

$$M:Ga = \frac{\gamma(3 - 4\alpha_1 + 2\alpha_2 - 4\alpha_3 + 6\alpha_4) + \gamma^2(10 - 20\alpha_1 - 20\alpha_3 + 40\alpha_4 - 4\alpha_1^2 + 28\alpha_1\alpha_2 - 32\alpha_2^2 + 8\alpha_1\alpha_3 + 28\alpha_2\alpha_3 + 4\alpha_3^2 - 24\alpha_1\alpha_4 + 8\alpha_2\alpha_4 - 44\alpha_3\alpha_4 + 40\alpha_4^2)}{N}$$

$$N = 4[1 + \gamma(9 - 14\alpha_1 + 12\alpha_2 - 14\alpha_3 + 16\alpha_4) + \gamma^2(8 - 14\alpha_1 - 2\alpha_2 - 14\alpha_3 + 30\alpha_4 + 28\alpha_1\alpha_2 - 28\alpha_2^2 + 28\alpha_2\alpha_3 - 28\alpha_1\alpha_4 - 28\alpha_3\alpha_4 + 28\alpha_4^2)]$$

$$P:G = [26 + \gamma(131 - 216\alpha_1 + 104\alpha_2 - 98\alpha_3) + \gamma^2(72 - 180\alpha_1 + 8\alpha_2 + 66\alpha_1\alpha_2 - 102\alpha_2^2 + 194\alpha_2\alpha_3 + 26\alpha_3 - 98\alpha_1\alpha_3 - 106\alpha_3^2 + 98\alpha_1^2) + \gamma^3(1 - 2\alpha_1 - \alpha_2 - 2\alpha_3 - 6\alpha_1\alpha_2 - 3\alpha_2^2 - \alpha_1^2\alpha_2 - 2\alpha_1\alpha_2^2 + 2\alpha_1\alpha_2\alpha_3 - 2\alpha_2^2\alpha_3 - 2\alpha_2\alpha_3^2 + 2\alpha_1\alpha_3 + 2\alpha_2\alpha_3 - 2\alpha_1^2\alpha_3 + 2\alpha_1\alpha_3^2 + 2\alpha_2^3 - \alpha_3^2 + 2\alpha_3^3)]:N$$

$$M:Ga = [\gamma(19 - 24\alpha_1 + 6\alpha_2 - \alpha_3) + \gamma^2(49 - 98\alpha_1 + 6\alpha_2 + 100\alpha_1\alpha_2 - 91\alpha_2^2 + 88\alpha_2\alpha_3 - 30\alpha_3 - 17\alpha_1\alpha_3 - 24\alpha_3^2 + 17\alpha_1^2) + \gamma^3(6 - 9\alpha_1 - \alpha_2 - 6\alpha_3 + 16\alpha_1\alpha_2 - 12\alpha_2^2 + 2\alpha_1^2\alpha_2 - 11\alpha_1\alpha_2^2 + 16\alpha_1\alpha_2\alpha_3 + \alpha_2^2\alpha_3 - 14\alpha_2\alpha_3^2 + 10\alpha_1\alpha_3 + 14\alpha_2\alpha_3 - 17\alpha_1^2\alpha_3 + \alpha_1\alpha_3^2 + 9\alpha_3^3 + 4\alpha_2^3 - 9\alpha_3^2 - 8\alpha_1^2 + 8\alpha_1^3)]:N$$

$$N = 26 + \gamma(193 - 308\alpha_1 + 176\alpha_2 - 104\alpha_3) + \gamma^2(196 - 454\alpha_1 + 26\alpha_2 + 306\alpha_1\alpha_2 - 348\alpha_2^2 + 468\alpha_2\alpha_3 - 30\alpha_3 - 176\alpha_1\alpha_3 - 190\alpha_3^2 + 180\alpha_1^2) + \gamma^3(7 - 12\alpha_1 - 3\alpha_2 - 8\alpha_3 - 6\alpha_1^2 + 24\alpha_1\alpha_2 - 15\alpha_2^2 - 11\alpha_3^2 + 14\alpha_1\alpha_3 + 16\alpha_2\alpha_3 + 8\alpha_1^3 + 8\alpha_2^3 + 12\alpha_3^3 - 3\alpha_1^2\alpha_2 - 12\alpha_1\alpha_2^2 - 20\alpha_1^2\alpha_3 + 18\alpha_1\alpha_2\alpha_3 + 4\alpha_1\alpha_3^2 - 4\alpha_2^2\alpha_3 - 16\alpha_2\alpha_3^2)$$

Diese Formeln gelten allgemein für einen Senkungsbereich gemäß Abb. 1—5 (Rechnungsergebnisse 1), wenn die entsprechenden Werte α eingesetzt werden. Mit sehr großer Annäherung gelten diese Formeln auch für einen etwas größeren Senkungsbereich 6α . Erstreckt sich der Senkungsbereich nur auf die unmittelbar belastete Schwelle (wenn also die Bettung auf gewachsenem Felsen ruht), so sind sämtliche $\alpha = 0$ zu setzen.

1. Zimmermann, „Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues“ Berlin 88.
2. E. Winkler, „Der Eisenbahnoberbau“, Prag 1871.
3. O (Org. Fortsch. Eisenbahnwes.) 99, Wasiutynski, „Beobachtungen über die elastischen Formänderungen des Eisenbahngleises“.

4. O 88, Engesser, „Zur Berechnung des Eisenbahnoberbaues“.
5. O 06, Ergänzungsband, Bastian, „Das elastische Verhalten der Gleisbettung und ihres Untergrundes“.
6. Zimmermann, „Berechnung des Oberbaues“ im Hdb. d. Ing.-Wiss., Leipzig 06.
7. O 37, Driessen, „Die einheitliche Berechnung des Oberbaues“.
8. Wasiutynski, „Recherches experimentales sur les déformations élastiques et le travail de la superstructure des chemins de fer“, Paris 37.
9. Pihera, „Druckverteilung, Erddruck, Erdwiderstand, Tragfähigkeit“, Verlag: Julius Springer, Wien.
10. O 36, Czitary, „Beitrag zur Berechnung des Querschwellenoberbaues“.

Die neue „Technische Einheit im Eisenbahnwesen“ (T.E).

Unter den Vorschriften, die für den Übergang von Eisenbahnfahrzeugen (Wagen) zwischen den Eisenbahnnetzen der verschiedenen Länder aufgestellt wurden, nimmt die „Technische Einheit“, wie sie kurz bezeichnet wird, eine übergeordnete Stellung ein, da sie nicht eine freie Vereinbarung zwischen verschiedenen Eisenbahnverwaltungen ist, sondern eine Übereinkunft der Staatsregierungen selbst, und darum in den einschlägigen Ländern Gesetzeskraft besitzt. Sie entspringt dem schon in der ersten Entwicklungsstufe der Eisenbahnen des europäischen Kontinents aufgetretenen Bedürfnisse, den Lauf der Eisenbahnwagen, sowohl der Güterwagen wie der Reisezugwagen (nur um Wagen handelt es sich, da für Lokomotiven ein gleiches Bedürfnis nicht besteht) auf weite Strecken und somit auch über die Grenzen der Länder hinaus zu ermöglichen, aus wirtschaftlichen Gründen sowohl wie zur Erleichterung des Reiseverkehrs. Während anfangs ausschließlich freie Ver-

einbarungen zwischen den Eisenbahnverwaltungen hierfür zu Grunde lagen, kam im Jahre 1882 auf Veranlassung der Schweiz erstmals eine internationale Konferenz zustande, die von den Regierungen Deutschlands, Österreich-Ungarns, Frankreichs, Italiens und der Schweiz beschiedt war. Ihre Beschlüsse und Festsetzungen beruhten auf Arbeiten des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen, der ja schon viel früher gleiche Ziele verfolgt hatte. Nach verschiedenen Änderungen wurde die T.E. im Jahre 1887 in Kraft gesetzt. Neue Verhandlungen fanden 1908 statt und fanden in der „Fassung vom Jahre 1913“ ihren Niederschlag, diese blieb auch nach dem Weltkrieg in Kraft. Erst nach weiteren 25 Jahren ist nun abermals eine neue Fassung („Fassung 1938“) erschienen. Ihr lag ein Entwurf des Internationalen Eisenbahnverbandes (IEV. unter wesentlicher Mitwirkung von Vertretern der deutschen Reichsbahn zugrunde. Sie hat die Zustimmung

der einzelnen Regierungen gefunden. Es sind dies jetzt die Regierungen des Deutschen Reiches, von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Frankreich, Griechenland, Italien, Jugoslawien, Luxemburg, Norwegen, der Niederlande, von Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Türkei und Ungarns. Außerdem hatte die Regierung der damaligen Tschechoslowakei und Polens zugestimmt.

Solch weittragende Vereinbarungen zu treffen ist nicht leicht, weil natürlich jedes Land sich mögliche Freiheit in der Entwicklung seines Eisenbahnwesens vorbehalten will, sie werden sich demgemäß nur auf das für den Übergang sowohl hinsichtlich der technischen Gestaltung wie hinsichtlich der Sicherheit Unumgängliche beschränken.

Der Wortlaut der neuen Fassung der T.E. ist in begrüßenswerter Weise mit Erläuterungen aus der Feder des Geheimen Baurats Friedrich Besser im Verlage von Wilhelm Ernst und Sohn erschienen*). Die Erläuterungen dienen dem Verständnis durch Angaben über die Entstehung, den Zweck, den Geltungsbereich usw. Der Unterschied gegen die vorausgegangene Fassung besteht, abgesehen von einer neuen Gliederung, hauptsächlich in der Aufnahme zweier neuer Artikel: nämlich des Artikels II: „Allgemeine Vorschriften für den Übergang der Wagen“ und Artikel VI: „Vorschriften über die Beförderung von Zollgütern und über die Einrichtung der Wagen zur Beförderung von Zollgütern“. Entsprechend dem Fortschritt der Eisenbahnen sind einzelne ältere Bestimmungen den neuen Verhältnissen angepaßt oder gestrichen, andere neu hinzugekommen, zum Beispiel solche, die mit der Einführung durchgehender Bremsen und der Elektrisierung im Zusammenhang stehen.

Um einen kurzen Streifzug durch die neuen Bestimmungen zu machen, sei angeführt, daß Artikel I als wesentliches Maß für einen Übergang von Fahrzeugen die Größe der Spurweite festlegt. Daraus ergibt sich schon, daß die Länder mit anderer Spurweite: Rußland, Spanien, Portugal, Estland, Lettland für die T.E. nicht in Betracht kommen. England ist seiner insularen Lage wegen nicht beteiligt. Artikel II enthält allgemeine Vorschriften für den Übergang von Wagen: er hat in § 2 eine negative Fassung erhalten, nämlich, unter welchen Umständen Wagen nicht zurückgewiesen werden dürfen. In Artikel III wird die Bauart der Wagen behandelt. Hervortretend ist hier vor allem der § 6, betreffend die Querschnittsmaße. Hier ist eine Umgrenzungslinie angegeben, die, aus Begrenzungslinien verschiedener Länder zusammengesetzt, einen kleinsten Querschnitt darstellt, so daß Wagen, die nach diesem Begrenzungsmaß gebaut sind (und das zugehörige Zeichen „T“ in Umrahmung, Transitwagen, tragen), ohne Prüfung übergehen können. Wagen mit anderer Umgrenzung sind nicht ausgeschlossen, müssen aber besonders geprüft werden.

*) Preis bei 10 Stück je 1,95 RM, bei Mehrabnahme Ermäßigung.

Die zulässige größte Breite der „Transitwagen“ wurde von 3100 auf 3150 mm vergrößert. Über die aus der Stellung in Gleisbögen (von 250 m Halbmesser) sich ergebenden Breitenbeschränkungen enthalten die T.E. ebenfalls Bestimmungen, sie sind in den Erläuterungen Bessers ausführlich dargestellt. Die weiteren §§ dieses Artikels beziehen sich auf den Achsstand (kleinste und größte Maße), wobei der anstandslose Lauf durch Gleisbögen von 150 m ohne Spurerweiterung zugrundegelegt ist, auf die Beschaffenheit der Räder, die Zug- und Stoßvorrichtungen sowie die Bremsen. Neu ist, daß auch Wagen, bei denen sämtliche Pufferteller gewölbt sind, zugelassen werden. Die Bruchlast der Kupplungen neu zu bauender Wagen muß mindestens 65 t betragen. Bei Personenwagen wird eine selbsttätige durchgehende Bremse gefordert, die „mit der Bremsbauart der Bahn, auf deren Strecken die Wagen übergehen, zusammenarbeitet“. Für Güterwagen bestehen bekanntlich im „Berner Programm“ allgemein gültige Bestimmungen, denen eine durchgehende Bremse genügen muß. § 32 fordert daher, daß die mit Bremse versehenen übergehenden Güterwagen eine diesem Programm entsprechende Bremse besitzen müssen.

Wichtig sind ferner noch die aus der T.E. sich ergebenden Anschriften, unter anderem über Achsstand, Drehgestelle und Lenkachsen, durchgehende Bremse, Querschnitts- (Transit-) Maß. Der Artikel IV behandelt den Zustand der Wagen, wie er sich aus den Einwirkungen des Betriebs ergibt. Die Bestimmungen beruhen auf jahrelangen Erfahrungen, welche Abnutzungen und Schäden ohne Beeinträchtigung der Betriebssicherheit zulässig sind. Die Bestimmungen unterscheiden sich in A: Unterhaltungszustand und B: Schäden, die zur Zurückweisung berechtigen. Sie decken sich im wesentlichen mit dem Artikel III der vorhergehenden Fassung der T.E. sowie den Bestimmungen des VWÜ*). Die in der älteren Fassung enthaltenen Bestimmungen über Reinigung und Entseuchung der Güterwagen sind in die neue Fassung nicht mehr aufgenommen worden, müssen aber nach anderen Vorschriften beachtet werden.

Der Artikel V enthält Bestimmungen über die Beladung der Güterwagen, bei der ebenfalls dafür gesorgt werden muß, daß die Sicherheit des Betriebes nicht gefährdet wird. Auch hier ist keine wesentliche Änderung gegen früher eingetreten, sie wird ergänzt durch Vereinbarungen zwischen den Eisenbahnverwaltungen im VWÜ und RIV. Der neue Artikel VI über die Beförderung von Zollgütern und über die Einrichtung der Wagen zur Beförderung von Zollgütern, war für das Deutsche Reich bisher durch eine besondere gesetzliche Bestimmung (Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 25. Mai 1908) geregelt.

Dr. Ue.

*) Räder, deren Spurkranz eine „scharfe Kante“ zeigt oder über 36 mm über den Laufkreis hoch ist, berechtigen zur Zurückweisung des Wagens. Eine genauere Bestimmung des „scharfen Rades“ ist hier wie in anderen Vereinbarungen nicht gegeben.

Rundschau.

Einzelauswechslung von Holzschwellen mittels Zerschneiden.

Auf Bahnen, die noch nicht zur planmäßigen Gleisunterhaltung übergegangen sind, spielt die Einzelauswechslung von Schwellen nach wie vor eine große Rolle und man ist bemüht, den Arbeitsvorgang möglichst vorteilhaft und planmäßig zu gestalten. Auf Grund langer Versuche ist die Great Northern-Bahn dazu übergegangen die Schwellen zu zerschneiden, statt sie im ganzen durch Untergraben und Herausheben zu entfernen. Das Verfahren besteht darin, daß die Schwelle mittels einer besonderen, im Gleis laufenden Zerschneidemaschine in drei Teile zersägt wird, die dann leicht und ohne wesentliche Zerstörung des Schwellenauflegers herausgenommen werden können, worauf dann in das alte

Schwellenfach die neue Schwelle eingeschoben wird. Wie die Verwaltung angibt (Railway Engineering and Maintenance 1939), soll dadurch die Schwellenauswechslung beschleunigt und verbilligt werden, es soll sich dabei ferner das Schwellenaufleger im Schotter im großen ganzen unbeschädigt erhalten und es sollen nachträgliche Beseitigungen von Unebenheiten der Fahrbahn auf ein Mindestmaß zurückgeführt werden. Die Schneidemaschine läuft über der einen Schiene mit zwei Rädern, auf der anderen mit einem Rad. Das Schneidorgan ist ein Fräser mit zwei im Durchmesser gegenüberliegenden Fräszähnen. Der Aufhängepunkt kann gehoben und gesenkt und dadurch der Eingriff beim Schneiden geregelt werden. Angetrieben wird der Fräser durch einen zweipferdigen Benzinmotor. Zur Schaltbewegung während des Schneidens muß die Maschine von Hand verschoben werden. Damit für die Schneid-

bewegung zu beiden Seiten der Schwelle Raum ist, müssen durch einen der Schneidemaschine vorausgehenden Arbeiter mit Hilfe eines löffelartigen Brecheisens kleine Aussparungen im Schotterbett ausgehoben werden. Berührung mit dem Schotterbett bei Durchtrennung der Schwelle am Schluß läßt sich bei entsprechender Vorsicht gering halten, so daß ein Fräser 30 bis 50 Schnitte ohne Schärfung aushält; nach vollständiger Abnutzung müssen die Zähne an Ort und Stelle ausgewechselt werden. Die Schärfung erfolgt an der Arbeitsstelle selbst mit Hilfe eines an der Maschine angebrachten Schleifsteines.

Die für einen Schnitt erforderliche Zeit hängt von den Eigenschaften des Holzes ab, im Mittel beträgt sie 30 Sek. Der Schnitt erfolgt auf der Innenseite des Gleises unmittelbar neben den Schienen. Die Schwelle wird also in drei Teile zerschnitten.

Nach dem Zerschneiden steckt ein Arbeiter das weißelartige Ende eines Brecheisens in die Schnittfuge und verschiebt so die beiden Endstücke der zerschnittenen Schwelle. Die drei Teile der Schwelle werden dann herausgezogen und abgefahren. Das Schwellenaufleger ist nach Herausnahme der alten Schwelle fast unzerstört, so daß man die neue Schwelle bei geringem Nachstopfen rasch einschieben*) und das Gleis für verkehrende Züge wieder sicher befahrbar machen kann. Um die Unterlagplatten auf die neue Schwelle aufzuliegen, wird die Schiene mittels eines am unteren Ende gegabelten Hebebaumes etwas angehoben. Da die Maulweite dieser Gabel 25 cm beträgt, kann die Unterlagplatte in diese Öffnung eingeschoben werden. Nacharbeiten bestehen dann noch in Einschlagen der Schienennägel, Prüfung der Spurweite und Zurechtmachung der Bettung. Infolge des geringen Gewichtes der Maschine (130 kg) kann der Maschinenführer die Maschine behufs Durchlassung eines Zuges allein aus der Fahrbahn entfernen.

Die Schneidmaschinen sind nicht den Bahnmeistern zugeeignet, sondern wechseln mit ihrem Arbeiterbestand über die Ämter. Auf acht Ämter sind 32 Maschinen verteilt. Wenn mit zwei Schichten im Tag gearbeitet wird, besteht die zu einer Maschine gehörige Mannschaft aus 17 Mann außer dem Rottenführer. Bei Doppelbahnen werden gleichzeitig die Schwellen beider Gleise ausgewechselt. Nach Beobachtungen wechselt eine Rotte je nach Wetter und örtlichen Verhältnissen im Tag zwischen 218 und 516, im Mittel 360 Schwellen, aus. Dr. Saller.

Bekämpfung der Schienen-Korrosion im Moffat-Tunnel**).

Der 1928 in Betrieb genommene Tunnel weist auf rund 60% seiner Länge eine Steigung von 8 bis 9⁰/₀₀ auf, an die sich ein Gefälle von 3⁰/₀₀ anschließt; die Haupt-Lastrichtung geht gegen die starke Steigung, so daß für diese Richtung Schiebelokomotiven nötig sind. Von den stark arbeitenden Dampflokomotiven wurde in der Steigungsstrecke jährlich eine Löscheschicht von 5 cm Stärke auf

*) Dazu muß wohl der Schotter auf einer Seite des Schwellenkopfes weggeräumt werden. Wenn auf diesem Wege die alte Schwelle nicht im ganzen herausgezogen wird, muß wohl angenommen werden, daß die Herausnahme in Stücken wirtschaftlich vorteilhafter ist. Die Schriftl.

**) Weitere Mitteilungen über diesen unter schwierigen Verhältnissen leidenden amerikanischen Tunnel vgl. Fortschr. Eisenbahnwes. 1937, S. 146 und 1936, S. 340.

dem Tunnelboden abgelagert. Die Masse des Auspuffdampfes bewegte sich bei jeder Zugfahrt zwischen 760 und 2270 l Wasser. Die mit dem Wasserdampf niedergeschlagene schweflige Säure griff die frei liegenden Flächen der Schienen und des Kleineisens an, unter der stets feuchten Löscheschicht verdoppelte sich die verheerende Wirkung. Schon nach 10 Jahren Liegedauer waren die Schienen auf 60% des ursprünglichen Querschnitts eingeschrumpft, die Stoßwirkungen der Fahrzeuge stiegen ins Ungemessene, Schienenbrüche, namentlich in den Laschenlöchern, traten in großer Zahl auf.

Um die empfindlichsten Schäden abzustellen, entschloß sich die Verwaltung, die Schienen auf Längen von je 300 m zu verschweißen. Dieser Entschluß wurde durch die Beobachtung erleichtert, daß die Temperatur im Innern des Tunnels (auf 6,4 km seiner Länge) gleichbleibend 16⁰ C betrug und nur um 3⁰ C schwankte, je nach dem Arbeiten der künstlichen Tunnellüftung, die nur geringe Schutzwirkung gehabt zu haben scheint. Die Schienenstränge wurden außerhalb des Tunnels zusammengeschweißt, mit Lokomotiven in den Tunnel gezogen und dort verschraubt.

Um die Schäden von Grund auf zu heilen, wurde eine Reihe von Mitteln untersucht, die teilweise neu, ja eigenartig sind. Metallische Überzüge auf den Schienen erwiesen sich bei Laboratoriumsversuchen als wenig wirksam, beschleunigten vielmehr unter gewissen Umständen die Korrosion. Unter die eigenartigen Gedanken gehört eine Anordnung, bei der ein elektrischer Strom aus einem nahe an jeder Schiene verlegten Kabel durch die Löscheschicht nach der Schiene übertreten und die Schienen durch Kathodenwirkung schützen soll. Vorversuche im Tunnel haben gezeigt, daß sich so die Korrosion um 30% verzögern läßt. Freilich wird dieser Schutz unwirksam, so oft die Löscheschicht beseitigt werden muß.

Zwei weitere der ins Auge gefaßten Schutzmittel sind chemischer Art und laufen darauf hinaus, die schweflige Säure zu neutralisieren. Einmal in den Rauchgasen dadurch, daß die Feuerbüchse jeder Lokomotive bei der Fahrt durch den Tunnel nach und nach mit einer Beigabe von Kalk beschickt wird. Der zweite dieser Vorschläge bindet beim Speisewasser an. Diesem sollen 300 g Alkali auf 1 m³ Wasser beigemischt werden. Die Mischung soll — offenbar bei besonderen Bedienungsfahrten — in ständigem Strahl gegen die Schienen gespritzt werden. Man hofft, daß sich dabei eine genügende Menge alkalischen Stoffes auf den Oberflächen ablagert, um auf längere Zeit die Säure zu neutralisieren.

Der letzte Schutzgedanke ist wieder recht eigenartig. Jede im Tunnel verkehrende Lokomotive soll mit einem Turbodynamo ausgestattet werden. Der auf Hochspannung umgespannte Strom soll zwischen Elektroden, die in die Feuerbüchse einragen, Entladungen hervorbringen, die die Löschschicht niederschlagen und zurückhalten, bis nach Verlassen des Tunnels die Vorrichtung wieder abgestellt, die Löschschicht wieder aufgewirbelt und ausgestoßen wird. Bei der Ortsangabe „Feuerbüchse“ scheint ein Übersetzungsfehler vorzuliegen, es dürfte sich um die Rauchkammer handeln. Von Versuchen und ihrem Erfolge berichtet unsere Quelle nicht.

Monatsschrift der Internationalen Eisenbahn-Kongreß-Ver-einigung, Heft 11/1939. Dr. Bl.

Bücherschau.

Grundlagen und Entwicklungsrichtungen der deutschen Verkehrswirtschaft. Von Otto Most, Berlin 1939. Verlag Rob. Klett u. Co., 61 S., Preis *R.M.* — 95.

Das sehr lesenswerte Büchlein gehört zu jenen verkehrswirtschaftlichen Schriften, denen man immer wieder gern begegnet, weil sie an sich Bekanntes und Vertrautes behandeln, es aber doch oft in neue Beleuchtung rücken. Des zum Nachweis zwei kleine Lesefrüchte aus dem Büchlein über die Beziehungen der drei

großen Verkehrsträger, der Eisenbahn, der Straße und der Binnenschiffahrt: Schon im Jahre 1935 übertraf, wohl zum ersten Male, die Kapitalanlage für Straßen und Wege mit 934 Millionen *R.M.* weitaus die für Eisenbahnen mit 676 Millionen *R.M.* Und dann: Der Gegensatz zwischen Schiene und Binnenwasserstraße ist gegen früher schon wesentlich gemildert, während die Beziehungen zwischen Binnenschiffahrt und Kraftwagen noch „problem- und zukunftsreich“ sind. Dr. Bl.

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.