Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 85/86 (1925)
Heft: 9

Artikel: Lange oder kurze Schwellen?
Autor: Birk, Alfred
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-40183

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

eines feinen Risses die Torsionsbeanspruchungen ausserordentlich schnell und stark anwachsen, sodass das Auftreten eines feinen Risses genügt, um die Zerstörung der Welle in kürzester Frist herbeizuführen. Für Wellen mit ausgesprochen ellipsenförmigem Querschnitt (λ_1 sehr verschieden von 1) ist die Bruchgefahr infolge eines feinen, *in der grossen Axe* der Ellipse gelegenen Spaltes nicht so gross wie bei einer nahezu kreisförmigen Welle. So erhält man z. B. für $\lambda_1 = 2$ den Wert $\tau_{max} = 5/3\ \tau_{max}^{*}$, für $\lambda_1 = 10$ den Wert $\tau_{max} = 1{,}26\ \tau_{max}^{*}$, woraus ersichtlich ist, dass das Material in diesen Fällen keine besonders hohe Mehrbeanspruchung erleidet. Dagegen ergibt sich aus der zweiten Formel (13) für einen feinen Spalt in *der kleinen Axe* ($\delta = 1$) eine unzulässig hohe Torsionsbeanspruchung, sodass in diesem Falle auch sehr schnell ein Bruch der Welle eintreten wird [1]).

b) λ_2 *von der gleichen Grössenordnung wie* λ_1. In diesen Fällen findet man für die beiden charakteristischen Grössen ϑ und τ_{max} folgende Ausdrücke:

$$\vartheta = \frac{1}{2\pi(\lambda_2 - \lambda_1) G J} M_t, \quad \tau_{max} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1^2 - 1} \frac{b_1}{2\pi(1-\delta) J} M_t \quad (15)$$

wobei

$$J = \frac{b_1^5}{5t}(1-\delta^6) + A + B \ln \frac{\lambda_1 - 1}{\lambda_2 - 1} - C \ln \frac{\lambda_1 + 1}{\lambda_2 + 1} \quad (16)$$

und A, B, C, folgende Abkürzungen bedeuten:

$$A = \frac{\mu^2 t^2 [t^2 + 6 b_2 (t + 3 b_2)] - 3 \mu \lambda_2 t^3 (t + 8 b_2) + 3 t^4 (3 \lambda_2 + 1)}{3 \mu^4}$$

$$B = \frac{\mu^4 b_2^4 - \sigma t \left\{ 4 \mu^3 b_2^3 - \sigma t [6 \mu^2 b_2^2 - \sigma t (4 \mu b_2 - \sigma t)] \right\}}{\mu^5}$$

$$C = \frac{\mu^4 b_2^4 - \varrho t \left\{ 4 \mu^3 b_2^3 - \varrho t [6 \mu^2 b_2^2 - \varrho t (4 \mu b_2 - \varrho t)] \right\}}{\mu^5} \quad (17)$$

wobei $t = b_1 - b_2$, $\mu = \lambda_1 - \lambda_2$, $\sigma = \lambda_2 - 1$, $\varrho = \lambda_2 + 1$.

2. *Einseitig ellipsenringförmiger Querschnitt mit konstantem Axenverhältnis und variabler Wandstärke.*

($\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = $ konst., also $\lambda_1 - \lambda_2 = \mu = 0$; $e \neq 0$).

In diesem Falle findet man:

$$\tau_{max} = \frac{2(1+\nu)}{\pi a_1 b_1^2 (1 - \delta^4)} M_t; \quad \vartheta = \frac{2(1+\nu) K}{\pi a_1^2 b_1^2 (1 - \delta^4)\, G} M_t \quad (18)$$

wobei $\nu = e/t$ und

$$K = \frac{(1+\nu^2)\lambda^2 - (1+2\nu) - (1+\nu)(\lambda^2 - 1)\sqrt{1+2\nu}}{\lambda \nu^2 \sqrt{1+2\nu}} \quad (19)$$

Zum Schluss sei noch hervorgehoben, dass für $\lambda = 1$ die Formeln (18) in jene für den *einseitig kreisringförmigen Querschnitt* übergehen, die schon aus der Literatur bekannt sind [2]). Es ergibt sich somit eine indirekte Bestätigung der von uns abgeleiteten Gleichungen; auf eine eingehende Diskussion der erhaltenen Resultate muss aus Raumrücksichten verzichtet werden.

[1]) Die hier erhaltenen Ergebnisse finden im grossen und ganzen ihre Bestätigung in den Arbeiten von *Greenhill* („Fluid motion between elliptic cylinders and confocal ellipsoids", Quarterly Journal, Vol. 16 (1879), S. 227) und *A. N. Dinnik* („Die Analogie von Prandtl, der Einfluss eines radialen Risses bei Torsion der kreis- und kreisringförmigen Welle", erschienen in russischer Sprache in den „Mitteilungen des Donschen polytechnischen Institutes", Nowo-Tscherkask, 1912, I Bd., II. Teil, S. 309), die beide auf andern Wegen den Einfluss feiner Risse auf die Torsionsbeanspruchung von Wellen untersucht haben. Greenhill gelangt z. B. in dem Sonderfalle eines von zwei konfokalen Ellipsen begrenzten Ringes, bei dem die innere Randkurve zu einem engen Spalt zwischen den beiden Brennpunkten der äusseren Ellipse ausartet, zu dem Ergebnis, dass z. B. für Ellipsen mit dem Axenverhältnis $\lambda = 1{,}2$ die maximale Schubspannung auf den sechsfachen Betrag derjenigen der Vollellipse ansteigt, was mit dem von uns gefundenen Ergebnis ziemlich gut übereinstimmt.

Lange oder kurze Schwellen?

Von Prof. Dr.-Ing. e. h. ALFRED BIRK, Techn. Hochschule, Prag.[3])

I. Die wichtigsten der in der Literatur niedergelegten Anschauungen.

Seitdem Dr. H. Zimmermann in seinem 1888 erschienenen Werke über die Berechnung des Eisenbahnoberbaues das Verhalten kurzer und langer Schwellen (240 bis 270 cm) unter den Einwirkungen des Betriebes eingehend untersucht hat, ist diese wirtschaftlich wichtige Frage nicht mehr zur Ruhe gekommen.

Zimmermann vergleicht Schwellen von 240, 255 und 270 cm Länge bei nachgiebiger und fester Bettung und bei gleichmässiger Unterstopfung auf die ganze Länge hinsichtlich der Druckverteilung und der Senkungen und findet (§ 26), dass die Schwellenenden gegenüber der Schwellenmitte umso früher und um so stärker sich senken, je kürzer die Schwelle ist. Wird nun nicht häufig und gut nachgestopft, so können bleibende Verbiegungen der Schwellen und mithin auch Spurerweiterungen eintreten. Um diesem Uebel bei kürzern Schwellen abzuhelfen, unterstopft man die Schwellen in der Mitte weniger fest als an den Enden. Dadurch wird, wie Zimmermann rechnerisch nachweist, das Ueberwiegen der Senkung und des Druckes unter den äussern Teilen der Schwelle zwar beseitigt, aber der Druck auf die vorher weniger belasteten Teile gesteigert und namentlich der Grösstwert der Drücke bedeutend erhöht. Da überdies die ungleichmässige Unterstopfung das seitliche Ausweichen der stark gedrückten Bettungsteile nach der weniger belasteten Mitte hin fördert und dadurch die dauernde Erhaltung der richtigen Höhenlage erschwert, hält Zimmermann dieses Verfahren nur für einen Notbehelf und empfiehlt, den Schwellen die Länge von 270 cm zu geben.

In seinem Berichte über den Bau der Geleise für die V. Session des Internationalen Eisenbahnkongresses (1895) äusserte sich Baudirektor Ast über die Schwellenfrage in nachstehender Weise: „Ein geeignetes Mittel, die gegebene Last auf eine möglichst grosse Zahl von Schwellen und auf eine möglichst grosse Schotterbettfläche zu verteilen, besteht in der Verminderung der Schwellenentfernung und in der Vergrösserung der Schwellenauflagerfläche im Schotterbette. Diese zwei Massnahmen haben jedoch ihre Grenze; die erste, weil die Möglichkeit der Unterstopfung gewahrt bleiben muss; die zweite, weil einerseits die Schwellenbreite nicht zu gross sein darf, wenn man gut unterstopfen können will, und weil anderseits die Länge von der Spurweite abhängt. Die Verlängerung der Schwelle kann sich natürlich nur auf die Teile erstrecken, die ausserhalb der Schienenstränge liegen; wenn diese Verlängerung eine gewisse Grenze überschreitet, erzeugen die Schienenbelastungen, die auf die Strecke innerhalb der Spurweite einwirken, eine Ueberhöhung der Schwellenenden und die überflüssig langen Schwellenteile tragen nicht mehr."

In seiner Abhandlung über die Eisenbahnschwelle und ihr Auflager (Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des chemins de fer 1895) spricht Ast die Anschauung aus, das der Bettungsdruck 2 kg/cm² nicht überschreiten dürfe und dass für Geleise, die grössern Anforderungen ausgesetzt sind, statische Bettungsdrücke zwischen 1,66 und 1,80 kg/cm², wie die Schwelle von 22 cm Breite und 270 cm Länge sie ergibt, noch hoch genannt werden müssen, weshalb er die 22 cm breite Schwelle beim Geleisebau für Bahnen mit lebhaftem und beschleunigtem Verkehr für wirtschaftlich nicht verwendbar hält. Als wirksamstes Mittel zur Verminderung des Bettungsdruckes und mithin der Erhaltungs- und Regelungskosten der Geleise erklärt Ast auf Grund seiner Berechnungen und Beobachtungen die Verwendung langer Querschwellen (270 cm) an Stelle der kurzen Schwellen (240 cm). Die mittlere Schwelle von 250 cm Länge ist — sagt Ast — je nach der Breite verschieden verwendbar. Bei der Breite von 22 cm entstehen Bettungsdrücke, die dem Grenzwerte von 2 kg/cm² sehr nahe sind und daher von dem Geleise der Hauptbahnen auszuschliessen seien; die Schwelle von 26 cm Breite wird bei Fahrzeugen mit grossen Radständen und steifer Geleiseanordnung, die höchstens 4,2 t Schienendruck her-

[2]) A. und L. Föppl, Drang und Zwang, Band II, Seite 117.

[3]) Das Erscheinen dieser Arbeit hat sich ohne Schuld des Verfassers unliebsam verzögert. Red.

vorrufen, auch einem grossen Verkehre genügen; für starken Verkehr muss aber die Schwelle von 250 cm Länge unbedingt 30 cm Breite erhalten, wenn wirtschaftlich gute Ergebnisse in der Erhaltung erzielt werden sollen.

Im „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" (Heft 12 des Jahrgangs 1915) berichtet der Chef-Ingenieur der niederländischen Zentral-Eisenbahn-Gesellschaft van Dijk über die von ihm vorgenommenen Versuche über die Eindrückung der Querschwellen in die Bettung. Er bediente sich hierfür der in Abb. 1 angedeuteten Vorrichtung; zur Messung der Schwellensenkungen wurde ein Masstab von dreieckigem Querschnitt mit zehnfacher Vergrösserung verwendet, den man zwischen die Schwelle und das als Messlinie angebrachte T-Eisen an 19 durch Holzschrauben an der Schwelle bezeichneten Stellen einschob. Die 3 m lange Schwelle lag auf Sandbettung auf dem ebenfalls aus Sand bestehenden Boden; sie hatte einen Querschnitt von 25 × 15 cm² für Vollspur und 22 × 12 cm² für 1,067 m Spur. Bei einigen Versuchsreihen wurde bei ständiger Belastung jedesmal eine dünnere Lage Bettung unter den Schwellenenden weggenommen, sodass das Auflager allmählich 3,0 — 2,8 — 2,6 — 2,4 — 2,2 m lang wurde; bei andern Reihen wurde der Unterschied der Eindrückung zwischen voller und teilweiser Unterstopfung untersucht und die Schwelle für jede Länge neu auf die verlangte Länge unterstopft. Aus den Ergebnissen seiner Versuche zieht van Dijk nachstehende Folgerungen:

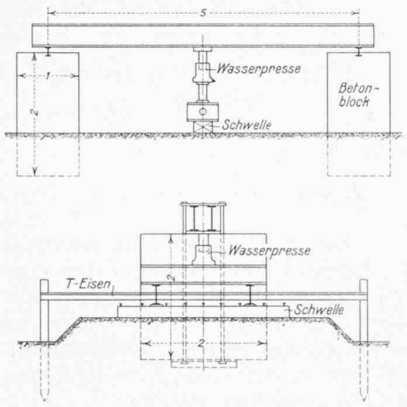


Abb. 1.

a) Die berechneten und die beobachteten Werte der Schwelleneindrückungen an den Enden, an der Aussenseite der Schienenauflager und in Schwellenmitte stimmen ziemlich gut überein.

b) Es empfiehlt sich, die Schwellen in der Mitte auf eine Länge von mindestens u = 2s — L (s = Schienenabstand, L = Schwellenlänge) *nicht* zu unterstopfen, weil dadurch die Gleichmässigkeit der Eindrückung begünstigt wird.

c) Bei L = 2,6 m erreicht man ungefähr die untere Grenze der zweckmässigen Schwellenlänge; die 2,7 m lange Schwelle ist günstiger, die 2,8 m lange noch günstiger.

d) Bei hohem Werte der Bettungszahl C sind kürzere Schwellen noch wirtschaftlich richtig; bei C = 8 zeigt die 2,5 m lange Schwelle noch günstige Druckverteilung.

Abweichend von der Anschauung Zimmermanns über die Bedeutung der teilweisen Unterstopfung will van Dijk die volle Unterstopfung allgemein schon deshalb nicht zulassen, weil man dabei nie sicher sei, ob die Arbeiter nicht zufällig die Mitte der Schwelle stärker unterstopft haben, als die Enden.

II. Die Frage der Schwellenlänge in der Anwendung.

In der Anwendung findet sich die Schwelle von 2,4 m Länge noch bei den ältern Bahnen Oesterreichs und seiner Nachfolgestaaten, während bei den neuern Bahnbauten die Schwellenlänge zwischen 2,5 m und 2,7 m schwankt. Allgemein verbreitet ist die Schwellenlänge von 2,44 m bei den nordamerikanischen Eisenbahnen; die wesentlichen Merkmale des amerikanischen Oberbaues sind:

Schienen: 42,17 kg/m bis 49,6 kg/m,
Schwellen: 0,178 × 0,203 × 2,44 m und
0,178 × 0,229 × 2,59 m;
18 Stück auf 9,14 m Schienenlänge.
Bettung: 0,305 m Stärke unter Schwelle.

Eine Schwellenlänge von 2,5 m steht bei den sächsischen Staatsbahnen in Anwendung. Belgien, Frankreich, Holland, Italien verlangen Schwellen von 2,6 m Länge; in Deutschland, in der Schweiz und in Schweden hat die Schwellenlänge von 2,7 m schon seit Jahren die Oberhand gewonnen.

III. Die Versuche Cuënots.

Auf den französischen Staatsbahnen wurden in den Jahren 1903 bis 1905 mit Querschwellen verschiedener Bauweise Versuche durchgeführt, deren Ergebnisse Ingenieur

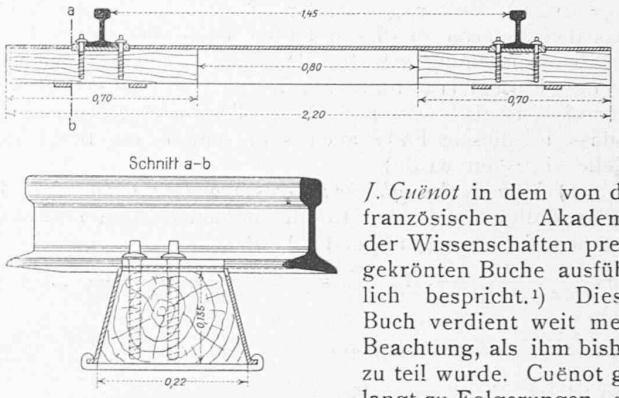


Abb. 2.

J. Cuënot in dem von der französischen Akademie der Wissenschaften preisgekrönten Buche ausführlich bespricht.[1]) Dieses Buch verdient weit mehr Beachtung, als ihm bisher zu teil wurde. Cuënot gelangt zu Folgerungen, die in manchen Punkten von den oben mitgeteilten Anschauungen wesentlich abweichen und wichtige Beiträge zur Frage der wirtschaftlich günstigen Schwellenlänge bieten.

Die Versuchschwellen. Veranlassung zu den Versuchen gab die „Verbundschwelle" von Devaux, Michel und Richard, die durch die Zusammensetzung aus Holz und Eisen gekennzeichnet ist (Abbildung 2). In der Versuchsform, die später einige Abänderungen erfahren hat, bestand sie aus einem eisernen Gerippe in der Form eines umgekehrten Troges, in das an beiden Enden Holzklötze eingelegt sind; unter dem Schienenfusse ist die Decke des Eisengerippes derart ausgeschnitten, dass die Schiene in gewöhnlicher Weise auf dem Holze befestigt werden kann. Eisenklammern verbinden Gerippe und Einlage zu einem möglichst einheitlich wirkenden Ganzen. Die Versuchschwellen hatten eine Länge von 2,50 m, die Holzklötze waren 0,70 m lang. Von dem Gesamtgewichte von 78 kg entfielen 46 kg auf das Eisengerippe. Zu den Versuchen über die Schwellen-Durchbiegungen bei ruhender und bei bewegter Last wurden überdies mit Kreosot getränkte Eichenschwellen von 2,60 m Länge herangezogen. Die Uebersicht I gibt die wichtigsten Ausmasse und statischen Grössen der in Vergleich gezogen Schwellen an, ferner den Wert E J = Elastizitätsziffer × Trägheitsmoment, als Mass der Steifheit.

[1]) Etude sur les déformations des voies de chemins de fer et les moyers d'y remédier. Par M. J. Cuënot, ing. des ponts et chaussées, attaché au contrôle de la compagnie P. L. M. Paris, H. Dunod et E. Pinat. 1905.

Uebersicht I.

Schwelle	Zugfestigkeit kg/cm²	Dehnung an der Elastizitätsgrenze, %	Gewicht der Schwelle kg	Breite	Höhe	Länge	Trägheitsmoment cm⁴	EJ
				in cm				
Holzschwelle	200	2	70	22	14	260	5030	503 000 000
Verbundschwelle	3000	22	78	25	14	250	—	—
Im vollen Holz-Eisenquerschnitt	—	—	—	—	—	—	4163[1]	1 429 000 000[3])
In der Mitte	—	—	—	—	—	—	533	1 066 000 000[4])
Am Schienenauflager . .	—	—	—	—	—	—	3859[2])	821 000 000[5])

[1]) Trägheitsmoment des Holzblockes 3630 cm⁴.
[2]) Trägheitsmoment des oben ausgeschnittenen Eisengerippes 229 cm⁴.
[3]) 3630 · 100000 + 533 · 2000000.
[4]) 533 · 2000000.
[5]) 3630 · 100000 + 229 · 2000000.

Die *Versuchstrecke* lag in einem Hauptbahngeleise, in einer Wagerechten zwischen den Neigungen von 8,9 ‰ und 4,6 ‰ im Einlaufe in einen Bogen von 600 m Halbmesser; sie umfasste sechs Schienen von 8 m Länge auf je zwölf Schwellen. Es waren 50 Verbundschwellen zwischen je elf Eichenschwellen in zusammenhängender Folge eingelegt. Das Geleise liegt in der Versuchstrecke auf einem 1,5 m hohen Damm aus tonigem Boden. Die Bettung

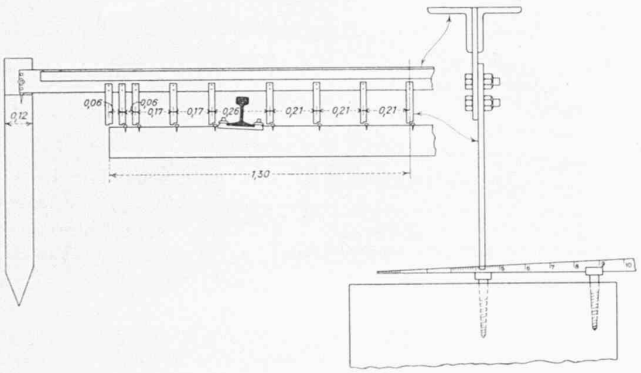


Abb. 3.

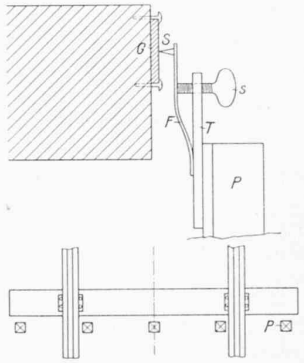


Abb. 4.

stand; bei den Bewegungen der Schwelle unter der darüber rollenden Last bildeten sich dann russfreie Flächen, deren Höhen den Senkungen oder Hebungen der Schwelle entsprachen. Versuche haben gezeigt, dass bei ruhender Last die Ablesungen an dieser Einrichtung mit jenen am oben beschriebenen Keilmasstabe vollkommen übereinstimmten.

Der für die Versuche verwendete Eisenbahnzug bestand aus einer C-Lokomotive von 35 t Dienstgewicht, einem Tender von 24 t und einem Güterwagen. Abbildung 5 zeigt die Stellung der Lokomotive für die Untersuchung der Schwelle T. Unmittelbar nach Auffahrt des Zuges erfolgte die erste Ablesung, die zweite nach Ablauf von zehn Minuten. Die Beobachtungen bei bewegter Last fanden im gewöhnlichen Betriebe statt und zwar bei Zügen verschiedener Zusammensetzung und verschiedener Geschwindigkeiten.

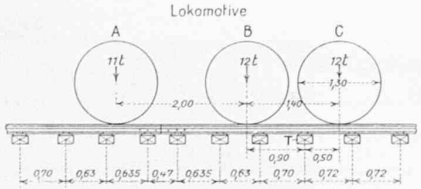


Abbildung 5.

ist unter den Schwellen im Schienenauflager 26 cm stark und besteht aus einem Gemenge von kalkhaltigem Kiesel und tonigem Sand, das bei trockenem Wetter ein sehr dichtes Gemenge, bei feuchtem Wetter dagegen eine mehr oder weniger teigartige Masse bildet. Die Schienen sind aussen bis unter Kopf eingeschottert. Es lagen leichtere Schienen (34,5 kg/m, Form P. L. M. A.) und schwerere Schienen (39,0 kg/m, Form P. M.) in der Versuchstrecke; sie waren auf den Schwellen unter Verwendung von Unterlagplatten mit je zwei Schrauben aussen und innen befestigt. Der äussere, gekrümmte Schienenstrang — auf der äusseren Seite des Bettungskörpers befindlich — hat eine Ueberhöhung von 83 mm.

Die von Cuë 10t verwendete *Einrichtung zur Messung der Senkungen und Durchbiegungen der Schwellen bei ruhender Last* ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Sie gleicht der oben beschriebenen, später von van Dijk benützten Anordnung: die Ablesestellen sind auf den Schwellen durch Schrauben mit viereckigen Köpfen festgelegt; als Vergleichslinie diente ein eisernes Lineal, das an den Enden an feststehenden Pfählen unverrückbar angebracht war und über jedem Ablesepunkte lotrechte Stäbe mit Einschnitten an den untern Enden trug. Zum Messen verwendete Cuënot ebenfalls einen Messkeil mit dreieckigem Querschnitte, der Ablesungen auf Zehntelmillimeter gestattete. Die Ablesungen erfolgten von Punkt zu Punkt zunächst von links nach rechts und dann rücklaufend von rechts nach links; als Messergebnisse galten die Mittelwerte aus den beiden Ablesungen.

Die Einrichtung für die Versuche mit bewegter Last (Abbildung 4) bestand aus einem Stifte S, den eine regelbare Feder F gegen eine an der Schwelle angebrachte Glasplatte G drückt; diese Platte wurde unmittelbar vor dem Versuche mit Rauch geschwärzt. Zur Herstellung der Vergleichslinie versetzte man den Stift bei unbelasteter Schwelle in leichte wagerechte Schwingungen, sodass auf der Glasplatte eine russfreie Linie von 2 bis 3 mm Länge ent-

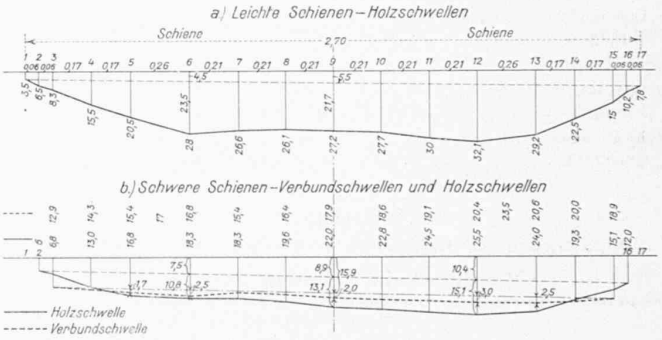


Abbildung 6.

IV. Ergebnisse der Versuche Cuënots bei ruhender Belastung.

Die ersten Versuche wurden im Monat Mai 1903 bei regnerischer Witterung an neun Holzschwellen und 21 Verbundschwellen durchgeführt; im Monat Juni fand nach einigen mehr trockenen Wochen eine Wiederholung mit den selben Schwellen statt; die dritte Versuchsreihe im Monat Juli fiel in eine, nach starker Hitze eingetretene Regenzeit. Die Versuchschwellen waren die gleichen, auch alle Begleitumstände waren unverändert. Die Ergebnisse zeigten in allen drei Fällen im allgemeinen das selbe Bild; nur machte sich der günstige Einfluss der allmählich fortschreitenden Verdichtung der Unterbettung in dem Ausmasse der Senkungen und Durchbiegungen der Schwellen bemerkbar.

Die Biegungslinien, die Cuënot in seinem Werke für jede Schwelle und jeden Versuch dargestellt hat, zeigen durchwegs, allerdings mehr oder weniger scharf ausgeprägt, die Form eines Trogquerschnittes, indem sie von den Enden aus gegen die Schienen zu ziemlich steil abfallen, dann nahezu wagrecht mit leichter Hebung in Schwellenmitte verlaufen; die grössten Werte der Biegung liegen in der Nähe der inneren Schienenfusskante. Die Abbildung 6 zeigt die Biegungslinien der Schwellen, wie sie sich für die leichteren und die schwereren Schienen auf Grund der Mittelwerte bei den Versuchen im Monat Mai darstellen; die Masse sind in Zehntelmillimeter eingeschrieben. Die Durchbiegungen sind bei den schwereren Schienen grösser als bei den leichten. Die Uebersicht II kennzeichnet durch einige Angaben diese Verhältnisse bei den *Holzschwellen*.

Die *Verbund-Schwellen* erleiden geringere Durchbiegungen als die Holzschwellen; die Biegungslinie nähert

Uebersicht II.
Mittelwerte bei Holzschwellen in Zehntelsmillimetern.

Ablesestelle	*Ablesung* bei leichter Schiene	*Ablesung* bei schwerer Schiene	*Einsenkung* bei leichter Schiene	*Einsenkung* bei schwerer Schiene	*Durchbiegung* bei leichter Schiene	*Durchbiegung* bei schwerer Schiene
Schwellenende, äusserer Bogenstrang . .	3,5	6,0	3,5	6,0	—	—
0,13 m innerhalb des äusseren Strangs .	28,0	18,3	4,5	7,5	23,5	10,8
Schwellenmitte . . .	27,2	22,0	5,5	8,9	21,7	13,1
0,13 m innerhalb des inneren Stranges .	32,1	25,5	6,5	10,4	25,6	15,1
Schwellenende, innerer Bogenstrang . .	7,8	12,0	7,8	12,0	—	—

Uebersicht III.
Mittelwerte für Holzschwellen und Verbundschwellen in Zehntelmillimetern.

Ablesestelle	*Ablesung* Holz-Schwelle	*Ablesung* Verbund-Schwelle	*Senkung* Holz-Schwelle	*Senkung* Verbund-Schwelle	*Durchbiegung* Holz-Schwelle	*Durchbiegung* Verbund-Schwelle
Schwellenende, äusserer Bogenstrang	6,0	12,9	6,0	12,9	—	—
0,13 m innerhalb des äusseren Stranges	18,3	16,8	7,5	14,3	10,8	2,5
Schwellenmitte	22,0	17,9	8,9	15,9	13,1	2,0
0,13 m innerhalb des inneren Stranges	25,5	20,4	10,4	17,4	15,1	3,0
Schwellenende, innerer Bogenstrang	12,0	18,9	12,0	18,9	—	—

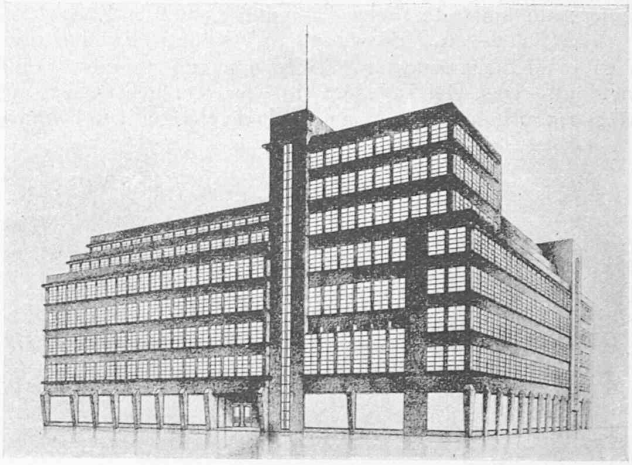
Uebersicht IV.
Ablesungen an Schwellen unter schweren Schienen, Mittelwerte in Zehntelmillimetern.

Ablesestelle	Ablesungen an der *Holz-Schwelle* in den Monaten Mai	Juni	Juli	Ablesungen an der *Gemischten-Schwelle* in den Monaten Mai	Juni	Juli
Schwellenende, äusserer Bogenstrang	6,0	6,0	7,7	12,9	9,5	9,5
0,13 m innerhalb des äusseren Stranges	18,3	18,0	19,7	16,8	12,8	12,8
Schwellenmitte	22,0	19,1	20,8	17,9	15,8	15.8
0,13 m innerhalb des inneren Stranges	25,5	23,2	24,5	20,4	18,6	18.6
Schwellenende, innerer Bogenstrang	12,0	10,2	13,0	18,9	17,9	17,9

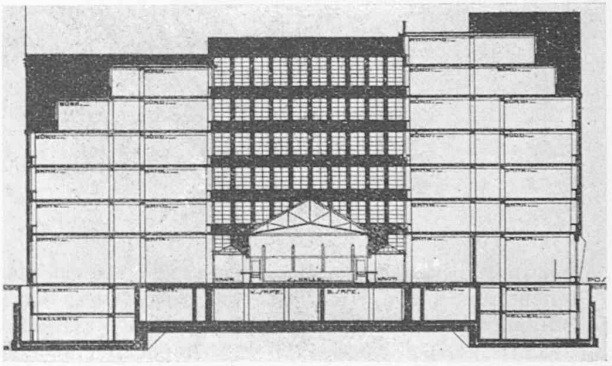
sich einer geraden Linie, die sich nach der Seite neigt, wo die Unterbettung den stärksten Druck erleidet, also gegen den innern Schienenstrang des gekrümmten Geleises. Die Einsenkung der Verbundschwellen ist grösser als die der Holzschwellen; der Verlauf der Einsenkungslinie beider Schwellenarten ist nahezu gleich. Vergleiche hierüber die Uebersicht III.

Nicht ohne Wert ist ein Vergleich der Ergebnisse bei den Versuchen in den drei aufeinander folgenden Monaten. Wie Uebersicht IV zeigt, hat die Holzschwelle im Monat Juli eine stärkere Einsenkung erfahren (0,77 mm und 1,3 mm gegenüber 0,6 mm und 1,2 mm im Monat Mai), aber die Durchbiegung ist abgeschwächt, die Trogform der Biegungslinie weist eine geringere Höhe (2,08 — 0,77 = 1,31 mm gegen 2,20 — 0,60 = 1,60 mm) und flachere Wände auf. Bei der Verbundschwelle zeigten sich im Monat Juli keine messbaren Unterschiede gegenüber dem Juni, nachdem schon im letzten Monat geringere Einsenkungen und Durchbiegungen beobachtet wurden; die Verbundschwelle hat mithin rascher als die Holzschwelle eine ruhige endgiltige Lage im Schotterbett gefunden. (Schluss folgt.)

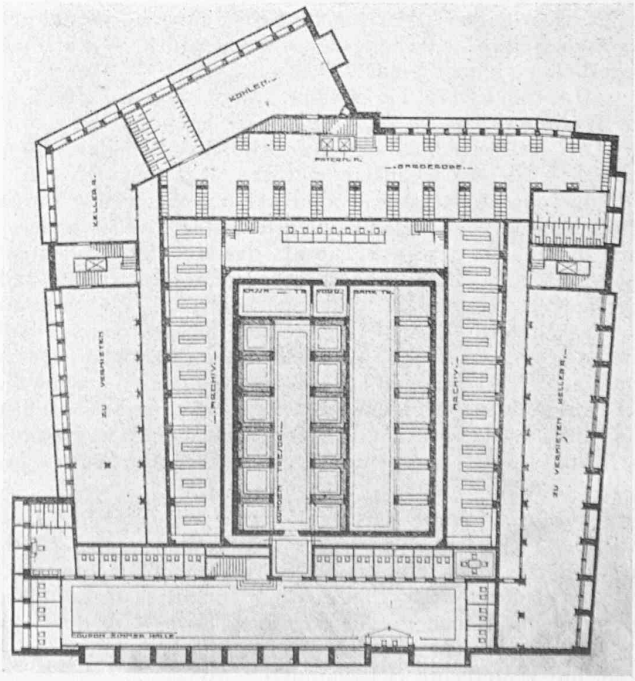
DIPLOMARBEITEN AUS DER E. T. H.



Dipl. Arch. Henri Arnold aus Klaten (Holländisch Java).
Bankgebäude Ecke Paradeplatz-Poststrasse.
Fassade gegen den Paradeplatz.



Querschnitt durch die Schalterhalle, Masstab 1 : 700.
(NB. Die störende Schwärze der beiden obigen Clichés rührt von der Rötelzeichnung der Originalblätter her.)



Grundriss vom I. Keller (Safes und Tresor). — 1 : 700.