

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 67 (1949)
Heft: 52

Artikel: Zur Frage des Wertes der Bettungsziffer C
Autor: Hummel, B.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-84176>

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: 24.01.2026

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

Die Fertigung der Konstruktion erfolgt mit verhältnismässig wenigen Bohrschablonen, die mit Hilfe von Lehrer-Bohrwerken hergestellt werden. Dadurch ist einerseits eine grosse Genauigkeit der Teile gewährleistet, die für eine schnelle Montage notwendig ist, und andererseits ist kein Vorzusammenbau im Werk erforderlich, was wieder eine Serienfertigung mit allen ihren Vorteilen ermöglicht. Vorzeichnen, Ankörnen usw. fallen dahin.

Die Montage solcher Konstruktionen ist denkbar einfach. Mit Rücksicht auf das geringe Gewicht (ein Hauptträger von 2,5 m Systemhöhe und mit leichtem Gurt wiegt z. B. einschliesslich Anteil der Verbände nur 0,29 t/m) ist die Konstruktion zum Freivorbau prädestiniert. Da das grösste Stückgewicht nur 240 kg beträgt (die Gewichte der

meisten Teile liegen noch wesentlich darunter), ist einerseits ein Transport von Hand noch möglich und andererseits sind zur Montage nur leichte Bauwinden bis 500 kg Tragkraft erforderlich. Bei den bisher ausgeführten Objekten wurde, wie aus Bild 3 ersichtlich, ein einfacher Auslegerkran, bestehend aus zwei T 18 mit Holzzangen und zwei Klobenrädern verwendet. Daran hing an Rundeisen eine Holzbühne, die der Montagekolonne ein leichtes Montieren ermöglichte und trotz Vorbau hoch über dem Fluss das Gefühl grösster Sicherheit gab. Die Vorbaugeschwindigkeit beträgt im Mittel etwa 1 bis 1,5 m Brücke pro Stunde. Der Bau der in Bild 3 dargestellten Brücke von 66 m Länge benötigte bei Vorbau von beiden Seiten fünf Tage. Die bisher durchgeführten Montagen wurden alle mit Zimmerleuten und Hilfsarbeitern, wie sie auf den Baustellen für die übrigen Arbeiten vorhanden waren, durchgeführt. Die Durchbiegungen aus Belastung und Schraubenspiel blieben überall unter den errechneten Werten.

Bild 4 zeigt eine 54 m lange Transportbrücke über den Trattenbach in Oesterreich als Durchlaufträger mit Zwischenpfeiler ebenfalls aus Brückenteilen. Für den Freivorbau von



Bild 4. Eingleisige Transportbrücke von 24 + 30 m Stützweite

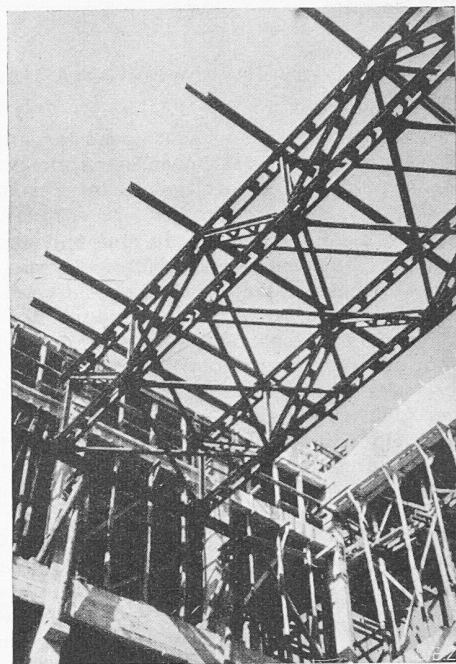


Bild 5. Betonierbrücke in 20 m Höhe

44 m einschliesslich des Zwischenpfeilers wurden vier Tage benötigt. Diese Brücke wurde wenige Tage nach Demontage der Brücke Ternberg aus den gleichen Teilen montiert.

Bild 5 zeigt eine 21 m weit gespannte Betonierbrücke mit 4,5 m Hauptträgerabstand von 14 t Gesamtgewicht zum Betonieren von schweren Betonrahmenriegeln in 20 m Höhe über dem Boden des Fernheizkraftwerkes Klagenfurt, Oesterreich. Die Brücke wurde in drei Tagen am Boden montiert und mit vier Winden in zwei Stunden hochgezogen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die beschriebene Konstruktion neue Möglichkeiten, sowie schnellste Planung und Ausführung für den Bau von Gerüstbrücken, Pfeilern, Brücken für Turmdrehkrane usw. bietet. Die Konstruktion ist durch Patentanmeldungen geschützt.

Zur Frage des Wertes der Bettungsziffer C

Von Prof. Ing. B. HUMMEL, Gdansk-Wrzeszcz (Danzig) DK 625.141

Seit Anerkennung der Zimmermannschen Methode als für die Berechnung des Eisenbahnoberbaues massgebend, bediente man sich der schon früher durch Hentschel festgelegten Werte der Bettungsziffer C von 3 bis 8 kg/cm³. Diese Werte waren bis zum Jahre 1922 von keiner Seite beanstandet, in Polen dagegen sogar durch Prof. Wasiutynski schon im Jahre 1898 auf Grund vielfältiger in dieser Richtung hin durchgeführter Beobachtungen, deren Ergebnisse nur wenig von den seitens Häntzschel festgelegten Werten abwichen, bestätigt worden. Erst in den Jahren 1922 bis 1935 ist man auf Grund der von verschiedenen, dem VMEV angehörenden Eisenbahnverwaltungen durchgeführten Beobachtungen schliesslich zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Ziffer C in weit höheren Grenzen geschätzt werden müsse. Etwa im Jahre 1933 beauftragte das polnische Verkehrsministerium — auf Anregung des Verfassers, der damals Leiter von dessen Oberbau-Abteilung war — Prof. Wasiutynski unter Hinzuziehung mehrerer anderer Lehrkräfte der Warschauer Technischen Hochschule mit der Durchführung von Beobachtungen über die Formänderungen der Gleise unter Einwirkung der Fahrzeuge. Prof. Wasiutynski benutzte diese Gelegenheit zu einer nochmaligen Prüfung seiner früheren Untersuchungen hinsichtlich des Wertes $C = p/y$.

Die Gleisdurchbiegungen unter einer fahrenden Lokomotive wurden photographisch auf einem hochempfindlichen Filmband aufgenommen. Der zu diesem Zwecke angewandte photographische Apparat wurde auf einem Betonfundament in einer Entfernung von 4 m von der Gleisaxe befestigt. Als Beobachtungsobjekt wurde eine kleine, feinpolierte, am Schienenkopf befestigte Metallkugel aufgenommen. Der sich in gleicher Richtung wie die fahrende Lokomotive bewegende

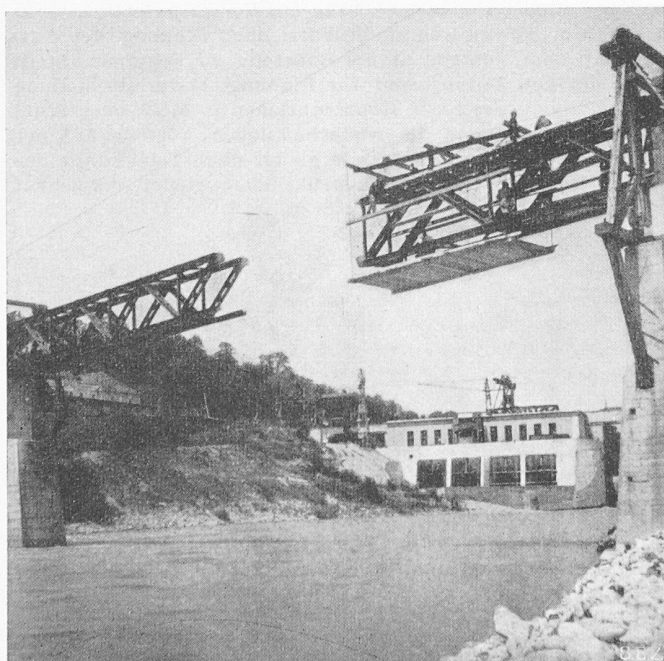


Bild 3. Freivorbau einer 1,5 m breiten Brücke, Ternberg in Oesterreich

Film gibt ein Bild gemäss Bild 1. Die Einzellast G bewegt sich von rechts nach links. Im Moment, da sich G im Punkte A befindet, entsteht im Punkte O, auf den der Apparat gerichtet ist, die erste Senkung, was sich auf dem Film des Apparates widerspiegelt. Nach Massgabe, wie sich die Last G dem Punkt O nähert (hierbei wickelt sich der Film immer nach links zu ab), vergrössern sich die Senkungen in diesem Punkte, wobei diese ständig wachsenden Ordinaten sich auf dem Film an immerfort wechselnden Stellen abbilden. Das Maximum wird erreicht, wenn das Rad den Punkt O überschreitet. Wenn sich das Rad von O nach links bis zum Punkt B fortbewegt, widerspiegelt sich auf dem Film der zweite zu OA symmetrische Teil OB der Senkungskurve, die die Einwirkung der Last auf O bei deren Fortbewegung auf der Strecke OB darstellt. Nach dem Satz von Maxwell können wir annehmen, dass, wenn die Last G im Punkte C stehend (Bild 1) im Punkte O Senkungen hervorruft, die in den Ordinaten y_i Ausdruck finden, sie eine gleiche Senkung im Punkte C verursachen müsste, falls sie im Punkte O stehen würde usw. Daher ist es verständlich, dass wir das erzielte wirkliche Diagramm AOB auch dann erhalten, wenn die Last G dauernd im Punkte O bleibt und unser Apparat sich parallel zum Gleis fortbewegt. Dies wäre das Bild einer unter der Einwirkung einer ungefähr in der Mitte stehenden Last deformierten Schiene. Ein solches Diagramm der Senkung unter einer Last würde sich nur auf einige Schwellen erstrecken. Wie die Berechnung beweist, nimmt die unter der Last stehende Schwelle ungefähr 36 % Druck auf, die beiden nächsten je 24 %, die zwei weiteren ungefähr je 8 %; im weiteren gestaltet sich die Einwirkung schon ohne jede Bedeutung. Gemäss den Beobachtungen an den Gleisen hat es sich bestätigt, dass eine sichtbare, übrigens sehr geringfügige Senkung der Schwelle erst auf 2 m Abstand vor dem Rad entsteht. Wenn wir uns die Senkung unter der Last von zwei Rädern gleichen Gewichts vorstellen, so gestaltet sich das Diagramm ungefähr ähnlich Bild 2: Die punktierte Linie stellt die Senkung unter der zweiten Last dar und die fettere Linie des Diagramms die Summation der Senkungen. In beiden Diagrammen wurden auch die negativen Deformationen berücksichtigt.

Das wirkliche Diagramm, entlang der Gleisaxe unter einer mehrachsigen Lokomotive photographisch aufgenommen, ist in Bild 3 dargestellt. Diese Aufnahmen waren sehr genau. Sie gaben ein völlig richtiges Bild der wirklichen Senkungen der Schienen, vor allem dank der angewandten optischen Methode und dem Umstande, dass der photographische Apparat in einer Entfernung von 4 m von der Gleisaxe auf einer Eisenbetonplatte aufgestellt war. Die Letztgenannte war auf 10 m tief in die Erde eingerammten Pfählen gelagert, wobei deren oberer Teil auf eine Tiefe von 5 m von Betonröhren umkleidet war, zwecks völliger Isolierung von Erderschütterungen. Mit Hilfe peinlich genauer Berechnungen wurde festgestellt, dass die Ablesung der aufgenommenen Höhen mit einer Genauigkeit bis zu 0,002 mm durchgeführt werden konnte.

Die Auswertung obiger graphischer Darstellungen zur Bestimmung der Bettungsziffer C wurde auf Grund folgender Erwägungen durchgeführt.

Wir bezeichnen mit ω die halbe Fläche der Schwelle und mit α das Verhältnis der mittleren Senkung zur grössten Senkung der Schwelle unter der Schiene. Wenn nun C die Grösse des Druckes auf 1 cm² unter der Schiene bezeichnet, bei welchem die betreffende Schwelle sich in die Bettung um 1 cm senkt, dann muss die Schwelle, deren eine Hälfte sich unter der Schiene um y_i cm einsenkte, den Widerstand $= C \alpha \omega y_i$ überwinden. Der Widerstand sämtlicher in Bild 3 veranschaulichten Schwellen wird $D \sum y_i$, wenn $D = C \alpha \omega$ ist. Wenn man berücksichtigt, dass obige Einsenkung unter Einwirkung einer Gruppe von m Lasten erfolgt, dann ist

$$\sum_{i=1}^m P_i = D \sum y_i \dots (a)$$

Den Multiplikator $\sum y_i$ (angenommen, dass im Diagramm Bild 3 die Stellen der einzelnen Schwellen bezeichnet wurden) kann man auf folgende Weise festlegen: Bezeichnen wir die elementare Fläche zu beiden Seiten von y_i (Bild 1) mit $abcd = y_i dx$, dann ist mit hinreichender Annäherung die ganze Fläche $mnpq = y_i a$. Dabei ist a der Axabstand der Schwellen; die Fläche der ganzen Figur in Bild 3 ist $\Omega =$

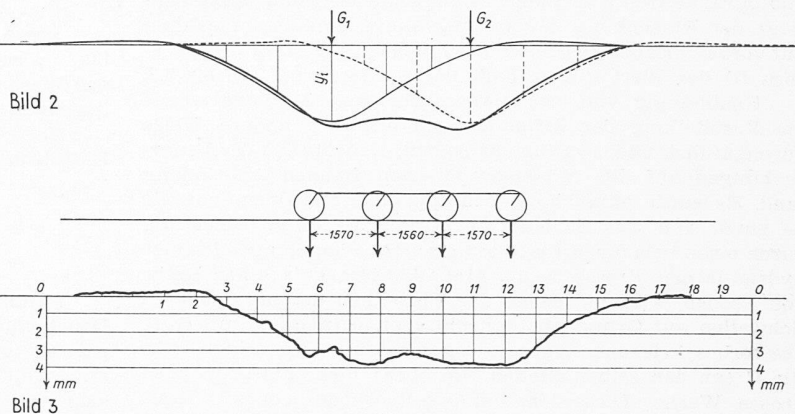
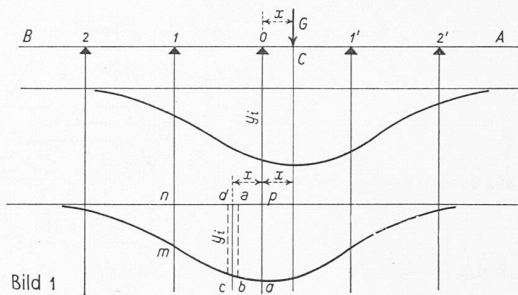


Bild 3

$\sum y_i a$, also $\sum y_i = \Omega/a$. Die Grösse Ω kann man mittels eines Planimeters feststellen. Schliesslich erhalten wir statt a einen neuen Ausdruck:

$$D \sum y_i = \frac{D \Omega}{a} = \sum_{i=1}^m P_i,$$

aus dem wir D erhalten, ebenso auch C aus der Gleichung $D = C \alpha \omega$ wenn α bekannt ist. Den Koeffizienten α könnte man auf Grund theoretischer Einsenkungen gemäss der Zimmermannschen Theorie bestimmen als Verhältnis η_0 zur durchschnittlichen Grösse aus η_0 und η_λ . Dieser Koeffizient stellt sich dann auf ungefähr 0,94, aber die Beobachtungen von Prof. Wasiutynski haben bewiesen, dass es richtiger ist, ihn mit 0,89 anzunehmen. Die auf unserem Untersuchungspunkte angewandte optische Vorrichtung war jedesmal auf einem standfesten Fundament befestigt, liess sich aber im Bedarfsfalle parallel zur Gleisaxe verschieben und gestattete analoge Beobachtungen der Reihe nach in bezug auf alle 18 Schwellen, die zu dem selben Gleisrahmen gehören, durchzuführen. Der beobachtete Gleisabschnitt (von der Länge eines Gleisrahmens) war vorwiegend von zwei Lokomotivtypen befahren: «Mountain» und «Pacific». Die Beobachtungen in bezug auf die vorerwähnte Gruppe von 18 Schwellen wurden in den Jahren 1933 und 1934 mehrmals wiederholt. Im Endergebnis erhielt man die Werte von C in den Grenzen von 3,5 bis 3. Es muss hierbei bemerkt werden, dass das Gleis auf einem Granitsteinschlag und auf gut entwässertem sandig-lehmigem Gelände lag. Die betreffende Strecke besteht bereits seit ungefähr 80 Jahren.

Zu gleicher Zeit waren Versuche über die Festlegung des Einflusses des Zusammenpressens der Schwellen auf die Werte C angestellt worden, und zwar zwecks Berücksichtigung dieses Einflusses. Als Resultat kann man die Behauptung aufstellen, dass bei Nicht-Berücksichtigung des Zusammenpressens der Schwellen D , was zu erwarten war, kleiner ausfiel, da das Einsinken grösser war infolge des Zusammenpressens des Holzes. Bei Berücksichtigung aber nur des Einsinkens der Schwelle in die Bettung stellt sich D grösser. Die Differenz schwankt je nach Umständen, überschreitet aber nicht 10 %. Zur Bestimmung der Grösse des Zusammenpressens der Schwellen fand eine sehr einfache Vorrichtung Anwendung, die Bild 4 veranschaulicht. Die Schwellenschraube war durch einen Bolzen ersetzt, der in der Schwelle lose gelagert ist und bei der Senkung der Schwelle von dieser mittels eines Querriegels ab mitgenommen wird. Allerdings wurde jedesmal eine grössere Einsenkung der Schiene beobachtet (photographiert war die glänzende Kugel an der Seite des Schienenkopfes), als Folge des Zusammenpressens

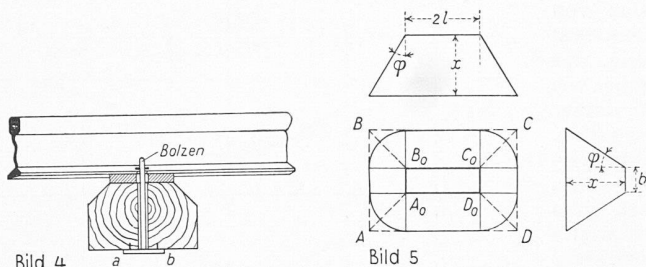


Bild 4

Bild 5

der Schwelle und der Bettung, im Gegensatz zum getrennt photographierten Einsinken des Schwellenschraubenkopfes infolge der Einsenkung der Bettung allein. Im Zusammenhang mit vorbeschriebenem Umstand schwankt (abhängig vom grössern D) der Wert C innerhalb der Grenzen von 3,75 bis 3,2.

Unabhängig von der vorbeschriebenen Methode wurde die Feststellung der Ziffer C auch auf eine andere Weise durchgeführt, und zwar in der selben, die während der Untersuchungen auf den mitteleuropäischen Bahnen Anwendung fand. Es wurde nämlich die Senkung einer einzelnen Schwelle — zuvor von der Schiene abgetrennt — unter Belastung durch einen beladenen Plattformisenbahnwagen mittels einer hydraulischen Presse beobachtet. Als Ergebnis einer Reihe von Proben, während denen das Einsinken der untersuchten Schwellen auf Grund photographischer Aufnahmen mit Hilfe des vorbeschriebenen Apparates gemessen wurde, erhielt man für C (an den selben Stellen wie oben) mehr als doppelt so grosse Werte. Diese Unstimmigkeit wurde jedoch mittels nachfolgender Beweisführung, die ich gekürzt anführe, durch Prof. Wasiutynski völlig aufgeklärt.

$A_0 B_0 C_0 D_0$ ist eine rechteckige Platte (Bild 5) von der Grösse $2lb$, die auf eine elastische Unterlage einen Einheitsdruck von p kg/cm² ausübt; angenommen, der Druck in die Tiefe verteile sich unter dem Winkel φ , so finden wir, dass in einer Tiefe x sich eine belastete Fläche

$$\omega_x = 2bl + 2(b + 2l)x \operatorname{tg} \varphi + 4x^2 \operatorname{tg}^2 \varphi$$

bildet. Auf diese belastete Fläche verteilt sich der Druck von oben $p b 2l$, und infolge hiervon wird dort ein Druck von

$$p_x = \frac{2pbl}{2bl + 2(b + 2l)x \operatorname{tg} \varphi + 4x^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}$$

herrschen, der wiederum in der Bettung eine Spannung von $\frac{\Delta dx}{dx} E$ auslöst, wo E die Elastizitätszahl der Bettung ist. Allerdings ist

$$\frac{\Delta dx}{dx} E = p_x, \text{ wobei } \Delta dx = \frac{p_x dx}{E} = \frac{2pbl dx}{E[2bl + 2(b + 2l)x \operatorname{tg} \varphi + 4x^2 \operatorname{tg}^2 \varphi]}$$

Theoretisch kann man die Grösse x als unbegrenzt gross betrachten, so dass wir für die Senkung erhalten:

$$y = \int_0^\infty \Delta dx = \int_0^\infty \frac{2pbl dx}{E[2bl + 2(b + 2l)x \operatorname{tg} \varphi + 4x^2 \operatorname{tg}^2 \varphi]}$$

oder nach durchgeführten Aenderungen

$$y = \frac{pbl}{2E \operatorname{tg}^2 \varphi} \int_0^\infty \frac{dx}{x^2 + \frac{b+2l}{2 \operatorname{tg} \varphi} x + \frac{bl}{2 \operatorname{tg}^2 \varphi}}$$

Schreiben wir $\frac{b+2l}{4 \operatorname{tg}^2 \varphi} = m$, sowie $\frac{bl}{2 \operatorname{tg}^2 \varphi} = n$. Wenn wir den Nenner durch Hinzufügen von m^2 und Abzug von m^2 ändern, erhalten wir

$$y = \frac{pbl}{2E \operatorname{tg}^2 \varphi} \int_0^\infty \frac{dx}{(x+m)^2 - (m^2 - n)} = \frac{pbl}{2E \operatorname{tg}^2 \varphi} \left[\frac{1}{2 \sqrt{m^2 - n}} \ln \frac{x+m - \sqrt{m^2 - n}}{x+m + \sqrt{m^2 - n}} \right]_0^\infty = \frac{pbl}{2E \operatorname{tg}^2 \varphi} \left[-\frac{1}{2 \sqrt{m^2 - n}} \ln \frac{m - \sqrt{m^2 - n}}{m + \sqrt{m^2 - n}} \right]$$

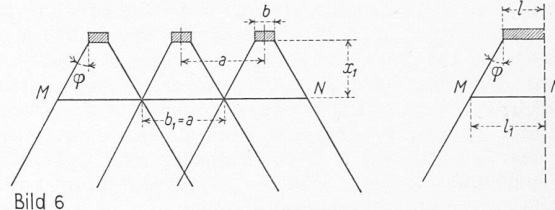


Bild 6

Nachdem wir m und n durch ihre wirklichen Werte ersetzt haben, erhalten wir endgültig:

$$(1) \quad y = \frac{pbl}{E \operatorname{tg} \varphi (b - 2l)} \ln \frac{b}{2l}$$

Wenn wir obiges Integral nicht in den Grenzen von 0 bis ∞ , sondern von x_i bis x_{i+1} auflösen, so erhalten wir den Wert für die Senkung der zwischen diesen beiden Tiefen liegenden Unterlagenschicht.

Nach Integration des allgemeinen Ausdruckes für y und Einführung der richtigen Werte für m und n erhält man:

$$(2) \quad y_i = \frac{pbl}{E(b - 2l) \operatorname{tg} \varphi} \left[\ln \frac{x + l/\operatorname{tg} \varphi}{x + \frac{b}{2 \operatorname{tg} \varphi}} \right]_{x_i}^{x_{i+1}}$$

Nehmen wir jetzt an, dass die Unterlage unter einem Druck nicht einer einzelnen Platte, sondern einer Reihe von parallel gelagerten Platten der gleichen Ausmasse (Bild 6) stehe und dass der auf jede von ihnen entfallende Druck $2pbl$ sich auf die Fläche (wie oben) $2bl + 2(b + 2l)x \operatorname{tg} \varphi + 4x^2 \operatorname{tg}^2 \varphi$ verteile. Wir nehmen überdies noch an, dass die Grösse x insoweit dem Plattenabstand a entspreche, dass die belasteten Flächen gerade mit ihren längeren Seiten aneinander stossen und auf diese Weise eine grosse Fläche von einer Breite von na (wenn die Anzahl Platten n ist) und einer Länge von $2l = 2(l + x \operatorname{tg} \varphi)$ bilden. Hier herrscht eine Spannung von

$$p_{x_1} = \frac{2pbl}{2bl + 2(b + 2l)x \operatorname{tg} \varphi + 4x^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}$$

Von dieser Grenzlinie ab bis zu einer nicht näher begrenzten Tiefe entsteht die Senkung y_n , die wir direkt aus dem Ausdruck (1) nach Einführung p_{x_1} und na anstatt p und b sowie $l + x \operatorname{tg} \varphi$ anstatt l errechnen. Wir erhalten so:

$$y_n = \frac{p_{x_1} na (l + x \operatorname{tg} \varphi)}{E(na - 2l - 2x \operatorname{tg} \varphi) \operatorname{tg} \varphi} \ln \frac{na}{2l + 2x \operatorname{tg} \varphi}$$

Gleichzeitig bildet sich zwischen den Horizonten O und x_1 ein Zusammenpressen y_0 , das aus dem Ausdruck (2) für $x_i = 0$ und $x_{i+1} = x_1$ zu berechnen ist. Wir erhalten:

$$y_0 = \frac{pbl}{E(b - 2l) \operatorname{tg} \varphi} \left[\ln \frac{2x_1 \operatorname{tg} \varphi + 2l}{2x_1 \operatorname{tg} \varphi + b} - \ln \frac{2l}{b} \right]$$

Wie aus Bild 5 und den vorerwähnten Ausführungen ersichtlich, bestehen folgende Abhängigkeiten:

$$a = b_1 = b + 2x_1 \operatorname{tg} \varphi, \text{ woraus } 2x_1 \operatorname{tg} \varphi = a - b, \text{ überdies } p_{x_1} a (l + x \operatorname{tg} \varphi) = pbl$$

Wenn wir obiges für y_n und y_0 einsetzen, erhalten wir:

$$y_n = \frac{npbl}{E[na - (2l + a - b)] \operatorname{tg} \varphi} \ln \frac{na}{2l + a - b} \\ y_0 = \frac{pbl}{E(b - 2l) \operatorname{tg} \varphi} \left[\ln \frac{2l + a - b}{a} - \ln \frac{2l}{b} \right] = \frac{pbl}{E(b - 2l) \operatorname{tg} \varphi} \left[\ln \frac{b}{2l} - \ln \frac{a}{2l + a - b} \right]$$

Die Gesamtsenkung unter der Wirkung von n Platten ist:

$$y_0 + y_n = \frac{pbl}{E(b - 2l) \operatorname{tg} \varphi} \times \left[\ln \frac{b}{2l} - \ln \frac{a}{2l + a - b} + \frac{n(b - 2l)}{na - (2l + a - b)} \times \ln \frac{na}{2l + a - b} \right]$$

Bei der Untersuchung mit nur einer Platte erhielten wir die Senkung:

$$y = \frac{pbl}{E(b - 2l) \operatorname{tg} \varphi} \ln \frac{b}{2l}$$

Zwischen den oben angeführten Werten für die Senkungen und der Ziffer C , die sich auf Grund dieser Senkungen er-

rechnen lassen würde, besteht eine umgekehrte Beziehung und zwar:

$$\frac{C_1}{C_n} = \frac{y_0 + y_n}{y} = \frac{\ln \frac{b}{2l} - \ln \frac{a}{2l + a - b} + n \frac{b - 2l}{na - (2l + a - b)} \ln \frac{na}{2l + a - b}}{\ln \frac{b}{2l}}$$

Jetzt ist es klar, dass wir bei $n = 1$, d. h. der Belastung einer Schwelle:

$$\frac{C_1}{C_n} = \frac{\ln \frac{b}{2l}}{\ln \frac{b}{2l}} = 1$$

Neue diesel-elektrische Lokomotive für die Ferrocarril Machacamarca-Uncía, Bolivien

Mitgeteilt von der Gebrüder Sulzer A.-G., Winterthur

DK 625.282—833.6(84)

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des durchgehenden Personen- und Güterzugverkehrs auf der 96 km langen, kurvenreichen Linie Machacamarca-Uncía hat die Bahnverwaltung der Firma Gebrüder Sulzer A.-G., Winterthur, als Generalunternehmerin eine Diesellokomotive in Auftrag gegeben, die imstande ist, ein Anhängergewicht von 250 t auf einer mittleren Steigung von 20 ‰ im Dauerbetrieb zu fördern. Mit einem Anhängergewicht von 100 t wird im Personenzugbetrieb die Strecke Machacamarca-Uncía oder umgekehrt in drei Stunden durchfahren, Haltezeiten nicht eingerechnet. Güterzüge von 150 t werden in 3 1/2 Stunden über die gleiche Strecke gefördert, solche mit dem Maximalgewicht von 250 t in etwa vier Stunden.

Ueber die Streckenverhältnisse geben nachstehende Zahlen Aufschluss (s. Bilder 1 und 2):

Höhe über Meer: minimal (Machacamarca)	3701 m
maximal (Paso de Bombo)	4401 m
Minimale Aussentemperatur	— 15°C
Maximale Aussentemperatur im Schatten	30°C
Spurweite	1000 mm
Maximal zulässiger Achsdruck	12 t
Minimaler Kurvenradius	70 m
Maximalgeschwindigkeit	60 km/h
Maximale Steigung	25 ‰

Die Hauptdaten der Lokomotive sind:

Totalgewicht, leer	66 400 kg
Gewicht von Brennstoff, Schmieröl, Wasser usw.	4 000 kg
Maximales Dienstgewicht	70 400 kg
Minimales Adhäsions-Gewicht	68 400 kg
Länge über Pufferbalken	14 600 mm
Totaler Radstand	12 800 mm
Drehgestellradstand	3 150 mm
Drehzapfenabstand	8 500 mm
Triebbraddurchmesser	1 050 mm
Maximale Breite	2 770 mm
Maximale Höhe über Schienen-Oberkante	3 995 mm
Zugkraft am Radumfang	
maximal	15 000 kg
während einer Stunde bei 12 km/h	9 800 kg
dauernd bei 16,5 km/h	7 600 kg

Der Sechszylinder-Viertakt-Dieselmotor arbeitet mit direkter Einspritzung und Aufladung durch ein von einer Abgasturbine angetriebenes Gebläse. Kurbelgehäuse und Zylinderblock setzen sich aus Stahlguss-Transversen und Stahlblech-Längswänden, die durch Schweissung miteinander verbunden sind, zusammen. Seine Hauptdaten sind:

Zylinderbohrung	280 mm
Kolbenhub	360 mm
Stundenleistung	730 PS bei 750 U/min
Dauerleistung	645 PS bei 700 U/min

Die Leistungen verstehen sich auf 4000 m ü. M.

Der Dieselmotor treibt einen Hauptgenerator und einen Hilfsgenerator an. Der Hauptgenerator speist die beiden in den Drehgestellen angeordneten Traktionsmotoren, welche je drei gekuppelte Achsen über Zahnradvorgelege und Treib- und Kuppelstangen antreiben.

erhalten, dagegen aber bei mehreren Schwellen, z. B. bei $n = 10$ und bei der Annahme folgender Werte: $b = 26$ cm, $2l = 270$ cm, $a = 73$ cm, sich nach Durchführung der Berechnungen ergibt

$$\frac{C_1}{C_n} = \approx 2,5 \text{ oder } C_n = \frac{C_1}{2,5}$$

Da nun eben der zweite Fall der Belastung der Bettung (und des Bodens) durch eine Reihe von Schwellen mit einem Lastenzug der Wirklichkeit entspricht, ist der für diesen Fall berechnete Wert der Ziffer C von 3 bis 3,5 der richtige, d. h. der in den Berechnungen der Gleise anzunehmende Wert C ist abhängig sowohl vom Untergrund, als auch von der Bauart des Oberbaues und der Achsfolge der Fahrzeuge.

Ausserdem dient er zum Anlassen des Dieselmotors, wobei die in zwei Hälften in den Vorbauten der Drehgestelle untergebrachte NIFE-Anlass-Batterie den Strom liefert. Der Hilfsgenerator dient zur Erregung des Hauptgenerators, zur Ladung der Batterie und zur Speisung der Elektromotoren für die Kühlwasserpumpe, den Kühlventilator, die Triebmotorventilatoren, den Bremskompressor und den Umformer, der den Strom für die Beleuchtung und Steuerung abgibt.

Die Lokomotive wird von einem der an beiden Enden des Lokomotivkastens angeordneten Führerstände aus gesteuert. Der vom Führer betätigte Fahr-schalter stellt die Dieselmotordrehzahl auf verschiedene Werte ein, während der Regulator des Dieselmotors mit Hilfe eines öldruckbetätigten Feldreglers die Erregung des Generators bei allen Fahrgeschwindigkeiten derart beeinflusst, dass der Dieselmotor stets der Drehzahl entsprechend voll belastet ist. Der Motor ist somit gegen Ueberlastung geschützt. Weitere Sicherheitsvorrichtungen sorgen dafür, dass der Dieselmotor sofort abgestellt wird, falls der Wasserdruck oder Schmieröldruck zu niedrig ist oder die Kühlwassertemperatur zu hoch ansteigt.

Eine Sicherheitsvorrichtung unterbricht die Leistungszufuhr zu den Triebmotoren, betätigt die Bremse und bringt den Dieselmotor auf Leerlaufdrehzahl, sobald der Führer

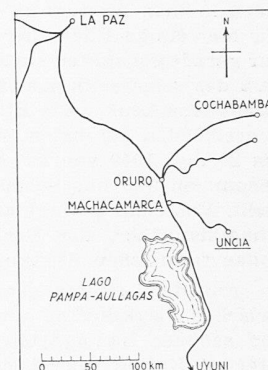


Bild 1. Uebersichtsplan

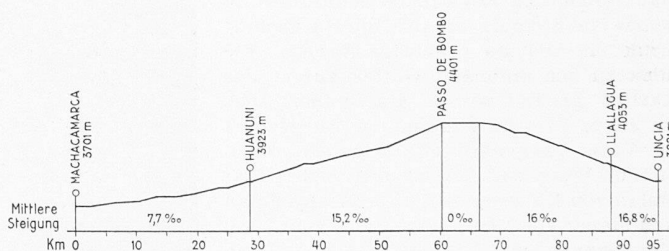


Bild 2. Längsprofil der Bahnstrecke

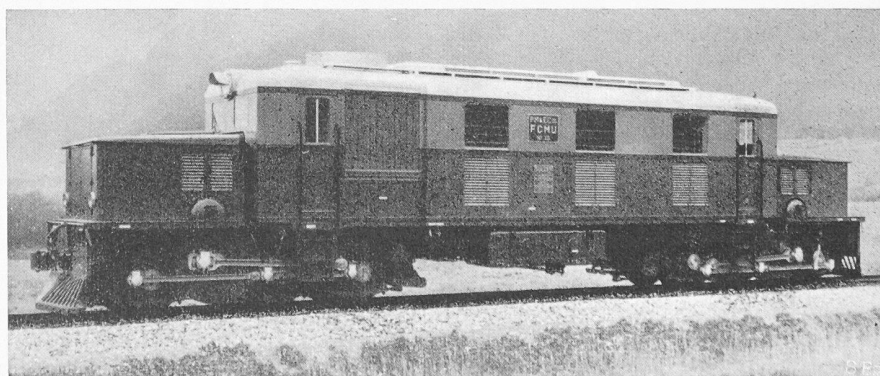


Bild 3. Ansicht der Lokomotive