Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 7 (1964)

Artikel: Die Pillerseeachbrücke der Österreichischen Bundesbahnen

Autor: Schmid, Wolfgang / Klement, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-7872

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: 12.07.2025

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

IIIa3

Die Pillerseeachbrücke der Österreichischen Bundesbahnen

Railway Bridge Over the "Pillerseeache"

Pont-rails sur le «Pillerseeache»

WOLFGANG SCHMID
Dr. Ing., Wien

PETER KLEMENT
Dr. techn., Wien

1. Einleitung

Eine Begradigung in einem kurzen Abschnitt der Strecke zwischen Salzburg und Innsbruck zwang die Österreichischen Bundesbahnen, die neue Pillerseeachbrücke unter einem Winkel von nur 22° über den Flußlauf zu führen. Die Abmessungen des zweigleisigen schiefen Tragwerkes, eines dünnwandigen Kastenträgers, sind in Fig. 1 eingetragen. Hierbei ist besonders bemerkenswert, daß die Stützweite — gemessen in Gleisrichtung — 50,0 m und senkrecht zur Flußrichtung, bei einer Bauhöhe von rund $^1/_{19}$ der schrägen Stützweite, nur 18,57 m beträgt. Die Einfügung der Brücke in das Landschaftsbild ließ ein Tragwerk mit obenliegender Fahrbahn wünschenswert erscheinen.

Durch Querscheiben im Abstand von 12,5 m wird die Gesamtlänge der Konstruktion von 62,5 m in 5 Abschnitte unterteilt. Die drei mittleren Felder bilden den geraden rechteckigen Teil, die äußeren die dreiecksförmigen Endteile. Die den Kammermauern zugekehrten lotrechten Abschlußflächen sind offen.

Das Tragwerk liegt in einer Neigung von 6,28$^0/_{00}$ sowie in einem Übergangsbogen. Um den Einfluß des letzteren möglichst auszuschalten, wurde die Brückenachse so verschwenkt, daß keine größeren Außermittigkeiten als 5 cm auftraten.

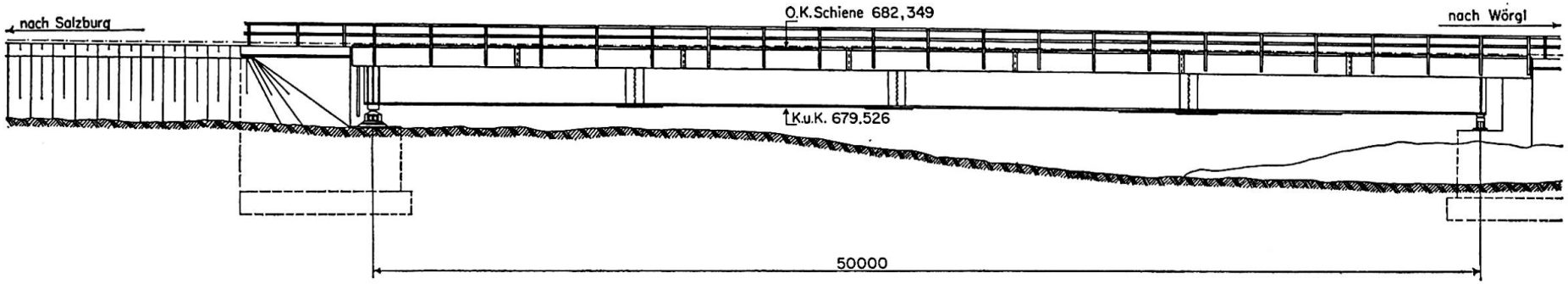
2. Statische Berechnung

2.1. Allgemeines

Die Gleislasten mit dem Schotterbett werden von einer orthotropen Platte mit Längs- und Querträgern aufgenommen, deren Berechnung nach einem Näherungsverfahren erfolgte. Ihre Auflagerkräfte werden auf die beiderseitigen Stege des Hohlkastens übertragen.

Um auch die statische Wirksamkeit des Hauptsystems mit einem erträglichen Rechenaufwand zu erfassen, wurde es in Teilsysteme zerlegt (Fig. 2).

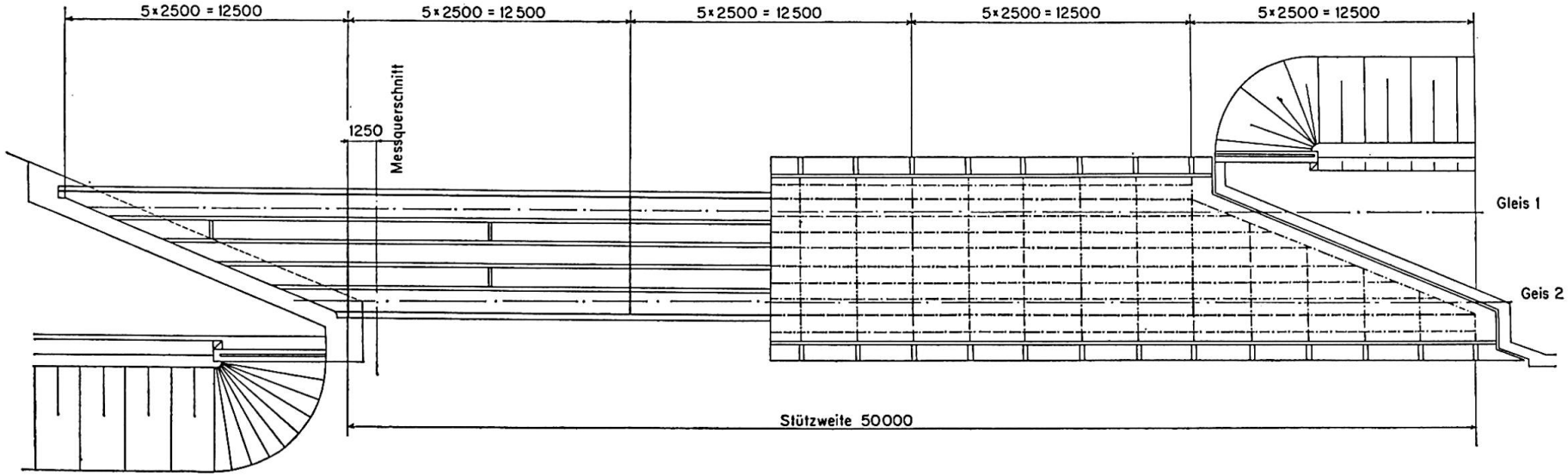
a) Ansicht



b) Draufsicht

auf die Bodenplatte

auf die Fahrbahnplatte



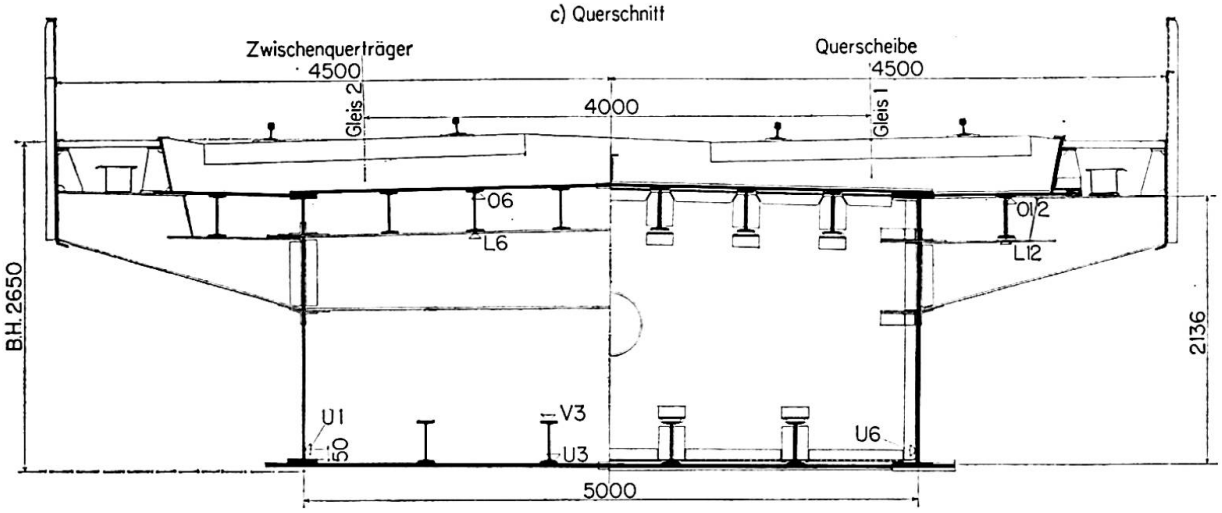


Fig. 1. Übersicht.

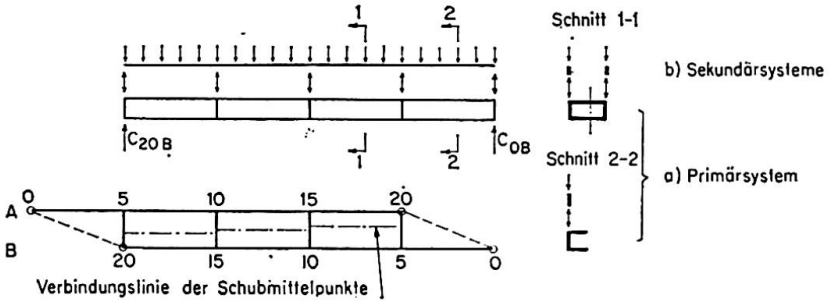


Fig. 2. Statisches Primärsystem und Sekundärsysteme.

2.2. *Primärsystem* (statisches Grundsystem)

Das Primärsystem ist in den Punkten $0A$, $20A$, $0B$, $20B$ gestützt und nur in den Knotenpunkten, das sind die Schnitte der Querscheiben mit den Hauptträgerstegen, belastet (Fig. 2a). Der mittlere, gerade Teil des schiefen Stabes ist torsionssteif. Sein Querschnitt ist im Feld 10—15 zur Tragwerksachse symmetrisch; in den beiden anschließenden Feldern wird durch die ungleichen Stegstärken die Stabachse als Verbindungslinie der Schubmittelpunkte um 33 cm aus der Tragwerksachse verschoben.

Die dreieckförmigen Endfelder wurden näherungsweise als dreiflächige ideale Gelenkfaltwerke angesehen, die in den Kanten nur Schubkräfte übertragen und über die Scheibenhöhe eine geradlinige Spannungsverteilung aufweisen (Fig. 3). Für die praktische Berechnung der lotrechten Durchbiegungen wurden, da die Spannungen über die Gurtbreite nicht konstant sind, gleich hohe ideelle Ersatzquerschnitte bestimmt. Die Gurtflächen dieser Ersatzträger, deren Achsen in den Ebenen 0—5 liegen, waren durch die Bedingung gegeben, daß ihre Stegrandspannungen mit denen der Faltwerke übereinstimmen mußten.

Das Primärsystem ist damit für lotrechte Belastungen einfach statisch unbestimmt. Durch Entfernung einer der Stützen, zum Beispiel C_{0B}, erhält man ein statisch bestimmtes Grundsystem. Die Formänderungsgrößen δ_{ik} lauten:

$$E J_0 \delta_{ik} = \int \frac{J_0}{J} M_i M_k \, ds + \int \frac{J_0 E}{D G} T_i T_k \, ds. \tag{1}$$

In der vorstehenden Formel umfaßt das erste Glied den Anteil aus den Biegemomenten, das zweite Glied den Anteil aus den Torsionsmomenten.

Die Auswertung der Gleichung (1), die Berechnung der Unbekannten und der Schnittkräfte sowie der Formänderungen erfolgte numerisch. Die geringe Zahl der Knotenpunkte erlaubte es, für die Belastung jedes einzelnen mit

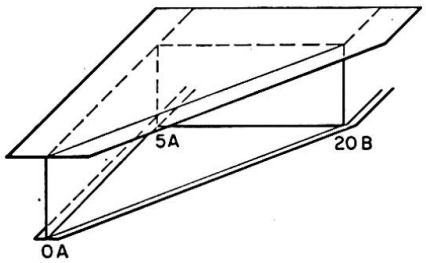


Fig. 3. Dreiflächiges Faltwerk der Endfelder.

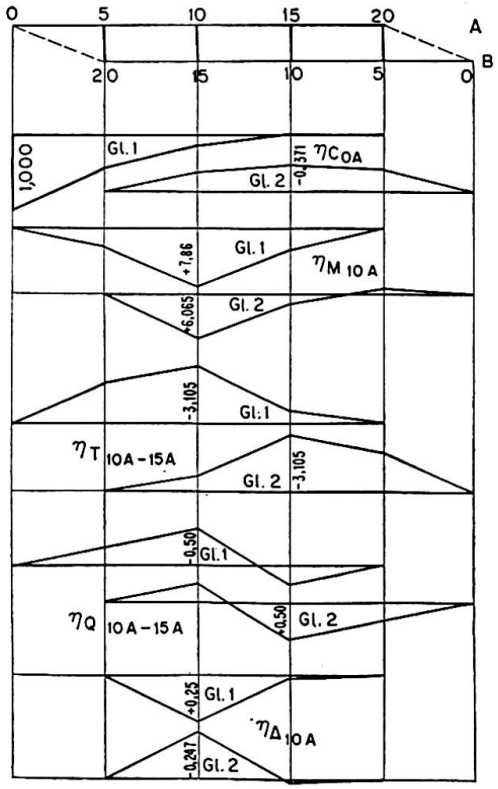


Fig. 4. Einflußlinien im Primärsystem bei Belastung in den Knotenpunkten.

der Einheitslast 1 t die Auflagerdrücke, Biege- und Torsionsmomente sowie die Querkräfte und Querscheibenbeanspruchungen an allen Stellen des Tragwerkes auszurechnen und damit die Einflußlinien zusammenzusetzen. In Fig. 4 sind einige charakteristische Einflußlinien für Belastungen in den Knoten über den zugehörigen Hauptträgerstegen aufgetragen.

Die Auswertung der Einflußlinie für C_{0A} für beide Hauptträgerstege ergibt für Eigengewicht angenähert null; für die Verkehrslasten sind negative Lagerdrücke möglich. Um eine Verankerung der Lager zu vermeiden, wurden die Punkte $0A$ und $0B$ angehoben. Neben der erforderlichen Sicherheit gegen ein Abheben wurde damit eine günstigere Verteilung der Lagerdrücke auf die

Widerlager erreicht. Das Biegemoment in Brückenmitte wird damit zwar um 44% erhöht, entspricht jedoch auch dann nur dem eines geraden Einfeldbalkens von 38 m Stützweite.

2.3. Sekundärsysteme

Die in Fig. 2b dargestellten Sekundärsysteme sind Durchlaufträger über 4 Felder von je 12,5 m Stützweite, die in den Ebenen der lotrechten Kastenwände liegen. Sie übertragen die zwischen den Knotenpunkten des Primärsystems angreifenden Lasten auf die Hauptknotenpunkte. Die Verschieblichkeit dieser Punkte ist mit der Berechnung des Primärsystems berücksichtigt.

2.4. Resultierende Spannungen

Zur Bestimmung der resultierenden Spannungen mußten die Beanspruchungen aus den Teilsystemen addiert werden. Zu den Spannungen aus dem Primär- und Sekundärsystem kamen im Obergurtblech die Beanspruchungen der orthotropen Platte hinzu. Da die mitwirkende Breite der Gurtbleche für beide Systeme zufolge erheblicher Unterschiede in den Abständen der Momentennullpunkte verschieden groß ist, mußten getrennt für jedes Teilsystem aus den Momentenlinien die mitwirkenden Plattenbreiten und damit die Spannungen berechnet werden. Die Momentenlinien wurden durch Fourierreihen dargestellt und für jedes Glied die mitwirkende Breite bestimmt. Als kleinstes Fourierglied wurde jenes berücksichtigt, dessen halbe Längswelle der Steghöhe des Kastens entspricht.

Für die Längsspannung σ zum Beispiel an einer beliebigen Stelle der Untergurtplatte gilt dann allgemein:

$$\sigma = \frac{M_p}{W_p} + \frac{M_{S1}}{W_{S1}} + \frac{M_{S2}}{W_{S2}}, \tag{2}$$

wobei sich der Index «p» auf das Primärsystem, die Indizes $S1$ und $S2$ auf die den beiden Stegen zugeordneten Sekundärsysteme beziehen. Für die Auswertung der durchgeführten Dehnungsmessungen schreiben wir diesen Ausdruck in der Form

$$\sigma = \alpha M_p + \beta M_{S1} + \gamma M_{S2}. \tag{2a}$$

3. Konstruktion

Grundsätzlich wurden in der Werkstätte alle Verbindungen geschweißt, während auf der Baustelle die Stöße vernietet wurden. Die Ober- und Untergurtplatten sind an den Querscheiben gestoßen, die Stege knapp daneben. Die hohen Schubkräfte, die vor allem an den Tragwerksenden durch die

Torsionsmomente hervorgerufen werden, verlangten dort, zieht man Vergleiche mit einem einfachen Balken, eine erhebliche Verstärkung der Querschnitte. Es war also notwendig, die Gurtplatten über die ganze Brückenlänge mit gleicher Stärke durchzuführen, so daß im geraden Mittelstück nur die Stegstärken ungleich sind.

Die geringeren Anarbeitungskosten ließen es als wirtschaftlich erscheinen, die Längsträger der orthotropen Platte auf die Querträger aufzusetzen und nicht, wie üblich, in die Querträger einzubinden. An den offenen schrägen Endflächen wurde zur Aufnahme der örtlichen Lasten ein Endquerträger angeordnet; sein Anschluß im Punkt 0 ist in Fig. 5 dargestellt. Die hoch-

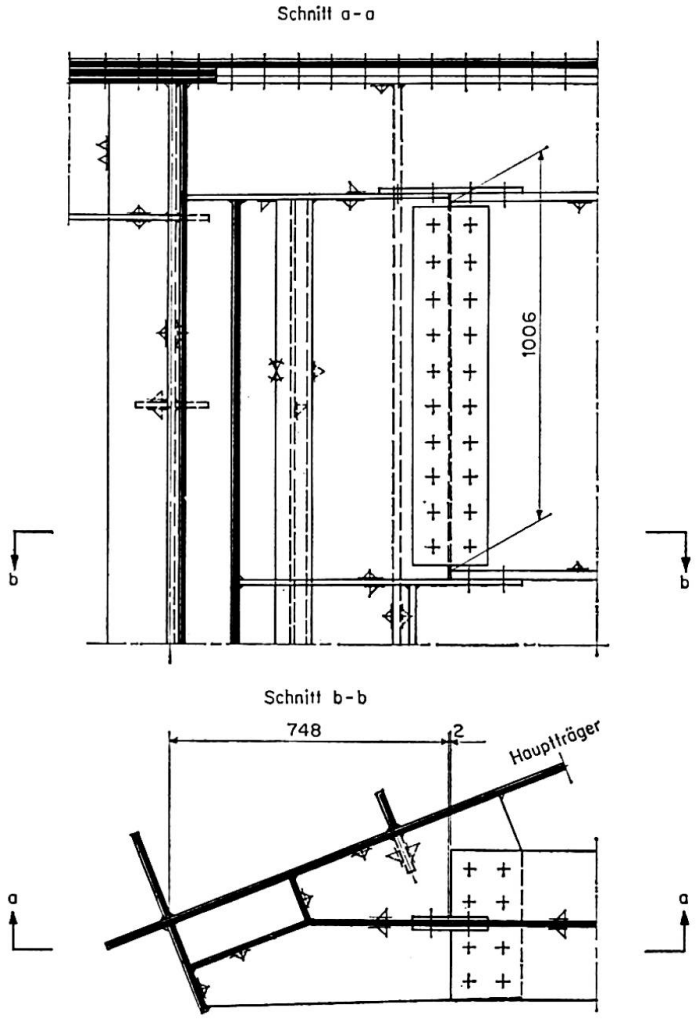


Fig. 5. Anschluß des schrägen Endquerträgers.

stehende Längsrippe in der Mitte der orthotropen Platte soll für die Durchführung von Erhaltungsarbeiten die Ausräumung des Schotterbettes unter nur einem Gleis ermöglichen. Die gleichfalls durch Längsträger ausgesteifte Untergurtplatte wurde, um die Biegespannungen aus ihrem Eigengewicht klein zu halten, in Abständen von 6,25 m an der oberen Platte aufgehängt.

Von den vier Punktkipplagern wurde nur das bei 20 A als Festlager ausgebildet. Verformungen aus Temperaturänderungen und Verkehrslast ver-

langten an sich Beweglichkeiten in verschiedenen Richtungen. Da ein vollkommen zwängungsfreies Spiel, wollte man nicht aufwendige allseits bewegliche Lager verwenden, kaum zu erreichen war, wurden alle Rollenlager in Richtung der Gleisachse beweglich angeordnet.

Das Gesamtgewicht der Konstruktion aus St 44 S und St 44 T beträgt 342 t, die Lager wogen 10 t. Den Entwurf, die Lieferung und den Zusammenbau des Stahltragwerkes besorgte die Firma Waagner-Biró AG., Wien-Graz.

4. Werksfertigung und Montage

Das Tragwerk mußte beim Zusammenbau vorschriftsmäßig für die Verformungen aus ständiger Last, Anheben der äußeren Lager und Verkehrslast, letztere zu 25%, überhöht werden. Infolge der unter diesen Belastungen auftretenden Torsionsmomente und Verdrehungen mußten durch die Sprengung nicht nur die vertikalen Durchbiegungen der Stege, sondern auch die horizontalen Verschiebungen der Gurte ausgeglichen werden. Um dies mit der größtmöglichen Genauigkeit zu erreichen, wurde das Tragwerk in der Werkstätte vollständig räumlich zusammengebaut. Nach Einstellen der Sprengung wurden die Nietlöcher auf den vollen Durchmesser aufgerieben. Bei den großen Werkstoffdicken war dies auch aus wirtschaftlichen Erwägungen von Vorteil.

Der Zusammenbau auf der Baustelle erfolgte auf Gerüsten. Die Einzelteile wurden aufgelegt und vernietet. Mit dem Ausrichten der Stöße war auch die Einhaltung der plangemäßen Form sichergestellt.

5. Messungen

5.1. Allgemeines

Nach Fertigstellung der Brücke wurden, um das statische Verhalten und die Genauigkeit der Näherungsrechnung zu überprüfen, vom Meßzug der Österreichischen Bundesbahnen Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen durchgeführt[1]). Als Belastung stand eine Lok mit dem in Fig. 6 dargestellten Achsschema und einem Gesamtgewicht von rund 61 t zur Verfügung.

5.2. Durchbiegungsmessungen

Für die Durchbiegungsmessungen wurden an einem freistehenden Gerüst unter der Brücke sogenannte Stangenpotentiometer befestigt, deren Taststifte an den betrachteten Knotenpunkt angesetzt waren. Die Bewegungen des

[1]) Die Messungen standen unter Leitung von Zentralinspektor Ing. Schenkir.

Taststiftes während einer Überfahrt der Lok wurden von einem Dreischleifen-Oszillographen aufgezeichnet. In Fig. 7 sind für die drei Knotenpunkte 5 A, 10 A und 15 A die Durchbiegungen über beiden Gleisachsen aufgetragen. Eine Gegenüberstellung mit den Werten der statischen Berechnung (1. Näherung) zeigt stärkere Unterschiede. Man kann allein aus den Krümmungen

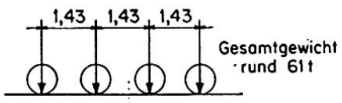


Fig. 6. Lastschema der Probelokomotive.

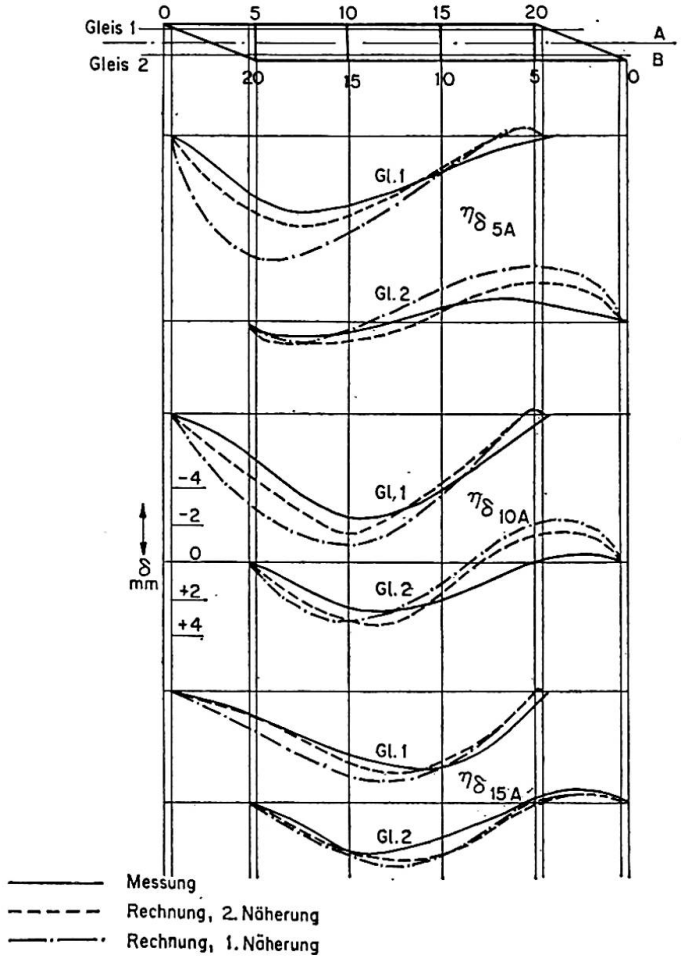


Fig. 7. Einflußlinien für lotrechte Durchbiegungen bei Belastung in den Gleisachsen.

der Biegelinien erkennen, daß die Abweichungen aus der Nichterfüllung der gemachten Voraussetzungen über die Steifigkeit der dreieckförmigen Endfelder herrühren. Der Annahme eines [-förmigen torsionsschlaffen Gelenkfaltwerkes steht die Tatsache gegenüber, daß die rahmenartigen Anschlüsse der schiefen Endquerträger und der Zwischenquerträger einen in der Rechnung nicht berücksichtigten Beitrag zur Torsionssteifigkeit bieten. Hinzu kommt als Folge des durchlaufenden Eisenbahnoberbaus und der Fahrbahnübergänge eine teilweise Einspannung des Tragwerkes in die Widerlager. Man kommt, will man das Grundkonzept der statischen Berechnung nicht verlassen, den tatsächlichen Verhältnissen näher, wenn man die lotrechte Steifigkeit der Ersatzquerschnitte für die Endfelder entsprechend vergrößert. So sind in Fig. 7 auch die Biegelinien eines Tragwerkes gezeichnet, dessen ideelle Gurtflächen in den Endfeldern gegenüber den aus der Faltwerktheorie

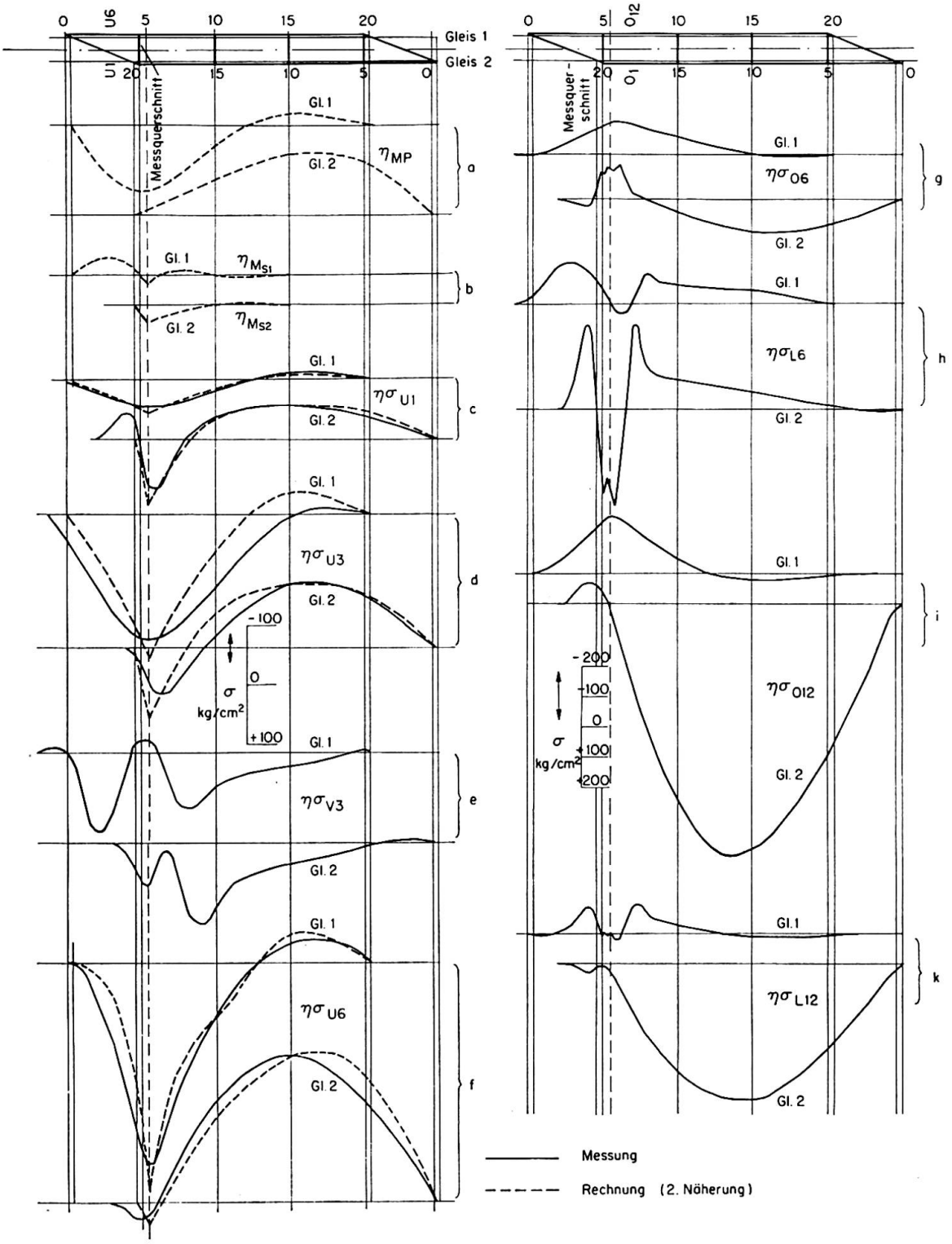


Fig. 8. Gemessene und gerechnete Einflußlinien für Spannungen im Untergurt (c—f) und Obergurt (g—k) bei Belastung in den Gleisachsen.

ermittelten Werten zunächst versuchsweise verdoppelt wurden (2. Näherung). Sie zeigen eine wesentlich bessere Übereinstimmung mit den Messungen und lassen erkennen, daß mit einem entsprechenden Arbeitsaufwand auch eine weitere Annäherung möglich ist. Dabei darf man neben der bereits erwähnten Einspannung in die Widerlager auch nicht übersehen, daß bei der Berechnung der Steifigkeiten alle über die orthotrope Platte hinausragenden Aufbauten vernachlässigt wurden. Weiter wirkt sich durchbiegungsvermindernd aus, daß der Belastungsversuch mit einer vierachsigen Lok durchgeführt wurde, während für die Rechnung eine Einzellast mit gleichem Gesamtgewicht angenommen wurde.

5.3. Dehnungsmessungen

Die Dehnungsmessungen wurden in einem Querschnitt 1,25 m von der Querscheibe $0\,A$—$20\,B$ entfernt im torsionssteifen Teil durchgeführt (Fig. 1b). Die Meßstellen sind in Fig. 1c eingetragen. Es wurden Dehnungsmeßstreifen verwendet; die Aufzeichnung erfolgte wie bei den Durchbiegungsmessungen mit einem Oszillographen.

Sieht man von den Zusatzbeanspruchungen der orthotropen Platte durch die örtlichen Lasten und deren teilweisen Übertragung auf den Untergurt durch die Aufhängung der Platte ab, so ergibt sich die Einflußlinie einer beliebigen Längsspannung nach Formel (2a) als Summe der mit konstanten Faktoren multiplizierten Einflußlinien der Momente des Primärsystems und der beiden Sekundärsysteme. Zur Veranschaulichung dieses Zusammenhangs sind in Fig. 8a und b zunächst diese Momente für den betrachteten Querschnitt aufgetragen, wobei die Steifigkeit der Endfelder nach der 2. Näherung bestimmt wurde. Die Gegenüberstellung der Einflußlinien für die Spannungen im Untergurt (Fig. 8c—f) nach Rechnung und Messung zeigt eine grundsätzliche Übereinstimmung an den Meßstellen im Bereich nahe den lotrechten Kastenwänden, wo nur das Primärsystem und ein Sekundärsystem wirksam sind. Überlagern sich die Schnittkräfte aus beiden Sekundärsystemen mit den Einflüssen der örtlichen Belastungen, so ist die Errechnung der α-, β- und γ-Werte aus den Versuchsergebnissen schwieriger.

Dies ist besonders bei den in Fig. 8g—k dargestellten Meßergebnissen im Obergurt des Kastens, das heißt in der orthotropen Platte, deutlich erkennbar.

Zusammenfassung

Die zweigleisige Pillerseeachbrücke wurde, der konstruktiven Gestaltung des Stahltragwerkes entsprechend, in ihrem geraden mittleren Teil als torsionssteifer, einzelliger Hohlkasten und in den dreieckförmigen Endteilen als [-förmiges Faltwerk angesehen und die Berechnung nach der Theorie des biege- und teilweise torsionssteifen Stabes durchgeführt. Die am Bauwerk

durchgeführten Messungen lassen erkennen, daß eine Vernachlässigung der durch Rahmenwirkung hervorgerufenen Torsionssteifigkeit der offenen Endfelder stärkere Abweichungen zwischen Rechnung und Messung zur Folge hat. Trägt man dieser Tatsache durch eine Erhöhung der lotrechten Steifigkeit der anstelle [-förmiger Faltwerke angenommenen Ersatzquerschnitte Rechnung, so erhält man ein durchaus zutreffendes Bild des wirklichen Spannungszustandes.

Summary

The steel framework of the double-track railway bridge over the Pillerseeache may be regarded, in its straight central portion, as a torsionally rigid, monocellular box-girder, and, in its triangular end portions, as a [-shaped, folded structure. For the purposes of calculation, it is assimilated to a bar possessing flexural rigidity and partial torsional rigidity. From measurements carried out on the finished structure, it is evident that there are considerable differences between the calculated and the measured values, as a result of the neglect of the torsional rigidity in the ends, due to the frame effect. If this fact is taken into account by increasing the vertical rigidity of the sections substituted for the [-shaped folded structures, a thoroughly satisfactory picture of the actual state of the stresses is obtained.

Résumé

L'ossature métallique du pont-rails à double voie sur le Pillerseeache peut être considérée, dans sa partie centrale droite, comme une poutre-caisson monocellulaire rigide à la torsion et, dans ses extrémités triangulaires, comme un voile prismatique en [; pour le calcul, on l'a assimilée à une barre rigide à la flexion et partiellement rigide à la torsion. Des mesures effectuées sur l'ouvrage, il ressort que l'omission, dans les extrémités, de la résistance à la torsion due à l'effet de cadre fait apparaître des différences importantes entre le calcul et les mesures. Si l'on tient compte de ce fait en augmentant la rigidité verticale des sections substituées au voile prismatique en [, on obtient une image tout à fait satisfaisante de l'état réel des contraintes.

Leere Seite
Blank page
Page vide