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

Band: 7 (1964)

Artikel: Elektronische Berechnung von Brücken mit orthotroper Fahrbahnplatte

Autor: Klement, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-7969

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: 16.07.2025

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

IIId1

Elektronische Berechnung von Brücken mit orthotroper Fahrbahnplatte

Design of Bridges with Orthotropic Decks by Means of Computers

Le calcul par ordinateur des ponts a platelage orthotrope

PETER KLEMENT
Dr. techn., Wien

Aus den Beiträgen über Programmierung im Vorbericht ist zu erkennen, daß die meisten Rechenzentren ihr Hauptaugenmerk auf die Erfassung allgemeiner statischer Systeme (z. B. Stockwerkrahmen, hochgradig statisch unbestimmte Systeme, Fachwerke) richten. Für die Erstellung von Programmen im Rahmen eines Rechenzentrums eines Stahlbauunternehmens erscheinen mir jedoch zusätzlich andere Programme wichtig. Bei der Bearbeitung von Entwürfen soll es möglich sein, in kürzester Zeit verschiedene Varianten vollständig durchzurechnen. Es sind daher spezielle Programme für verschiedene gebräuchliche Tragwerkstypen zu erstellen, die auf Grund der Systemabmessungen und der Belastungen sowie der geschätzten Querschnittsabmessungen die gesamte Durchrechnung des Tragsystems von den Schnittkräften bis zu den Spannungen durchführen. Die Berechnung der Schnittkräfte in den einzelnen statischen Systemen sind Teile einer solchen Kette von Programmen. Wesentliche Bestandteile sind jedoch auch Programme zur Berechnung der Querschnittswerte, der Spannungen und der ungünstigsten Überlagerung der Einzelwirkungen. Im Rechenzentrum der Waagner-Biro AG sind solche Programmreihen z. B. für Seilbahnstützen, Freileitungsmaste, Verbundträger und für Brücken mit orthotroper Platte entwickelt worden. Solche Programmketten haben den Vorteil, daß es weit einfacher ist die Ausgangsdaten zu kontrollieren als die Daten, die als Angabe für die statisch unbestimmte Rechnung dienen, da diese ja meist selbst schon das Ergebnis einer Vorberechnung sind. Durch die vollständige Ausschaltung manueller Zwischenrechnungen wird eine wesentlich vergrößerte Rechensicherheit erzielt, wobei natürlich sorgfältig getestete Programme vorausgesetzt werden.

Aufbau der Programmkette

In Fig. 1 ist eine vereinfachte Darstellung des Ablaufschemas der Programmkette gegeben.

Der erste Programmteil dient der Berechnung der orthotropen Platte. Als Verfahren wurde die von PELIKAN und ESSLINGER veröffentlichte Methode

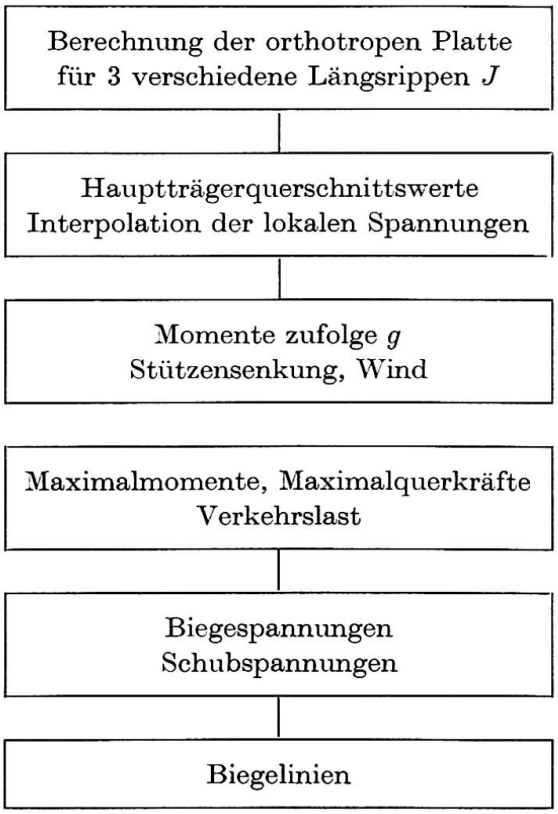

Fig. 1. Ablaufschema für das Gesamtprogramm.

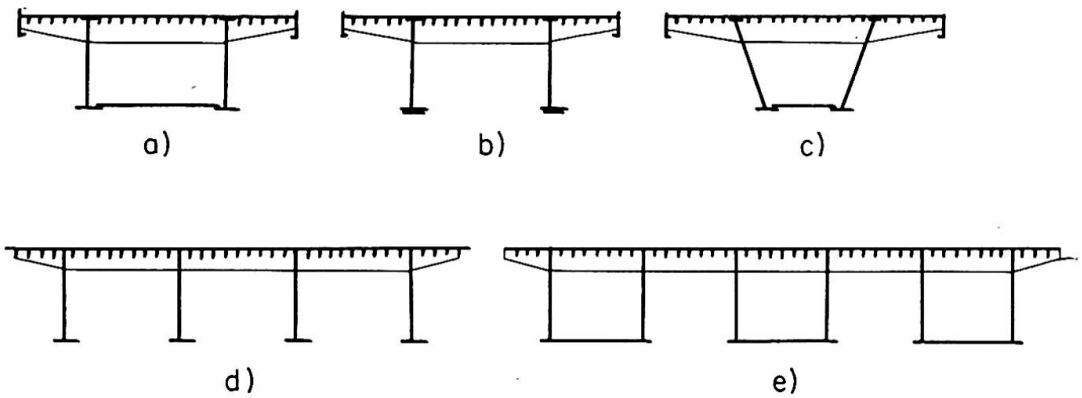

Fig. 2. Beispiele für Querschnitte von Brücken mit orthotroper Fahrbahnplatte.

gewählt, wobei die Biegelinie und die Schnittkräfte durch Eigenfunktionen ausgedrückt werden. Es wurde je ein Programm für Querträger als einfache Balken mit Kragarmen (Fig. 2a, b, c) und für Querträger als Durchlaufträger mit 3 Feldern (Fig. 2d) entwickelt.

Das Dreifeldbalkenprogramm kann mit ausreichender Genauigkeit auch für Fälle nach Fig. 2e verwendet werden.

Da die ungünstigsten Laststellungen sowohl für die Längsrippenmomente als auch für die Querträgermomente bekannt sind, erschien es nicht zweckmäßig, Einflußflächen aufzustellen.

Die Programme wurden so aufgebaut, daß als Ergebnis die maximalen und minimalen Längsrippenmomente und die maximalen und minimalen Querträgermomente erhalten werden.

Da die Dimensionierung der Längsrippen von den Hauptträgerspannungen stark beeinflußt werden und daher oft auf Grund der Hauptträgerspannungen umdisponiert werden muß, wurde folgender Weg beschritten:

Der Berechnung werden die festgelegten Querträgerträgheitsmomente zugrunde gelegt, während für die Längsrippen mit 3 verschiedenen Trägheitsmomenten gerechnet wird. Es konnte durch Vergleichsrechnungen festgestellt werden, daß es genügt, zwischen den Ergebnissen für die 3 angenommenen Längsrippenträgheitsmomente parabolisch zu interpolieren, um ausreichend genaue Ergebnisse für andere Trägheitsmomente zu erhalten. Im Programm wird der gleiche Weg gegangen, wir er bei der Handrechnung üblich ist. Es wurde auch keine größere Genauigkeit angestrebt und deshalb auch nur die zu den beiden niedrigsten Eigenwerten gehörigen Eigenfunktionen berücksichtigt. Dies vor allem deshalb, damit Behörden und Prüfingenieuren die Möglichkeit der Nachrechnung offenbleibt, ohne daß sie vom elektronischen Rechnen Gebrauch machen müssen. Aus dem gleichen Grund werden auch bei der ganzen Programmkette Zwischenergebnisse in dem Maße ausgedruckt, das es erlaubt, stichprobenweise die Ergebnisse von Hand zu überprüfen.

Ebenso wird, soweit es die Speicherkapazität der Maschine (IBM 1620, 20 K) erlaubt, großer Wert auf saubere, mit Überschriften und erklärendem Text versehene Ausschrift gelegt.

Der zweite Programmteil dient der Ermittlung der Querschnittswerte für die Berechnung der Hauptträger, die in der Regel als Durchlaufträger ausgebildet sind. Es kann nicht erwartet werden, daß der Entwerfer eine optimale Dimensionierung auf Grund von Schätzungen durchführen, wohl aber, daß er mit Hilfe von Faustformeln die Grenzen abschätzen kann, zwischen welchen die zu erwartenden Widerstandsmomente liegen werden. Es wird eine beliebige Anzahl solcher Querschnitte berechnet, aus denen dann zuerst jene ausgewählt werden, mit denen die statisch unbestimmte Rechnung des Durchlaufträgers durchgeführt werden soll. Jeder Querschnitt wird dabei durch eine Nummer gekennzeichnet, die sich in der gleichen Rechnung nicht wiederholen darf. Die Zuordnung der Trägheitsmomente zu den Punkten des Durchlaufträgers erfolgt dann entsprechend der angegebenen Querschnittsnummern durch das Programm. Es genügt dabei den allgemeinen Trägheitsmomentenverlauf richtig wiederzugeben, da sich kleine Fehler nur geringfügig auf die Endergebnisse auswirken. Das Querschnittswerteprogramm gibt nicht nur die Trägheitsmomente und Widerstandsmomente, sondern auch durch Interpolation zwischen den Ergebnissen des 1. Programmteiles die einzusetzenden lokalen Spannungen für die Längsrippen.

Der nächste Programmteil berechnet die statisch unbestimmten Stützmomente des Durchlaufträgers für ständige Last, Stützensenkung und Wind.

Der folgende Programmteil errechnet für den Hauptträger die maximalen und minimalen Verkehrslastmomente und Querkräfte. Es zeigt sich hier, daß es nicht zweckmäßig ist, die Berechnung mit Hilfe von Einflußlinien durchzuführen. Der in Österreich übliche Lastenzug, vierrädrige Lastkraftwagen an ungünstigster Stelle, umgeben von Gleichlast, wurde für die Berechnung zu einer Einzellast und entsprechender Gleichlast vereinfacht. Die Genauigkeit dieser Näherung reicht schon ab Stützweiten von 15 m vollkommen aus. Wie in dem in Fig. 3 gezeigten Flußdiagramm gezeigt ist, werden nun hintereinander für eine Einzellast «1», die von Zehntelpunkt zu Zehntelpunkt über den ganzen Träger wandert, die Momentenlinien errechnet. Die Maximalmomentenlinie zufolge einer wandernden Einzellast ergibt sich dann aus der Bedingung, daß für jeden Punkt des Trägers nur die maximalen und die minimalen Werte

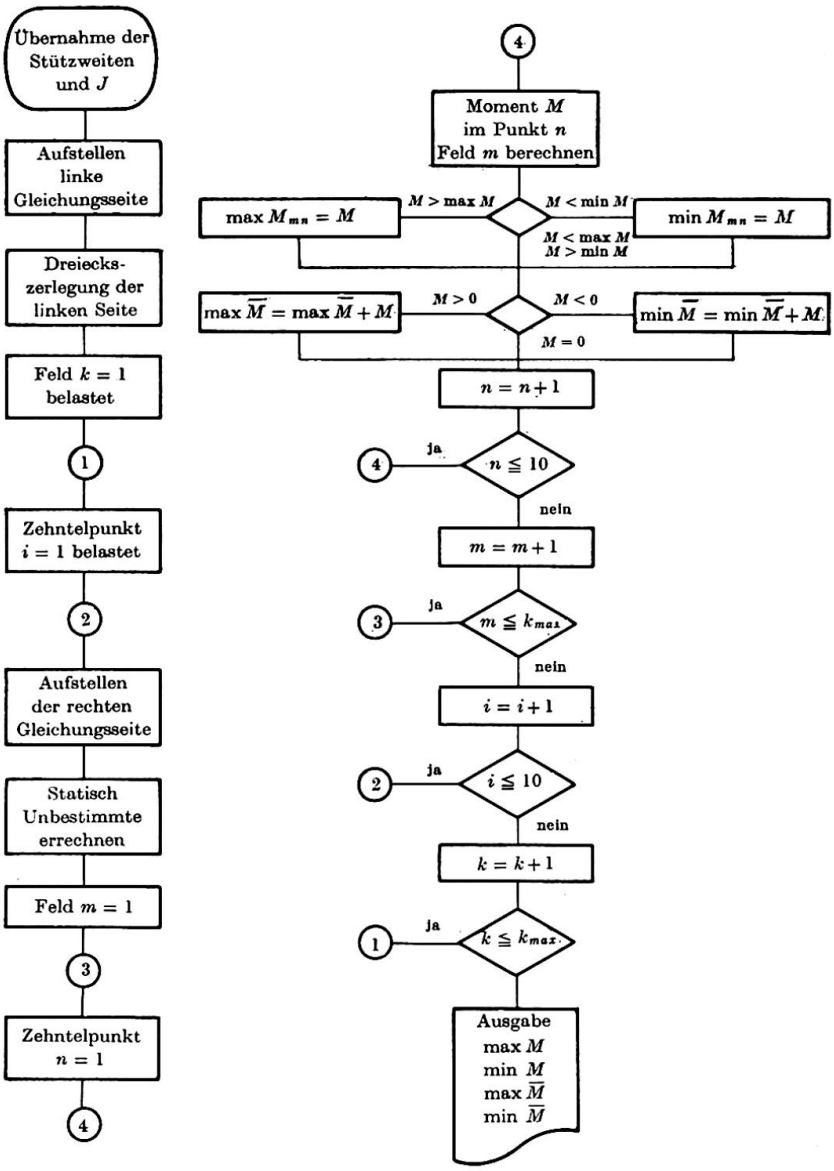

Fig. 3. Ablaufschema für die Berechnung der Maximalmomentenlinie.

gespeichert werden, die beim Wandern der Einzellast auftreten. Die Maximalmomentenlinie aus Gleichlast wird im gleichen Durchlauf dadurch erhalten, daß alle positiven Momente in einem Punkt zum Wert M_{max} und alle negativen zum Wert M_{min} summiert werden. Das Ergebnis entspricht in bezug auf die Genauigkeit der Auswertung der Einflußlinien nach der Trapezformel. In gleicher Weise wird parallel hierzu die Maximal-Querkraftlinie berechnet. (Im Flußdiagramm der Übersichtlichkeit halber weggelassen.)

Der nächste Programmteil behandelt die Biegespannungen. Vom Entwerfer werden als Angabe für jeden Punkt die Feldnummer, der Abstand des Punktes vom linken Feldrand und die Querschnittsnummer des Querschnittes mit dem die Spannung gerechnet werden soll, gegeben. Dabei ist keine Koppelung zwischen dem Querschnitt, der der Durchlaufträgerrechnung zugrunde liegt, und dem für die Spannungsrechnung gewählten Querschnitt vorgesehen. Dadurch ist es beim Entwurf möglich, durch Spannungsrechnung mit mehreren Querschnittstypen die Grundlage für eine graphische Interpolation zu schaffen. Das Spannungsprogramm gibt als Ergebnis die vertikalen Maximalmomente und die Windmomente an der gewünschten Trägerstelle sowie die ungünstigsten Summenspannungen, die bei Berücksichtigung von Vertikallast, Wind und lokaler Belastung entstehen.

In ähnlicher Weise erlaubt das Programm die Berechnung der Schubspannungen. Schließlich wird diese Programmreihe noch durch die Berechnung der Biegelinien und der Biegemomenteneinflußlinien ergänzt.

Bezeichnungen

J	Trägheitsmoment.
g	Ständige Last.
k	Nummer des belasteten Feldes.
k_{max}	Felderzahl des Durchlaufträgers.
m	Nummer des Feldes, wo das Moment errechnet wird.
n	Nummer des Punktes, wo das Moment errechnet wird.
M	Moment.
${}_{max}M, {}_{min}M$	Maximales, bzw. minimales Moment zufolge der wandernden Einzellast.
${}_{max}\overline{M}, {}_{min}\overline{M}$	Maximales, bzw. minimales Moment zufolge der wandernden Gleichlast.

Zusammenfassung

Es ist zweckmäßig, nicht nur Programme für die Berechnung der Schnittkräfte von statischen Systemen, sondern für die Durchrechnung von ganzen Bauwerken zu entwickeln. Ein solches Programm für die Berechnung von

Brücken mit orthotroper Fahrbahnplatte berechnet nach der Ermittlung der lokalen Längsträgerspannungen die Hauptträgermomente aus ständiger und Verkehrsbelastung und bildet die ungünstigsten Spannungssummen für jeden Querschnitt.

Summary

It appears useful to establish programmes covering not only the calculation of the stresses in the static systems, but also the complete design of entire structures. For the design of bridges with orthotropic decks such a programme, after the determination of the local stresses in the longitudinal flanges, calculates the moments of the main girders due to the permanent loads and to the live loads and then finds, for each section, the sum of the least favourable stresses.

Résumé

Il apparaît utile d'établir des programmes couvrant non seulement le calcul des efforts dans les systèmes statiques mais aussi le calcul complet d'ouvrages entiers. Pour le calcul des ponts à platelage orthotrope, un tel programme, après détermination des contraintes locales dans les nervures longitudinales, calcule les moments des poutres-maîtresses dus aux charges permanentes et aux surcharges puis somme, pour chaque section, les contraintes les plus défavorables.