

Elektronisches Rechenprogramm zur Untersuchung der massgebenden Laststellungen beweglicher Lastenzüge auf ein- und mehrfeldrigen Balkenbrücken

Autor(en): **Schneeberger, Beat / Tschumi, Marcel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **91 (1973)**

Heft 25

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71916>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

125 Jahre Schweizer Bahnen

Das Jubiläumsjahr «125 Jahre Schweizer Bahnen» ist am Ausklingen. Anlässlich der verschiedenen Erinnerungsveranstaltungen wurden historische und moderne Fahrzeuge und Anlagen der Öffentlichkeit vorgeführt. Die Gesellschaft der Ingenieure der Schweizerischen Bundesbahnen möchte das entstandene Bild unserer Eisenbahnen durch einige Abhandlungen ergänzen, welche sich mit verschiedenen Bereichen befassen, die im allgemeinen weniger in Erscheinung treten. Gerade die technischen, betrieblichen und administrativen Studien sind den sichtbaren Verwirklichungen immer vorangegangen. Dass in diesen mehr theoretischen Gebieten auch heute noch intensive Arbeit geleistet wird, versuchen wir durch einige aktuelle Arbeiten unserer Mitglieder zu illustrieren.

Die Gesellschaft der Ingenieure fasst die bei den Bahnen tätigen akademischen Berufe zusammen. Aus den vielseitigen Arbeitsgebieten haben wir einige Beispiele aus dem Aufgabenbereich der Planung, des Bauwesens und der kommerziellen Dienste zusammengestellt; der erste Beitrag schliesst an, die weiteren werden in zwangloser Folge erscheinen.

*Für die Gesellschaft der Ingenieure der Schweizerischen Bundesbahnen
Der Zentralpräsident: K. Ensner*

Elektronisches Rechenprogramm zur Untersuchung der massgebenden Laststellungen beweglicher Lastenzüge auf ein- und mehrfeldrigen Balkenbrücken

Von **Beat Schneeberger**, Bolligen und **Marcel Tschumi**, Zollikofen

DK 624.21:625.1

1. Einleitung

Die Brücken im Netz der SBB sind von sehr unterschiedlichem Alter, und jedes dieser Bauwerke wurde gemäss der in seinem Baujahr gültigen Verordnung oder Norm bemessen. Die Normlastenzüge, die in diesen Vorschriften als Bemessungsgrundlage aufgeführt sind, haben sich im Verlauf der Zeit mit der Entwicklung der Bauart

und der Gewichte von Lokomotiven und Wagen verändert. So entspricht z.B. der Lastenzug der Eidgenössischen Brückenverordnung von 1892 einer Dampflokomotive mit Tender und angehängten Zweiachswagen. Lokomotive und Tender weisen zusammen eine Laufmeterlast von rund 5,6 t/m auf. Die in den heute gültigen Normen (SIA-Norm Nr. 160, Art. 3a) enthalte-

nen zwei 8achsigen Fahrzeuge ergeben eine Laufmeterlast von rund 10,2 t/m. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass der zurzeit geltende Stossbeiwert in Funktion der Spannweite wesentlich grösser ist als jener vom Jahre 1892, dies als Folge der Zunahme der Verkehrsgeschwindigkeiten. Im normalen Personen- und Güterverkehr liegen die vorkommenden Achslasten stets unter-

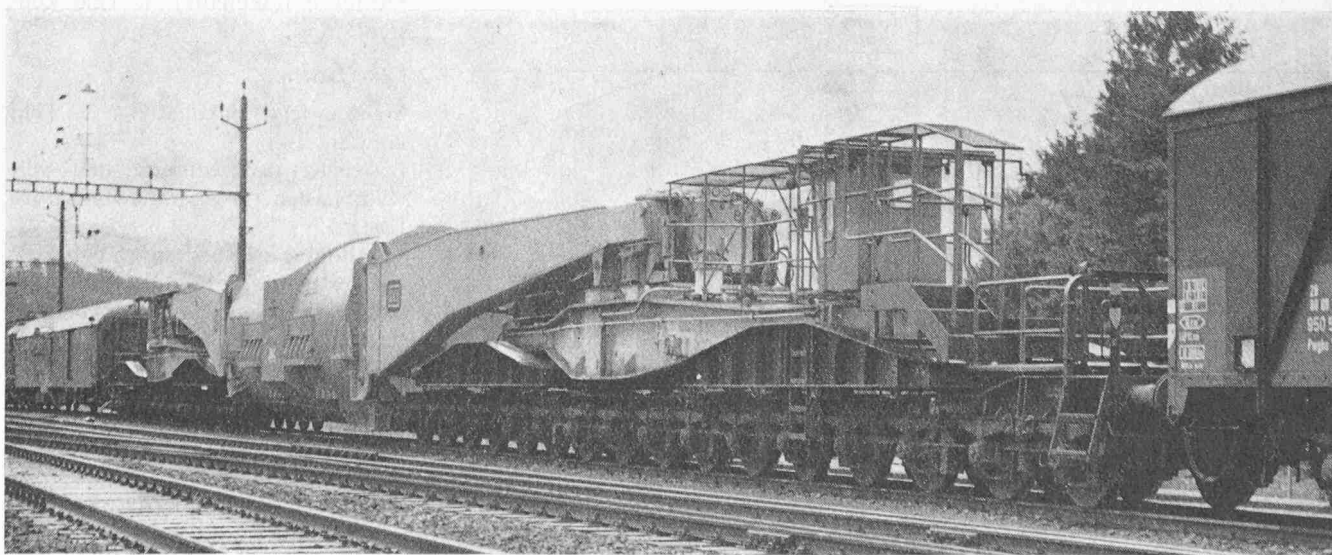


Bild 1. 32achsiger Schwertransportwagen der Deutschen Bundesbahn im Einsatz für Brown, Boveri & Cie. AG, Baden. Die eingehängte Last (Generator-Stator) wird durch 2 Tragschnäbel auf je 16 Vorder- und Hinterachsen verteilt. Technische Daten: Eigengewicht mit Tragschnäbeln 246 t, Nutzlast des Wagens mit Tragschnäbeln bei 22 t Achslast 457 t, Länge über Puffer bei 13 m Einhängelänge 63,3 m, zugehöriges, maximales Laufmetergewicht 11,1 t/m

Bildnachweis: GS SBB

halb der Normlasten, meist auch unter denjenigen der älteren Bemessungsvorschriften.

Bei Schwertransporten ist es möglich, dass die Normlasten überschritten werden (siehe Bild 1). Für diese Extrembelastungen muss dann jeweils von Fall zu Fall untersucht werden, ob die Tragfähigkeit der zu befahrenden Brücken ausreicht. Dazu werden in einigen massgebenden Punkten der Brücken die grössten Beanspruchungen infolge des Schwertransportes ermittelt. Die massgebende Laststellung kann meist nur durch ein aufwendiges Probieren festgestellt werden, indem der Lastenzug rechnerisch in verschiedene Stellungen verschoben wird. Für den Vergleich der Beanspruchungen bedient man sich seit langem des Verfahrens über den so-

nannten Belastungsgleichwert. Dieser zu den Schnitt- oder Auflagerkräften direkt proportionale Wert ist als diejenige gleichmässig verteilte Last definiert, die bei gegebenem statischen System die gleichen maximalen Schnitt- oder Auflagerkräfte hervorruft wie der betrachtete Lastenzug. Es müssen nun vorerst die Belastungsgleichwerte für die verschiedenen Normlastenzüge bekannt sein. Diese wurden für das maximale Feldmoment sowie die maximale Auflagerkraft in Funktion der Spannweite am einfachen Balken berechnet und in Tabellen dargestellt. Sind nun auch die Belastungsgleichwerte des fraglichen Schwertransportes bekannt, so kann durch Vergleich ausgesagt werden, ob die Tragfähigkeit der einzelnen Brückenobjekte verschiedener Spannweiten auf

der vorgesehenen Strecke zur Überführung des Transportes ausreicht.

Die Berechnung der Belastungsgleichwerte für einen solchen Schwertransport-Lastenzug bringt einen recht hohen Rechenaufwand. Daher drängte es sich auf, diese Berechnung dem Computer zu überlassen, um so mehr als sich damit auch statisch unbestimmte Balkensysteme untersuchen lassen. Bei der Analyse des Problems erwies es sich dann als sinnvoll, das Programm so zu konzipieren, dass die Berechnung der Belastungsgleichwerte lediglich eine Spezialanwendung darstellt. In seiner endgültigen Form ermittelt das Programm für beliebige Ein- und Mehrfeldträger und frei wählbare Lastenzüge, bestehend aus konzentrierten und verteilten Lasten, die kritischen Laststellungen und berechnet die Extremwerte der Reaktionen und Schnittkräfte sowie die Durchbiegungen. Das Programm eignet sich somit zusätzlich für weitere Anwendungsgebiete, wie:

- Vergleich der verschiedenen nationalen Belastungsnormen, d.h. Mitarbeit im Rahmen der UIC (Union Internationale des Chemins de Fer) im Hinblick auf eine internationale Vereinheitlichung der Eisenbahn-Normlastenzüge
- Vordimensionierung von Balkenbrücken
- Berechnung von Kranbahnträgern
- Berechnung von Durchlaufträgern mit ruhender Belastung.

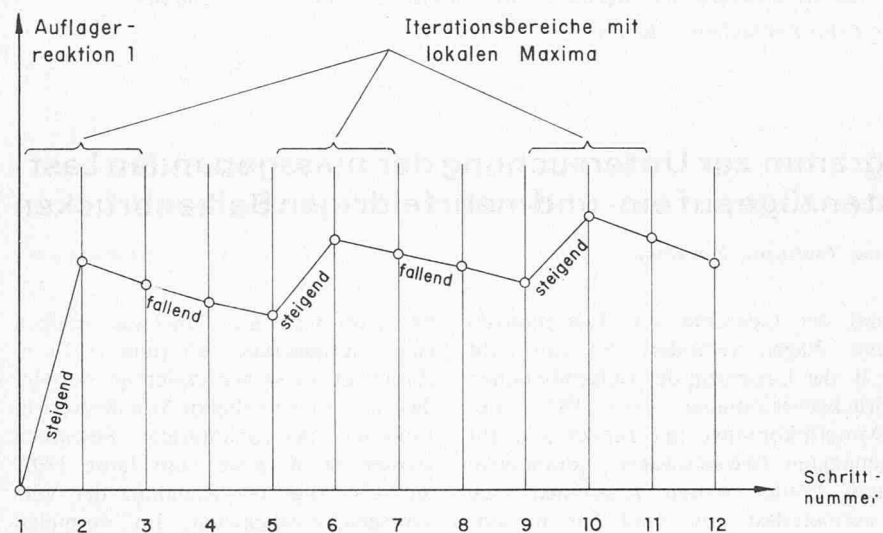


Bild 2. Feststellen eines lokalen Maximums (für die Auflagerreaktion 1)

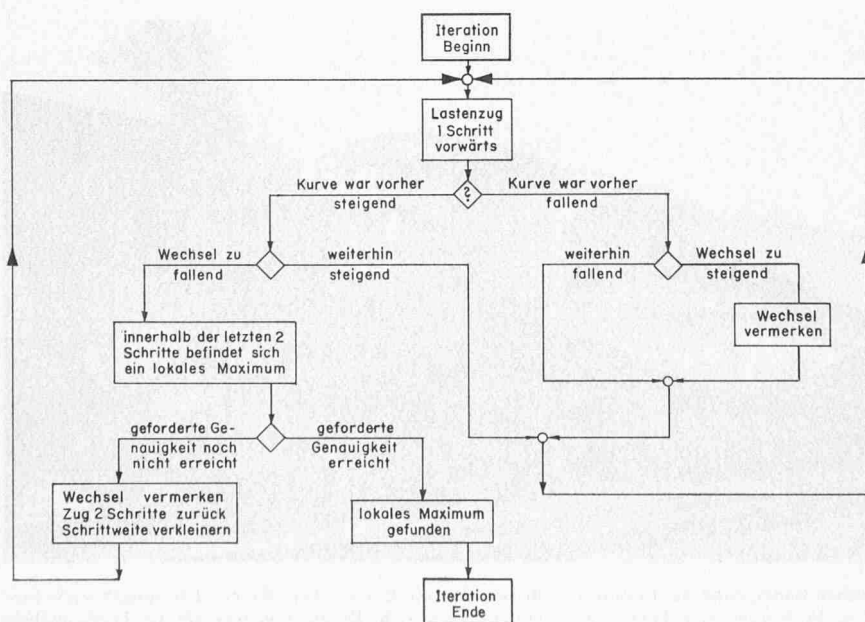


Bild 3. Blockdiagramm für die Iteration

2. Wählbare Grössen für die Eingabe

2.1 Der Träger

- Anzahl Felder: 1 bis 6
- Endauflager: frei drehbar gelagert oder total eingespannt
- Steifigkeit (fakultativ): je Feld konstant

2.2 Die Lasten

- Eigengewicht (fakultativ): je Feld konstant
- Lastenzug: konzentrierte und verteilte Lasten (insgesamt maximal 70 Lasten)
- «Stationäre» Nutzlast (fakultativ): auf dem ganzen Träger ruhende, verteilte Last. Damit kann der simulierte Lastenzug vorn und hinten beliebig verlängert werden. Diese Anwendung der «stationären» Nutzlast wird im Beispiel 5.2 gezeigt (vgl. auch Bild 10).

2.3 Nichtberücksichtigung von entlastend wirkenden Lasten

Auf Wunsch wird der Einfluss von Lasten, welche eine Reaktion oder Schnittkraft entlasten, für die Bestimmung dieses Wertes vernachlässigt.

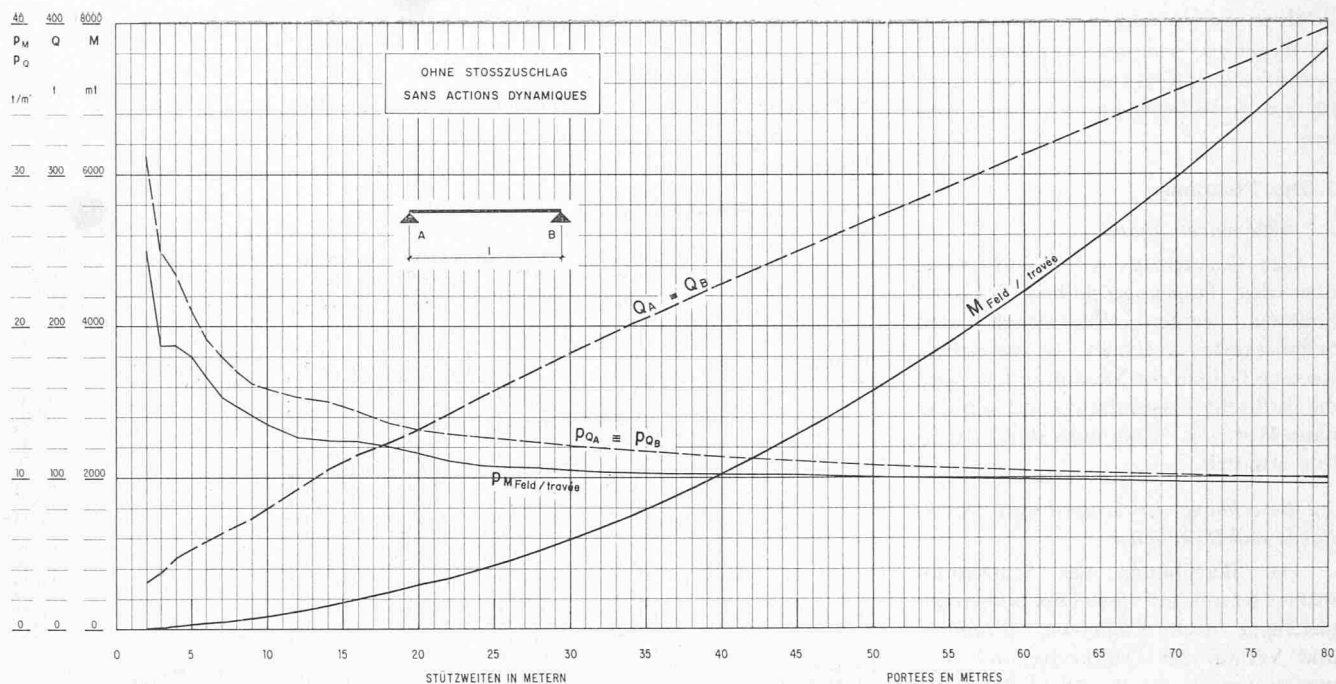


Bild 6. Maximale Schnittkräfte und Belastungsgleichwerte am einfachen Balken für den SIA-Lastenzug

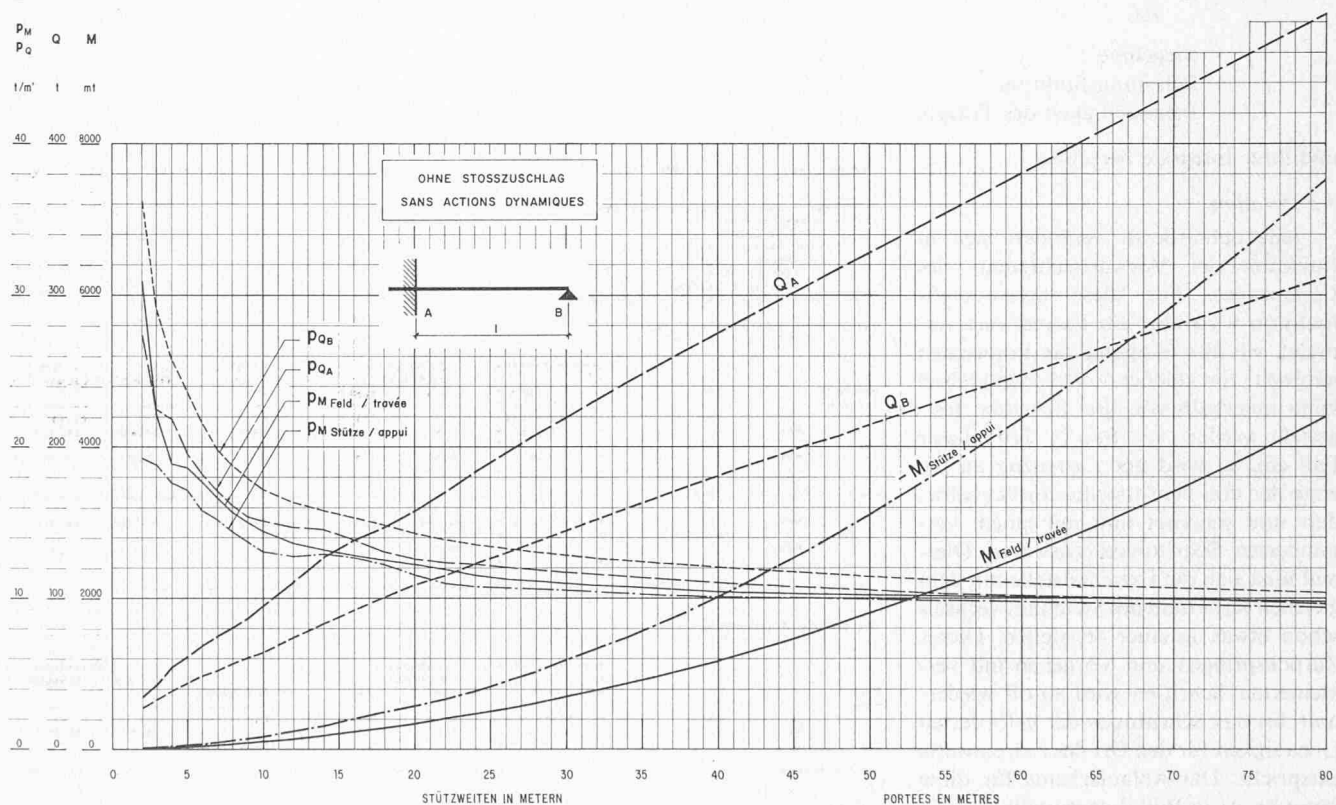


Bild 7. Maximale Schnittkräfte und Belastungsgleichwerte am einseitig eingespannten Balken für den SIA-Lastenzug

beginnen oder aufhören und bei den Auflagern werden die Werte für Querkraft, Moment und Durchbiegung gedruckt, dazu die Auflagerreaktionen.

4.2 Liste der kritischen Laststellungen und der Extremwerte

Diese besteht aus drei Teillisten, wie sie z. B. Bild 5 zeigt, und zwar solche für:

- Extreme Auflagerreaktionen
- Extreme Feldmomente
- Extreme Stützenmomente

Ausser den Extremwerten erhält man hier weitere interessierende Grössen, wie:

- Ort des Schnittes, wo der Extremwert auftritt
- Zugehörige Querkräfte

- (evtl.) zugehörige Stützenmomente
- (evtl.) Durchbiegung
- Kritische Laststellung
- Belastungsgleichwerte

Werden im gleichen Lauf mehrere Fälle gerechnet, so erscheint am Schluss eine Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse jedes Falles.

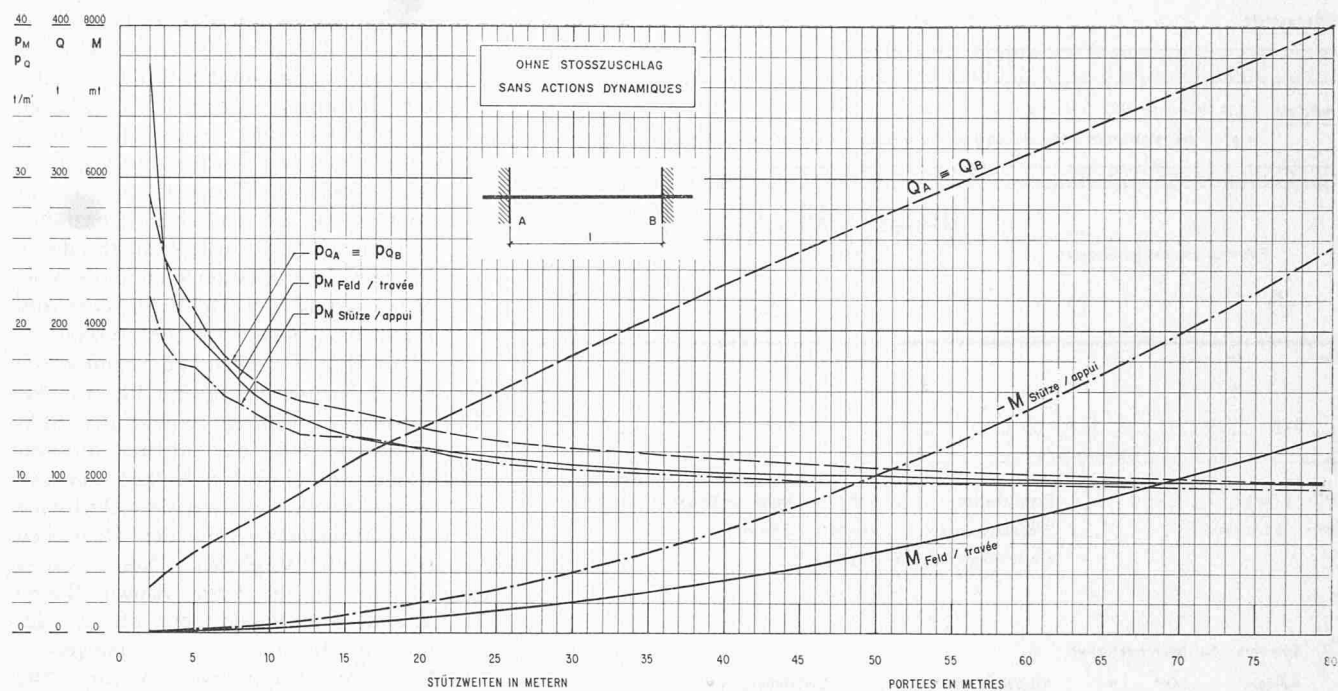


Bild 8. Maximale Schnittkräfte und Belastungsgleichwerte am beidseitig eingespannten Balken für den SIA-Lastenzug

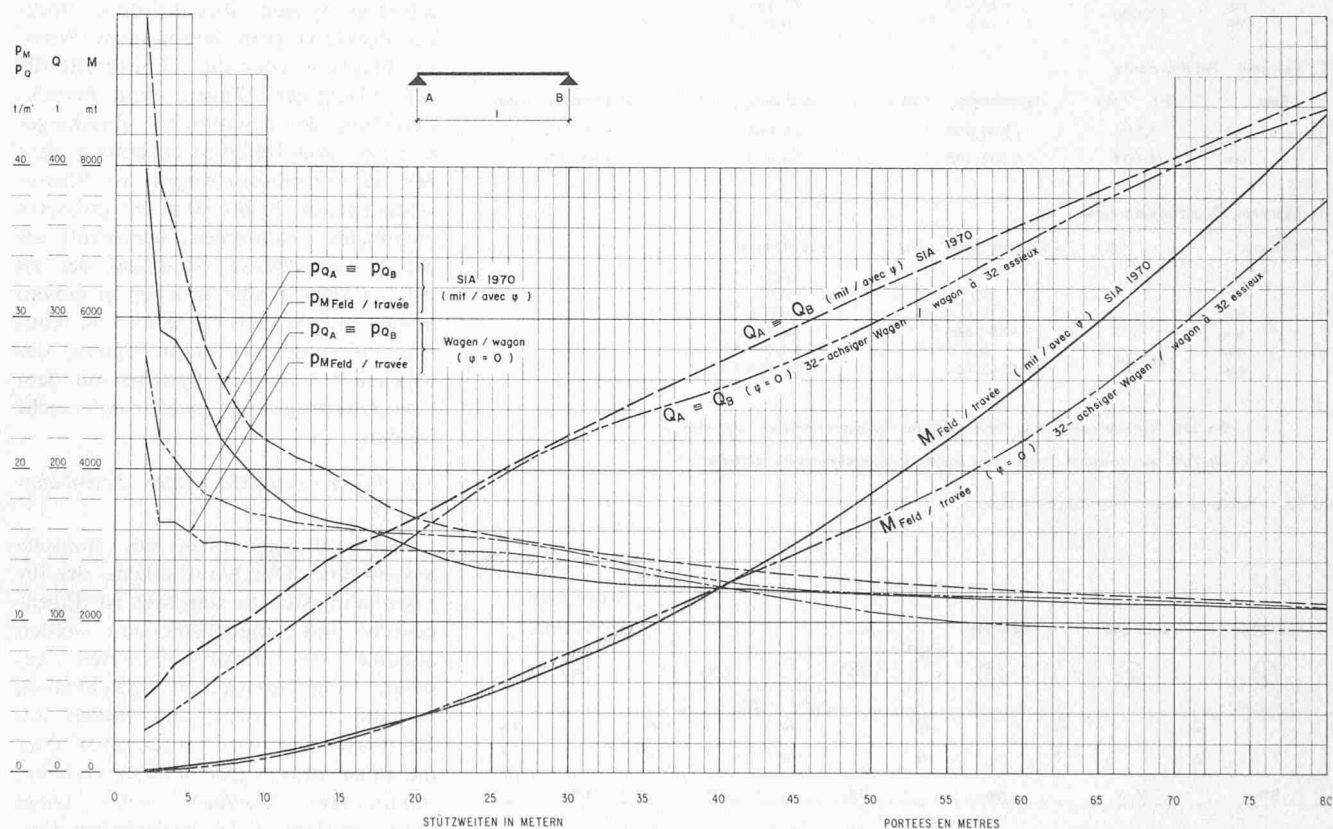


Bild 9. Maximale Schnittkräfte und Belastungsgleichwerte am einfachen Balken für den SIA-Lastenzug und den 32achsigen Schwertransportwagen

5. Anwendungsbeispiele

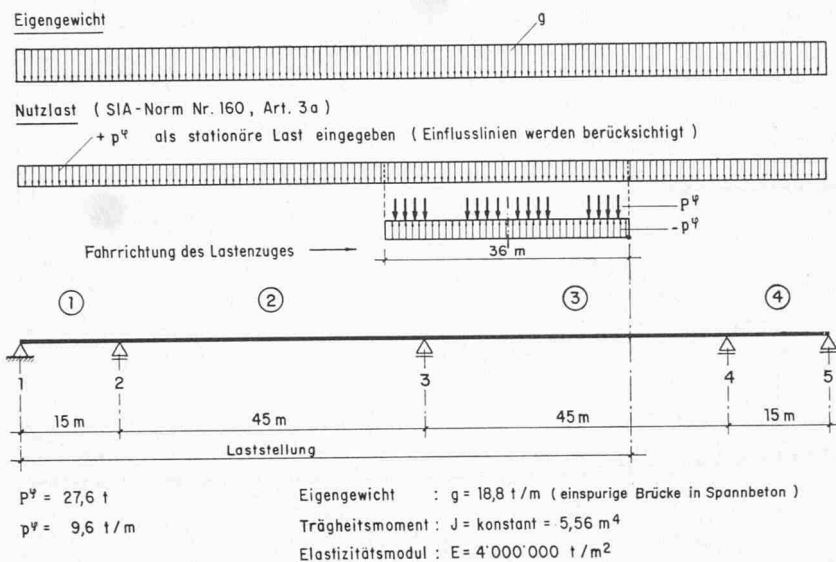
5.1 Normenlastenzüge, Schwertransporte

In den Bildern 6 bis 8 sind die maximalen Schnitt- und Auflagerkräfte sowie die zugehörigen Belastungsgleichwerte für den in der heute gültigen SIA-Norm Nr. 160 (Ausgabe 1970) vorge-

schriebenen Lastenzug für Eisenbahnbrücken (SIA-Lastenzug) am Einfeldträger mit verschiedenen Randbedingungen dargestellt. Die Schnittkräfte M_{\max} und Q_{\max} werden mit dem Computer für den gewählten Lastenzug berechnet und können mit dem Koordinatographen «d-mac» der Bauabteilung General-

direktion SBB aufgezeichnet werden. Für kleine Spannweiten ist der Lastenzug nach SIA-Norm Nr. 160, Art. 3b, für grössere Spannweiten derjenige nach Art. 3a massgebend. Der Übergang wird durch die Auswertung ermittelt.

Belastungsgleichwerte erlauben eine rasche Vorprojektierung von einfeldrigen



1. Extreme Auflagerreaktionen

Auflager	Ort (m)	Auflagerreaktion (t)	Laststellung (m)
1 max.	0,0	132,004	24,000
1 min.	0,0	- 139,843	53,908
2 max.	15,000	119,455	44,490
2 min.	15,000	0,0 *)	0,0 *)
3 max.	60,000	1449,637	77,994
3 min.	60,000	0,0 *)	0,0 *)

2. Extreme Feldmomente

Feld	Ort (m)	Feldmoment (mt)	Laststellung (m)	Durchbiegung (mm)
1 max.	3,184	203,054	25,684	- 0,095
2 max.	37,103	3383,045	56,603	+ 23,189

3. Extreme Stützenmomente

Auflager	Ort (m)	Stützenmoment (mt)	Laststellung (m)
1 max.	0,0	0,0	0,0
1 min.	0,0	0,0 **)	0,0
2 max.	15,000	0,0	0,0 **)
2 min.	15,000	- 4291,684	42,768
3 max.	60,000	0,0 **)	0,0 **)
3 min.	60,000	- 5752,133	86,963

*) Die Zahl Null bedeutet, dass keine negativen Auflagerreaktionen auftreten.

**) Die Zahl Null bedeutet, dass keine positiven Stützenmomente auftreten.

Bild 10. Beispiel einer Eisenbahnbrücke

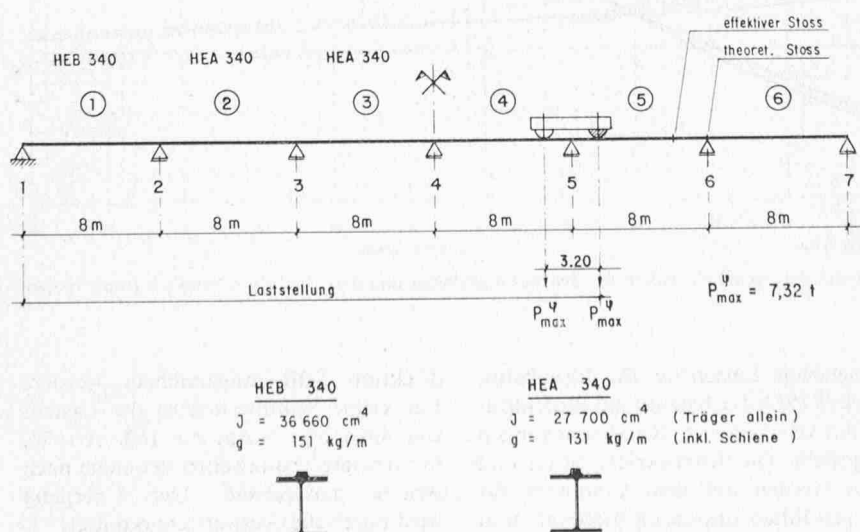


Bild 11a. Beispiel einer Kranbahn

Brückenbauten. Aus den Kurven ist ersichtlich, dass die Belastungsgleichwerte nur sehr wenig von den Randbedingungen abhängen. Lediglich bei kleinen Spannweiten sind wesentliche Unterschiede zwischen den drei verschiedenen Balkensystemen festzustellen. Damit können die an den drei Grenzfällen berechneten Belastungsgleichwerte durch geeignete Interpolation auch für die Vorprojektierung von Mehrfeldbalken und Rahmensystemen verwendet werden.

In Bild 9 werden die Schnittkräfte und Belastungsgleichwerte für den Bemessungs-Lastenzug gemäss der SIA-Norm Nr. 160, diesmal mit Stosszuschlag, am einfachen Balken mit den entsprechenden Werten des 32achsigen Schwertransportwagens der Deutschen Bundesbahn verglichen. Dieser Wagen verkehrt für die Firma Brown, Boveri & Cie. AG, Baden, sehr oft auf der Strecke Birrfeld – Othmarsingen – Lenzburg – Rapperswil – Aarau – Alte Hauensteinlinie – Sissach – Pratteln und anschliessend nach Deutschland oder zum Basler Auhafen. Da ein solch schwerer Wagen über kritische Brückenobjekte langsam fahren muss (Stosszuschlag!), wurden die Schnittkräfte für den 32achsigen Wagen ohne Berücksichtigung des dynamischen Zuschlages ermittelt. Aus Bild 9 ist ersichtlich, dass der Schwertransportwagen im Spannweitenbereich 20 bis 40 m ein grösseres maximales Feldmoment hervorruft als der Normlastenzug. Sind auf der zu befahrenden Strecke Brücken in diesem Spannweitenbereich vorhanden, so können sie unter Berücksichtigung des wirklichen statischen Systems mit dem Computerprogramm genauer untersucht werden.

5.2 Vorprojektierung einer Eisenbahnbrücke

Bild 10 zeigt oben das statische System eines Durchlaufbalkens, der für Eisenbahnlasten zu bemessen ist. Eigengewicht und Trägheitsmoment werden anhand von Erfahrungswerten geschätzt. Die unbegrenzte, gleichmässig verteilte Last vorne und hinten am Normlastenzug wird durch eine über die ganze Brücke gleichmässig verteilte, «stationäre» Nutzlast ersetzt. Diese muss im Bereich der beweglichen Einzellasten durch eine gleiche, entgegengesetzt wirkende Last kompensiert werden. Im Unterschied zum Eigengewicht wird die entlastende Wirkung dieser «stationären» Nutzlast gegebenenfalls vernachlässigt. In Bild 10 unten sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengestellt.

5.3 Bemessung einer Kranbahn

Es sei die in nebenstehendem Bild 11a dargestellte Kranbahn zu bemessen. Aus

einem Tabellenwerk (z.B. Bemessungstafeln für den Stahlbau, SSV 1966) entnehmen wir für die Vordimensionierung unter der Annahme, dass die zulässigen Durchbiegungen massgebend sind:

$$f_i = \frac{k_i P l^3}{E J} \leq f_{zul}$$

woraus

$$J_{erf} \geq \frac{k_i P l^3}{E f_{zul}} \text{ folgt.}$$

f_i Durchbiegung im massgebenden Punkt

f_{zul} zulässige Durchbiegung

k_i Faktor aus dem Tabellenwerk SSV

P max. Raddruck (Kranbrücke)

l Stützweite der Kranbahn

E Elastizitätsmodul des Kranbahnträgers

J Trägheitsmoment des Kranbahnträgers

Damit können die Profile für Rand- und Innenfelder gewählt werden, und wir besitzen alle notwendigen Eingabedaten für das Computerprogramm, um die extremen Schnitt- und Auflagerkräfte zu berechnen. Die Angabe der Durchbiegung erlaubt uns eine Kontrolle für die angenommenen Trägheitsmomente (Bild 11b). Das Computerprogramm eignet sich für Kranbahnen vor allem dann, wenn ungleiche Spann-

1. Extreme Auflagerreaktionen

Auflager	Ort (m)	Auflagerreaktion (t)	Laststellung (m)
1 max.	0,0	11,616	3,200
1 min.		- 0,576	13,060
2 max.	8,000	14,944	9,243
2 min.		- 0,407	21,062
3 max.	16,000	14,396	17,633
3 min.		- 0,699	29,059
4 max.	24,000	14,483	25,600
4 min.		- 0,589	37,047

2. Extreme Feldmomente

Feld	Ort (m)	Feldmoment (mt)	Laststellung (m)	Durchbiegung (mm)
1 max.	2,947	16,190	6,147	11,098
2 max.	12,497	11,644	12,497	9,261
3 max.	19,540	11,885	22,740	9,611

3. Extreme Stützenmomente

Auflager	Ort (m)	Stützenmoment (mt)	Laststellung (m)
1 max.	0,0	0,0	0,0
1 min.		0,0	0,0
2 max.	8,000	1,378	21,064
2 min.		- 9,687	5,931
3 max.	16,000	1,651	5,933
3 min.		- 8,601	21,063
4 max.	24,000	1,431	37,048
4 min.		- 8,670	25,598

Bild 11b. Extreme Schnitt- und Auflagerkräfte (zum Beispiel einer Kranbahn, Bild 11a)

weiten vorliegen, also keine einschlägigen Tabellenwerke für die Ermittlung der Schnittkräfte herangezogen werden können. Die Möglichkeit, im Programm das Eigengewicht feldweise einzugeben, erhöht die Genauigkeit der Berechnung gegenüber dem üblichen Vorgehen, wo der Einfluss des Eigen-

gewichtes als Zuschlag zu den Nutzlastbeanspruchungen berücksichtigt wird.

Adresse der Verfasser: *Beat Schneeberger*, dipl. Bauing. ETH, und *Marcel Tschumi*, dipl. Bauing. ETH, Mitarbeit *Leo Käppeli*, bei der Generaldirektion SBB, Mittelstrasse 43, 3000 Bern.

Bauschäden: Versicherungsschutz und einige praktische Winke

DK 624:368.013

Von **R. Kaegi**, Seuzach

Der vorliegende Beitrag will versuchen, die am häufigsten auftretenden versicherungstechnischen Probleme vor und nach Schadenfällen auf Baustellen darzulegen und mögliche Lösungen aufzuzeigen. Er erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, handelt es sich doch um eine äusserst komplexe und vielfältige Materie. Im ersten Abschnitt soll gezeigt werden, wie sich die

Beteiligten vor dem Eintritt eines Schadens, das heisst beim Abschluss der einzelnen Verträge, verhalten sollen. Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit den Verhaltensregeln anlässlich eines drohenden Schadens. Im letzten Abschnitt wird anhand typischer Schadenfälle das richtige Vorgehen beim Eintritt des Schadenereignisses gezeigt.

I. Form der Verträge

1. Werkverträge

Klare, schriftliche Verträge zwischen den einzelnen an einem Werk beteiligten Personen und Firmen bedeuten im Schadenfall eine grosse Erleichterung für die Beurteilung der Haftungsfrage. Den meisten Werkverträgen liegen die SIA-Normen zugrunde. Reichen diese Normen in einem speziellen Fall nicht aus, werden oft selber verfasste ergänzende Bestimmungen am Schluss angeheftet, die der Klarheit meist nicht dienlich sind. Der Unternehmer, Architekt usw., wiegt sich dann in der falschen Sicherheit, im Schadenfall gegen alle Eventualitäten gewappnet zu sein.

2. Versicherungsverträge

Ähnliches gilt für den Abschluss eines Versicherungsvertrages. Neben der Sachversicherung – wie zum Beispiel die Bauwesen-, Maschinenbruch-, Baumaschinenkaskoversicherung – stellt die Haftpflichtversicherung, die Schutz gegen

Ansprüche Dritte aus Sachschaden bietet, eine wichtige Branche dar. Angesichts dieser Wichtigkeit sei zuerst auf diese Versicherungsart eingegangen. Der Versicherungsnehmer sollte unbedingt darauf achten, dass er den Versicherer über die ihm übertragene Aufgabe genau orientiert und ihm mitteilt, für welche Schäden er Deckung durch die Haftpflichtpolice wünscht. Mit Hilfe der sogenannten «Besonderen Versicherungsbedingungen» können die speziellen Wünsche des Versicherungsnehmers bezüglich der zu versichernden Ereignisse so weit als möglich berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang muss auf den grundsätzlichen Unterschied zwischen der Deckung und der Haftung hingewiesen werden.

a) Ein Schadenereignis gilt als gedeckt, wenn es in der Versicherungspolice nicht ausdrücklich als vom Versicherungsschutz ausgeschlossen bezeichnet wird. In den Allgemeinen Versicherungsbedingungen zur Betriebshaftpflichtversicherung des Unternehmers wird zudem noch das Vorliegen eines Unfalles gefordert. Als Unfall wird ein von aussen