

Richtigstellungen zum Aufsatz "Gegen das Traglastverfahren"

Autor(en): **Thürlimann, B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-66106>

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.

Richtigstellungen zum Aufsatz «Gegen das Traglastverfahren»¹⁾

DK 624.04: 539.374

Von Prof. Dr. B. Thürlimann, ETH, Zürich

1. Einleitung

Im Juni 1960 wurde vom Vorstand der S. I. A.-Fachgruppe für Brückenbau und Hochbau ein Programm für eine Fachtagung über «Neuere Methoden der Baustatik» vorbereitet. Da ich an den amerikanischen Forschungsarbeiten über die Tragfähigkeit von Bauwerken während mehrerer Jahre aktiv beteiligt war, wurde ich eingeladen, über das Thema «Traglastverfahren» zu sprechen. Im Vortrag an der S. I. A.-Fachtagung vom 12. Nov. 1960 und dem daraus resultierenden Artikel «Grundsätzliches zu den plastischen Berechnungsverfahren» (SBZ, Hefte 48 und 49, 30. Nov. und 7. Dez. 1961) fasste ich den gegenwärtigen Stand der plastischen Berechnungsverfahren bezüglich Theorie und Versuche zusammen.

Prof. Dr. F. Stüssi hat in seinem Aufsatz «Gegen das Traglastverfahren» seine früheren Argumente gegen die Anwendung von plastischen Berechnungsverfahren im Stahlbau nochmals dargestellt. Ich möchte hier nur auf die sachlichen Einwände antworten. Sowohl meine Stellung als Hochschuldozent als auch meine persönliche Auffassung legen mir nahe, nicht auf die Art und Weise einzugehen, in der sie vorgebracht wurden.

2. Praxis und plastische Bemessungsmethoden

Der Einwand, «in jüngerer Zeit werden diese plastischen Bemessungsmethoden wieder befürwortet . . ., nicht mehr von erfahrenen Vertretern der Konstruktionspraxis, sondern, soweit wir feststellen können, von Theoretikern, die noch nie das Gewicht der Verantwortung bei der Ausführung von Ingenieurbauwerken selber gespürt haben», muss als völlig ungerechtfertigt bezeichnet werden. Denn Prof. Stüssi sind die umfangreichen Forschungsarbeiten, die das American Institute of Steel Construction (Verband der amerikanischen Stahlbauunternehmen) seit dem Jahre 1948 ausführen liess, bekannt. Ferner weiss er, dass die Normenkommission dieses Verbandes, in der die Chefsingenieure der bedeutendsten Stahlbauunternehmen vertreten sind, «Rules for Plastic Design and Fabrication» (Normen für plastische Berechnung und Fabrication) [16]²⁾ ausgearbeitet hat, welche vom Verband am 4. Dez. 1958 in Kraft gesetzt worden sind. Die American Society of Civil Engineers zusammen mit dem Welding Research Council (Forschungsausschuss für Schweisstechnik) hat 1961 ein «Commentary on Plastic Design in Steel» (Erläuterungen zur plastischen Bemessung von Stahltragwerken) [6] als «ASCE Manual of Engineering Practice No. 41» veröffentlicht.

Es sind also diese Vorschriften auch von Ingenieuren der Praxis aufgestellt, angenommen und empfohlen worden, die weder ihren Ruf als verantwortungsbewusste Berufsleute, noch den wirtschaftlichen Erfolg ihrer Firmen leichtsinnig aufs Spiel setzen werden.

3. Hauptargument

Um Prof. Stüssis Hauptargument gegen das Traglastverfahren zu untersuchen, seien folgende sechs Punkte festgehalten:

1) In der Berechnung von biegesteifen Tragwerken wird nach dem plastischen Verfahren die grundlegende Annahme

¹⁾ F. Stüssi: Gegen das Traglastverfahren, SBZ, 80. Jahrgang, Heft 4, 25. Jan 1962, Seite 53.

²⁾ Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturangaben am Ende des Aufsatzes von Prof. Thürlimann in SBZ 1961, Heft 49, S. 880.

gemacht, dass Moment und Krümmung das in Bild 1 dargestellte Verhalten zeigen (auch Bild 13 meines Aufsatzes), d. h. das Moment erreicht seinen Grenzwert M_p und behält diesen Wert bei. Theoretisch gilt daher die Beziehung $|M| \leq M_p$.

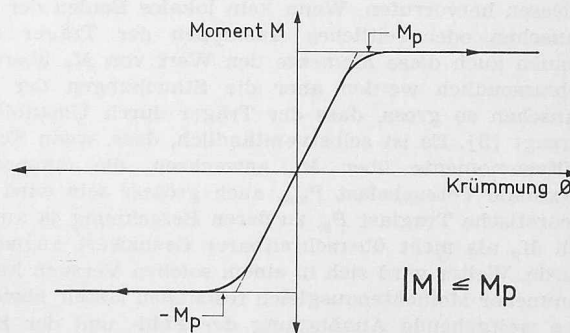


Bild 1. Grundlegende Beziehung zwischen Moment und Krümmung für plastisches Berechnungsverfahren

2) Versuchsmässig ist dieses Verhalten eindeutig feststellbar, wenn die Messung in einem Bereich vorgenommen wird, in dem das Moment über eine gewisse Länge konstant ist (z. B. Fig. 5.3 [6]). Wird dagegen die Messung an einem kurzen Träger unter Einzellast vorgenommen (grosser Momentengradient), so konzentriert sich die plastische Deformation auf eine kurze Strecke. Dadurch kommt nach dem Einsetzen des Fließens der Verfestigungsbereich des Stahles zur Auswirkung, so dass $|M| > M_p$ werden kann (Bild 12 meines Aufsatzes). Die plastische Theorie vernachlässigt bewusst diesen Ueberschuss, indem sie voraussetzt, dass das Biegemoment nur den Wert M_p erreichen kann. Er muss aber bei der Interpretation von Versuchsergebnissen berücksichtigt werden.

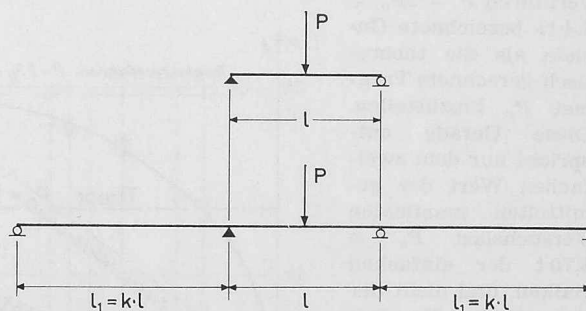


Bild 2. Einfacher Balken und Dreifeldträger unter Einzellast

3) Unter der Annahme 1, $|M| \leq M_p$, wird ein einfacher Balken mit einer Einzellast P in Feldmitte (Bild 2) die Traglast P_{op} erreichen, wenn das maximale Biegemoment $M = M_p$ ist.

$$(1) \text{ Somit } P_{op} = 4M_p/l$$

Bei einem Durchlaufträger nach Bild 2 wird das Moment unter der Last P zuerst Fließen verursachen. Nach Annahme 1 kann es theoretisch nur noch bis zum Wert $M = M_p$ anwachsen. Durch die plastischen Verformungen unter der Einzellast wachsen die Stützenmomente weiter an, bis auch sie den Wert $M = -M_p$ erreicht haben. Nach Annahme 1 ist an allen drei Stellen kein weiteres Anwachsen der Momente

mehr möglich. Man nennt diesen Zustand einen «Mechanismus», und die entsprechende theoretische Traglast P_p ist in Beispiel 1 zu

$$(2) \quad P_p = 8M_p/l$$

berechnet worden. Als notwendige Folge der Annahme 1, $|M| \leq M_p$, hat sich *theoretisch* ein Momentenausgleich eingestellt. Weiter ist die *theoretische* Traglast P_p gleich dem zweifachen Wert der Traglast P_{op} des einfachen Balkens.

4) Tatsächlich kommt aber in einem Versuch an einem Durchlaufträger unter konzentrierter Last der Verfestigungsbereich des Stahles zur Auswirkung. Das Feldmoment verursacht zwar grosse unelastische Krümmungen, wächst aber trotzdem langsam und stetig an, und zwar über den Wert $M = M_p$. Die Stützenmomente wachsen nach Beginn des Fließens unter der Einzellast schneller an, bis auch sie Fließen hervorrufen. Wenn kein lokales Beulen der Druckflanschen oder seitliches Auskippen der Träger eintritt, können auch diese Momente den Wert von M_p übersteigen. Schlussendlich werden aber die Stauchungen der Druckflanschen so gross, dass der Träger durch Unstabilwerden versagt [5]. Es ist selbstverständlich, dass, wenn Feld- und Stützenmomente über M_p anwachsen, die entsprechende maximale Versuchslast P_{max} auch grösser sein wird als die theoretische Traglast P_p , zu deren Berechnung ja ausdrücklich M_p als nicht überschreitbarer Grenzwert angenommen wurde. Weiter wird sich in einem solchen Versuch kein vollkommener Momentenausgleich feststellen lassen, obwohl sich eine weitgehende Annäherung der Feld- und der Stützenmomente zeigen sollte. Somit darf nur erwartet werden, dass die maximale Versuchslast P_{max} über der *theoretischen* Traglast P_p liegen wird.

5) Professor Stüssi setzt mit seinem Argument im Punkt 3 ein. Er greift dort die Aussagen heraus, dass *theoretisch* ein Momentenausgleich stattfinden und die Traglast P_p den zweifachen Wert von P_{op} haben soll. Diese Aussagen sind aber keine Hypothesen, sondern nur Folgen der grundlegenden Annahme 1, $|M| \leq M_p$. Wenn er nun die maximalen Versuchswerte P der Durchlaufträger mit den maximalen Versuchswerten P_o der einfachen Balken vergleicht und feststellt, dass P nicht gleich dem zweifachen Wert von P_o ist, oder wenn er feststellt, dass sich nur «eine deutliche Ausgleichstendenz, die jedoch nicht bis zur Erschöpfungslast andauert», zeigt, so hat er damit *keinen Vergleich mit der theoretisch berechneten Traglast P_p* angestellt. Insbesondere ist es unrichtig, die im Bild 2 seines Aufsatzes mit «Traglastverfahren $P = 2P_o = 7,4 t$ » bezeichnete Gerade als die theoretisch gerechnete Traglast P_p hinzustellen. Diese Gerade entspricht nur dem zweifachen Wert der gemittelten maximalen Versuchslast $P_o = 3,70 t$ der einfachen Balken, und nicht der theoretischen Traglast P_{op} des einf. Balkens.

6) Werden dagegen die maximalen Versuchslasten mit der theoretischen Traglast P_p verglichen, so zeigt sich ganz eindeutig, dass sie, wie erwartet, darüber liegen (Bilder 18 bis 21 meines Aufsatzes).

4. Theorie und Versuche

Um diesen Sachverhalt weiter zu doku-

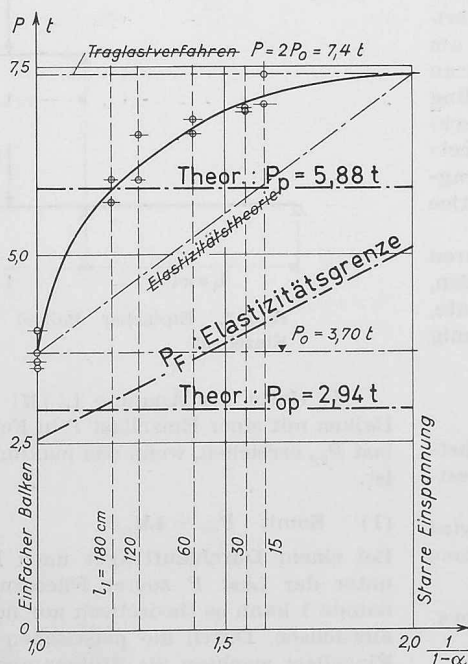


Bild 3. Prof. Stüssi's Bild 2 mit eingetragenen theoretischen Werten

mentieren, sind die entsprechenden gerechneten Lasten P_p und plastischen Momente M_p auch in die Bilder 2 und 3 von Prof. Stüssi Aufsatz eingetragen worden. Sie sind hier nochmals als Bilder 3 und 4 dargestellt. Da über die Versuchsträger keine näheren Angaben betreffend Querschnittswerte und Materialeigenschaften angegeben sind, wurden folgende Werte benützt:

Nach Profil-Tabelle I 60/40:

$$F = 5,9 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 34,1 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 11,4 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 0,96 \text{ cm}$$

$$\text{Formfaktor: } f = 1,15$$

$$\text{Fließgrenze: } \sigma_F = 3,36 \text{ t/cm}^2$$

Der Formfaktor eines kleinen I-Profiles liegt im allgemeinen über dem durchschnittlichen Formfaktor $f = 1,13$ von Breitflanschträgern. Die Fließgrenze wurde entsprechend der Fussnote 7) meines Aufsatzes von den Versuchen 1935 [13] übernommen, da für die Versuche 1953 keine Angabe vorliegt.

Das plastische Moment wird somit berechnet als

$$(3) \quad M_p = fW_x \sigma_F = 1,15 \cdot 11,4 \cdot 3,36 = 44,0 \text{ cmt},$$

die Traglast des einfachen Balkens unter Einzellast in Feldmitte (Bild 2)

$$(4) \quad P_{op} = 4M_p/l = 4 \cdot 44/60 = 2,94 \text{ t},$$

und die Traglast des entsprechenden durchlaufenden Balkens (Bild 2)

$$(5) \quad P_p = 8M_p/l = 5,88 \text{ t}.$$

Die in den Bildern 3 und 4 eingezeichneten Werte bestätigen, dass die beobachteten Versuchslasten zum Teil recht bedeutend über diesen theoretischen Werten liegen. In Bild 4, Träger 60/120/1, wächst das Moment M unter der

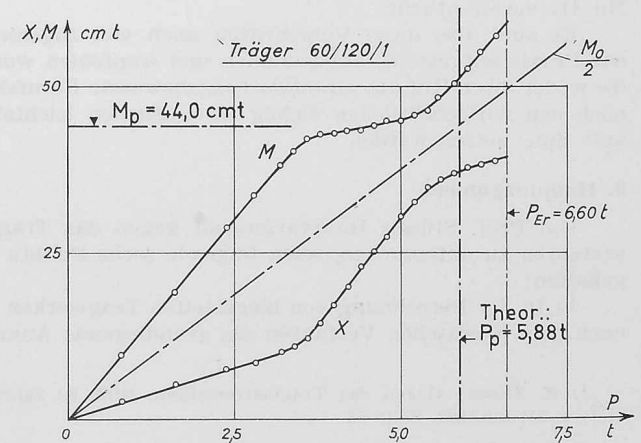
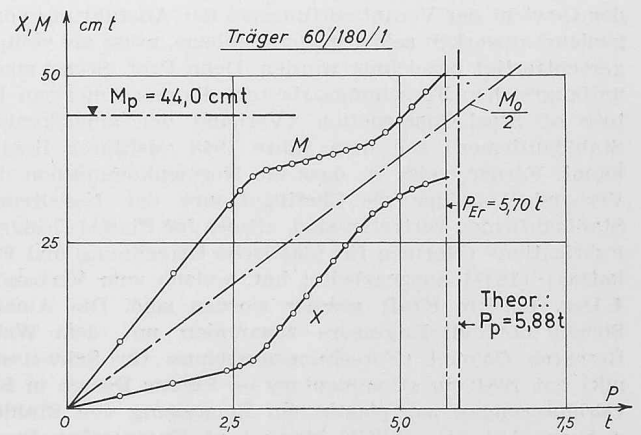


Bild 4. Prof. Stüssi's Bild 3 mit eingetragenen theoretischen Werten

Einzellast linear an, bis erwartungsgemäss Fliesen dieses meist beanspruchten Querschnittes etwas unterhalb des gerechneten plastischen Momentes $M_p = 44,0$ cm eintritt. Der Umstand, dass für Träger 60/180/1 das Moment M schon viel früher von der elastischen Geraden abweicht (Unterschied rd. 20 %), ist auffallend. Wenn nämlich die beiden Träger das gleiche Flieissmoment $M_F = W_x \sigma_F$ hatten — was der Fall sein sollte, da sie in Tabelle 1 und Bild 2 von Prof. Stüssis Aufsatz zu Vergleichszwecken gebraucht werden — so sollte auch die Abweichung von der elastischen Anfangsgeraden in beiden Versuchen für den gleichen Wert von M erfolgen. Somit muss hier ein nicht unwesentlicher Unterschied in der Flieissgrenze oder ein Fehler in der Versuchsdurchführung oder Darstellung vorliegen. Ferner ist es unzulässig, in Bild 2 die Punkte (1,0; $P_0 = 3,7$ t) und (2,0; $P = 7,4$ t) durch eine mit «Elastizitätstheorie» bezeichnete Gerade zu verbinden. Die Lasten P und P_0 sind Versuchslasten, die erreicht wurden, nachdem der Stahl weit über die Elastizitätsgrenze hinaus in den Verfestigungsbereich hinein beansprucht worden war. Die höchste elastisch berechenbare Last ist P_F , bei der Fliesen in der meist beanspruchten Faser auftritt. Für den einfachen Balken beträgt sie (Bild 2 hier):

$$(6) \quad P_{oF} = 4 M_F / l = 4 W_x \sigma_F / l = 4 \cdot 11,4 \cdot 3,36 / 60 = 2,55 \text{ t}$$

und für den starr eingespannten Träger

$$(7) \quad P_F = 8 M_F / l = 5,10 \text{ t.}$$

Diese Lasten sind ebenfalls in Bild 3 eingetragen und durch die Gerade «Elastizitätsgrenze» verbunden worden. In Bild 6 von Prof. Stüssis Aufsatz wird die Darstellung von Bild 3 nochmals schematisch wiederholt. Sie ist hier als Bild 5 gezeigt. Die gestrichelte Vertikale «Elastizitätstheorie» sollte offensichtlich mit der Linie P_F zusammenfallen, da ja die Voraussetzungen der Elastizitätstheorie nach Eintreten des Fließens, $M = M_F$, nicht mehr erfüllt sind. Zudem entspricht die Vertikale « $2P_{oB}$ » der zweifachen Versuchslast des einfachen Balkens und nicht der theoretischen Voraussage des «Traglastverfahrens».

Zum progressiven Abfall der Versuchslasten mit zunehmender Länge der Seitenfelder (siehe Bild 2 in Prof. Stüssis oder Bild 21 meines Aufsatzes) ist bereits in meinem Aufsatz bemerkt worden, «dass der Zusammenbruch durch lokales Beulen des Druckflansches unter der Einzellast und seitliches Auskippen der sehr langen Aussenfelder eingetreten ist, bevor der Einfluss des Verfestigungsbereiches zur Auswirkung kam.» Für die Versuche 1935 und 1953 an den Durchlaufträgern mit $l_1 = 180$ cm betrug der Schlankheitsgrad um die vertikale Axe $l_1/i_y = 180/0,87 = 207$ und $l_1/i_y = 180/0,96 = 188$. Nach Angabe in der Veröffentlichung [13] waren die Endfelder nur an den beiden Lagern gegen seitliches Auskippen gesichert. Unter diesen Umständen musste Auskippen der langen Endfelder erfolgen, bevor die Stützmomente den Wert $-M_p$ erreicht hatten, und zwar je grösser l_1 desto früher. Damit erklärt sich der progressive Abfall der Versuchslasten. Dass diese dennoch über der theoretischen Traglast P_p lagen, ist dem Einfluss der Verfestigung auf das Moment M unter der Einzellast zu verdanken. Prof.

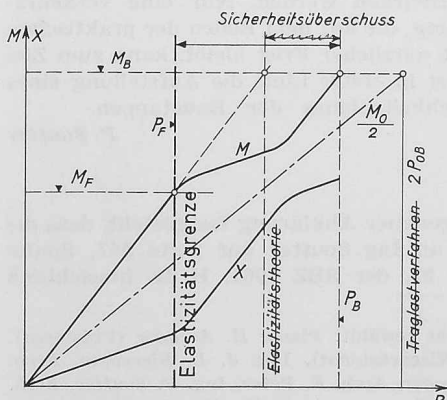


Bild 5. Prof. Stüssis' Bild 6 mit eingetragenen theoretischen Werten

Stüssi hat daher mit Recht meine unpräzise Feststellung aufgezeigt, es sei noch im extremen Fall, für den diese Felder die dreifache Oeffnung des Mittelfeldes hatten, ein voller Momentenausgleich zustande gekommen. Um jedes Missverständnis zu vermeiden, hätte diese Feststellung lauten sollen, die maximalen Versuchslasten P_{max} der Träger hätten immer noch die Traglast P_p , gerechnet auf der Basis eines vollen Momentenausgleiches und $|M| \leq M_p$, erreicht. Von Interesse ist hier sicher noch die Vorschrift der amerikanischen Normen [16] bezüglich seitlichem Auskippen, die für einen solchen Belastungsfall einen Wert von $l_1/i_y \leq 60$ vorschreiben. Die Versuchsträger von Prof. Stüssi mit den langen Endfeldern, $l_1 = 180$ cm, hatten dagegen einen Schlankheitsgrad l_1/i_y von 207 und 188, der mehr als das Dreifache über dem Wert dieser Vorschrift lag.

5. Gebrauch des Prinzips der virtuellen Verschiebungen

Gänzlich unbegründet erscheint der Einwand, die Berechnung der Traglast P_p mit Hilfe der Arbeitsgleichung $A_a + A_i = 0$ sei «eine unzulässige Anwendung der Arbeitsgleichung». Ich bin direkt vom Prinzip der virtuellen Verschiebungen ausgegangen, das in der klassischen Mechanik ganz allgemeine Gültigkeit hat, unabhängig von jeglichen Materialeigenschaften. Es sagt aus, dass die Arbeit eines Kräftesystems infolge einer virtuellen Verschiebung verschwindet, wenn das System im Gleichgewicht ist. Wenn nun das Verschwinden der virtuellen Arbeit eines Systems als Bedingung bereits verwendet wird, so ergibt die Formulierung der entsprechenden Gleichgewichtsbedingungen keine neuen Aussagen mehr und vice versa. In der Statik liegt die Nützlichkeit des Prinzips darin, dass durch Nullsetzen der virtuellen Arbeit eine noch unbekannte Kraftgrösse oder Last bestimmt werden kann, so dass dann automatisch die Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sind. Ich habe im Beispiel 1 meines Aufsatzes ausführlich erklärt, wie ein solcher Ansatz auf einfache Weise die Grösse der Traglast P_p liefert, wenn die Trägerabmessungen und der Wert des plastischen Biege widerstandes bekannt sind. Bei diesem Vorgehen sind keine Gesetze der Statik verletzt worden. Die von Prof. Stüssi angeschriebene «Arbeitsgleichung» ist ebenfalls korrekt. Was uns aber interessiert, ist nicht die bekannte Gleichgewichtsaussage des einfachen Balkens $M_0 = Pl_0/4$. Vielmehr suchen wir hier das Tragvermögen eines gegebenen Durchlaufträgers mit bekanntem plastischem Biege widerstand M_p zu bestimmen. Es sind also die Werte der Stützmomente, $-M_p$, und des Feldmomentes, $(M_0 - X) = M_p$, bekannt, und die diesem Zustand entsprechende Last P_p wird gesucht. Wie diese Darstellung «beim Normalleser den Anschein erweckt, dass der Momentenausgleich nicht nur eine Hypothese, sondern eine theoretisch beweisbare Tatsache sei», ist mir völlig unerklärlich. Das Prinzip der virtuellen Verschiebungen wurde, in einer nach der Mechanik einwandfreien Form, einzig und allein dazu benützt, um den Wert der Traglast P_p zu berechnen.

6. Sicherheit und Anwendung

In der Einleitung meines Aufsatzes sind schematisch die verschiedenen Sicherheitskriterien aufgezählt. Es wurde ausdrücklich betont, «dass die anderen Kriterien bezüglich der Sicherheit keineswegs ausgeschaltet werden dürfen. Im Hochbau, für den Fall von ruhender Belastung, stellt aber die statische Tragfähigkeit sicher das wichtigste und meistens auch ausschlaggebende Kriterium dar.» Ohne auf eine lange Diskussion über die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens extremster Belastungsfälle eingehen zu wollen, möchte ich nur das einfache Beispiel eines Lagerhauses anführen. Nehmen wir eine Lebensdauer von 50 Jahren und einen vollen Belastungszyklus von einmal wöchentlich an, so erhalten wir total nur $50 \times 52 = 2600$ Lastwechsel. Unter diesen Bedingungen ist sicher keine Ermüdung zu befürchten, so dass bezüglich Bruch nur die statische Tragfähigkeit massgebend ist.

Prof. Stüssis Behauptung in seinen «Schlussfolgerungen», das Traglastverfahren überschätze den Sicherheitsüberschuss statisch unbestimmter Systeme, ist bereits widerlegt worden (Bilder 18 bis 21 meines Aufsatzes, Bild 3 hier).

Vielmehr gibt uns dieses Verfahren erst die Möglichkeit, diese Reserve zu erfassen. Dabei wird bewusst auf den günstigen Einfluss der Verfestigung des Stahles nach dem Fließen verzichtet, die nur in Belastungsfällen mit Einzellasten zur Auswirkung kommt. Selbstverständlich kann auch diese Verfestigung berücksichtigt werden, wenn die recht erheblichen Schwierigkeiten in der numerischen Berechnung nicht scheut werden.

In Bild 22 stellte ich an einem einfachen Beispiel dar, dass die Anwendung der plastischen Methode in der Praxis im allgemeinen zu keinen bleibenden Deformationen unter den maximal zugelassenen Lasten führt. Es ist auch ungünstig, durch Einschalten von Gelenken schon im elastischen Bereich einen Momentenausgleich erreichen zu wollen. Dadurch werden die Durchbiegungen unter Gebrauchslast nur vergrößert (siehe Bild 22 meines Aufsatzes, gestrichelte Kurve).

Was schliesslich die Anwendung der plastischen Methoden in der Praxis betrifft, so sind in Grossbritannien wie auch in den Vereinigten Staaten eine grosse und immer wachsende Zahl von Stahlbauten darnach bemessen und ausgeführt worden. Bis heute sind dem American Institute of Steel Construction keine Fälle bekannt geworden, in denen diesen Tragwerken eine «Qualitätsverschlechterung» oder auch bleibende Deformationen, die über jene von elastisch gerechneten Konstruktionen hinausgehen, nachgesagt werden.

7. Zitate

Prof. Stüssi führt schliesslich noch an, Prof. K. Sattler³⁾ habe erst kürzlich gezeigt, dass, mindestens für europäische Verhältnisse, das Traglastverfahren häufig nicht auf die wirtschaftlichsten Lösungen führe. Dazu ist folgendes zu bemerken. Nachdem Prof. Sattler in seinem Aufsatz «Ueber die sinnvolle Berechnung zur Konstruktion» der in «England und in den USA erfolgten stürmischen Weiterentwicklung» auf dem Gebiet der plastischen Berechnungsverfahren 13 Seiten eingeräumt hat, kommt er zu folgendem Schluss (Seite 68): «Zusammenfassend kann zum plastischen Momentenverfahren gesagt werden, dass für eine konstante, untereinander proportionale Belastung dieses mit Vorteil verwendet werden kann, um so mehr bei schwierigeren Systemen unter Umständen der Elektronenrechner alle Bruchketten durchprobieren kann. Durch die nun mögliche Querschnittsabstufung kann es auch für europäische Verhältnisse wirtschaftlich werden⁴⁾. Für variable Belastung ist aber für hiesige Verhältnisse das elastische Berechnungsverfahren zu empfehlen...». Eine weitere Stelle aus diesem Aufsatz ist ebenfalls bemerkenswert (Seite 65): «Die Erkenntnisse aus der Plastizitätstheorie bestätigen konstruktive Massnahmen⁴⁾, die von den europäischen Ingenieuren seit vielen Jahrzehnten — meist unbewusst⁴⁾ — mit Vorteil durchgeführt wurden.»

Die Sachlage mag noch durch folgende Sätze aus dem Vorwort der belgischen Veröffentlichung [17] von Prof. Ch. Massonnet (Université de Liège) und M. Save (Faculté polytechnique de Mons) umrissen werden: «La théorie du comportement plastique simple des ossatures est d'ailleurs maintenant pratiquement achevée⁴⁾ et ne recevra plus que des perfectionnements de détail⁴⁾, de sorte que nous avons pu en donner un exposé complet. Nous avons examiné les problèmes en ingénieurs et non en «mathématiciens appliqués»⁴⁾. . . . L'ouvrage se termine par l'exposé des nouvelles prescriptions belges relatives au dimensionnement plastique des ossatures en acier doux.»

8. Schlussbemerkung

Zusammenfassend möchte ich nochmals auf das Ende meines Aufsatzes verweisen: «Die plastischen Methoden werden die klassischen elastischen Methoden in der Bemessung von Tragwerken nicht verdrängen. Vielmehr stellen sie eine notwendige Ergänzung dar, die es erlaubt, das Verhalten

³⁾ K. Sattler, Stahlbautagung Berlin 1960. Veröffentlichungen des deutschen Stahlbauverbandes, H. 14.

⁴⁾ Im Originaltext nicht *kursiv* gesetzt.

über der Elastizitätsgrenze zu untersuchen und die statische Tragfähigkeit zu berechnen.» Diese Wiederholung genüge, um die Schlussbemerkungen von Prof. Stüssi ohne Kommentar zu übergehen. Das Bemühen, das Verhalten des Materials auch über der Elastizitätsgrenze rechnerisch zu erfassen, muss doch schliesslich aus dem wissenschaftlichen Streben nach einem immer besseren Verstehen der Natur und der technischen Anwendung dieser Erkenntnis verstanden werden.

*

Der Schluss dieser Diskussion findet sich auf S. 136 dieses Heftes. Red.

Expresstrassen im Stadtorganismus DK 711.7

Zu der Antwort von Hans Marti in der SBZ 1961, Heft 31, S. 546 möchte ich lediglich zwei Behauptungen richtig stellen.

1. Hans Marti schreibt: «... die vom hiesigen Stadt-ingenieur und seiner technischen Kommission während Jahren unterdrückte Variante des Bebauungs- und Quartierplanbüros...». Jedermann kann sich über die persönliche Zusammensetzung¹⁾ der vom Zürcher Stadtrat gewählten Technischen Kommission für den Generalverkehrsplan (TK) genau erkundigen; sie ist z. B. im gedruckten Verwaltungs-*etat* der Stadt Zürich 1960/62 angegeben (Seite 110). Die Technische Kommission hat ihre Beschlüsse bis auf ein Mitglied, das teilweise abweichender Meinung war, einstimmig gefasst. Die Variante des Bebauungs- und Quartierplanbüros ist eingehend und wiederholt behandelt worden, zuerst von der Zürcher Arbeitsgruppe der Eidg. Planungskommission und nachher wiederum von der TK zu Beginn ihrer Planungsarbeiten. Diese Variante musste aus massgebenden verkehrstechnischen Gründen als erste Etappe abgelehnt werden, ist dagegen als Bestandteil einer zweiten Spange der Gesamtkonzeption der zukünftigen Expresstrassen vorgesehen. Der Chef des Bebauungs- und Quartierplanbüros hat als Mitglied der TK den entsprechenden Beschlüssen zugestimmt.

2. Was die persönlichen Bemerkungen von H. Marti in Heft 31, Seite 547, oben rechts anbetrifft, verweise ich auf die nachstehende Erklärung.

Das Schreiben vom 24. August 1961 von Baudirektor Sill an die SBZ (s. SBZ 1961, H. 48, S. 869) zeigt, dass die offizielle Expresstrassenlösung in Zürich mit einer Stadtkerntangente und die Konzeption der TK nach einer gesamten Verkehrslösung, die gleichzeitig und harmonisch alle Verkehrsträger erfasst, genau den Auffassungen von Dir. Sill entspricht.

Ich verzichte auf weitere Ausführungen, da ich seit dem Erscheinen meines Aufsatzes über städtische Expresstrassen in der SBZ vom 7. Dezember 1957 (75. Jahrgang, S. 769) meine Auffassungen wiederholt dargelegt habe. Ing. A. Aegerter hat in seiner Zuschrift (SBZ 1961, S. 871) die Problematik der Zusammenarbeit Ingenieur/Architekt ausgezeichnet herausgestrichen. Die Zeit drängt ausserordentlich, da etliche Jahre nötig sind, bis die erforderlichen baulichen Massnahmen sich auswirken werden. Nur eine verkehrsgerechte Gesamtplanung, die auf dem Boden der praktischen Ausführbarkeit innert nützlicher Frist bleibt, kann zum Ziel führen. Massgebend ist in erster Linie die Aufstellung eines realistischen Dringlichkeitsplanes der Bautappen.

P. Soutter

Erklärung

Wir haben nach genauer Abklärung festgestellt, dass die Kritik von H. Marti an Ing. Soutter auf Seite 547, Spalte rechts, Zeilen 14 bis 22, der SBZ 1961, H. 31, hinsichtlich

¹⁾ Durch den Stadtrat gewählt: Planer H. Aregger (Präsident), Arch. Dr. R. Steiger (Vizepräsident), Ing. J. L. Biermann, Arch. R. Meyer, Ing. H. Nydegger, Arch. F. Peter, Ing. P. Soutter, Arch. W. Stüchel, Arch. R. Weilenmann, Arch. M. Werner. Vertreter der Stadtverwaltung: Ing. M. Jenni, Arch. H. Kuppli, Dr. W. Latscha, Ing. H. Steiner, Arch. A. Wasserfallen, Dr. R. Zürcher.

kindantependium» im Historischen Museum Basel im Zusammenhang mit dem Klingental Kloster gezeigt, dem es gehörte, und ebenso das heute im kleinen Münsterkreuzgang eingemauerte eigenartige Masswerk, das bisher immer mit der ursprünglich davor angebrachten Grabplatte der Markgräfin Clara von Baden in Zusammenhang gebracht wurde, während es hier als das Nischengitter vor dem Reliquiengrab der im Klingental verehrten hlg. Euphrosyne identifiziert wird. Wichtiger noch ist der Nachweis, dass der berühmte Heilsspiegelaltar des Konrad Witz, von dem die berühmten Tafeln in der Basler Kunstsammlung stammen, wahrscheinlich als Choraltar für St. Leonhard entstanden ist, und aus der romanischen Kirche des gleichen Klosters stammen die Reliefs im Historischen Museum. Auch das kalligraphisch wunderbare gotische Antiphonar, das über Muri in die Kantonsbibliothek Aarau kam, gehörte dem St. Leonhardstift. Auch viele nur bildlich überlieferte Grabplatten werden abgebildet — schade, dass die beim Abbruch des Steinenklosters in den hintersten Winkel des Münsterkreuzganges übertragene grosse Grabplatte dem Verfasser entgangen ist.

Es wäre undankbar, würde man nicht neben dem Verfasser *François Maurer* auch die Namen derjenigen nennen, die umfangreiche Vorarbeiten geleistet haben, es sind dies *C. H. Baer*, *Rudolf Kaufmann*, *Hans Reichardt*, *Ernst Stockmeyer* und der schon genannte *Rudolf Riggerbach*.

Der Leser sollte es sich nicht verdriessen lassen, auch die kleingedruckten Anmerkungen dieser Bände zur Kenntnis zu nehmen. In ihnen, wie auch im Text findet sich eine erstaunliche Menge interessanter kulturhistorischer Einzelheiten — sozusagen an der Quelle, aus Urkundenzitaten geschöpft. Vieles betrifft die kirchlichen und klösterlichen Verhältnisse vor, während und nach der Reformation — nicht immer Erfreuliches, aber es war schon immer so, dass das Unregelmässige bis Skandalöse aufgezeichnet wird, während das Regelmässige lautlos von selbst abläuft. *Peter Meyer*

Zum Traglastverfahren

DK 624.04:539.374

Schluss von Seite 126

Erwiderung

Bild 3 der «Richtigstellungen» von Prof. Thürlimann erlaubt, die Diskussion über das Traglastverfahren wenigstens in einem ersten Hauptpunkt abzuschliessen. Dieses Bild ist in Bild 1 a mit einer Korrektur und einer Ergänzung wiedergegeben: die «theoretische Traglast» P_p sowie die den Fließbeginn verursachende Fließlast P_F sind hier mit dem für die Träger I 60/40 aus Stahl St. 44 unserer Versuche

1953 zutreffenden Mittelwert der Fließgrenze, $\sigma_F = 3,1$ t/cm², berechnet.

$$P_p = f \cdot W_x \cdot \sigma_F \cdot \frac{8}{l_2} = 1,15 \cdot 11,4 \cdot 3,1 \cdot \frac{8}{60} = 5,42 \text{ t}$$

$$P_F = \frac{1}{1-\alpha} \cdot W_x \cdot \sigma_F \cdot \frac{4}{l_2} = \frac{1}{1-\alpha} \cdot 2,36 \text{ t}$$

und nicht mit dem von Prof. Thürlimann aus unsern Versuchen 1935 übernommenen Wert $\sigma_F = 3,36$ t/cm², der für die Träger I 46/35 aus St. 47 im Mittel gültig war. Ferner ist in Bild 1 a noch die nach dem Traglastverfahren zulässige Belastung P_{zul} ,

$$P_{zul} = \frac{P_p}{1,85}$$

eingetragen.

Es besteht wohl Einigkeit darüber, dass eine Theorie die Wirklichkeit zutreffend erfassen soll. Existiert eine solche Theorie noch nicht, so müssen wir uns mit einem Annäherungsverfahren begnügen; an dieses ist aber im Bauwesen die Bedingung zu stellen, dass es auf der sicheren Seite liege. Bild 1 a zeigt nun deutlich, dass das Traglastverfahren weder die Bedingungen einer Theorie noch (besonders in bezug auf die Fließlast P_F) diejenige eines Annäherungsverfahrens erfüllt. Es sei noch ausdrücklich festgehalten, dass bei unsern Versuchen sich unter der Erschöpfungslast keine Kipperscheinungen der Seitenfelder zeigten; dies lässt sich übrigens auch aus der Berechnung der Momente M und X mit den wirklichen Formänderungsgrössen beweisen.

In Bild 1 b sind die Erschöpfungs- und Fließlasten mit den zulässigen Lasten P_{zul} verglichen, die sich nach der Elastizitätstheorie mit einer Sicherheit von $n_F = 1,5$ gegen Erreichen der Fließgrenze ergeben. Die Elastizitätstheorie erfüllt in bezug auf den Fließbeginn die Bedingungen einer zutreffenden Theorie und in bezug auf die Erschöpfungslasten diejenige eines auf der sicheren Seite liegenden Annäherungsverfahrens.

Auf die weiteren Hauptpunkte, nämlich die notwendige Begrenzung einer Anwendung des Traglastverfahrens auf einige ausgewählte statisch unbestimmte Systeme unter ruhender Belastung und ohne Anpassung der Querschnittswerte an den Momentenverlauf in den massgebenden Querschnitten sowie auf die Grundlagen einer optimalen baulichen Ausbildung der Tragwerke im Zusammenhang mit der Elastizitätstheorie bzw. dem Traglastverfahren, tritt Prof. Thürlimann nicht ein; es besteht somit vorläufig keine Notwendigkeit, die Diskussion über diese Fragen hier weiterzuführen. *F. Stüssi*

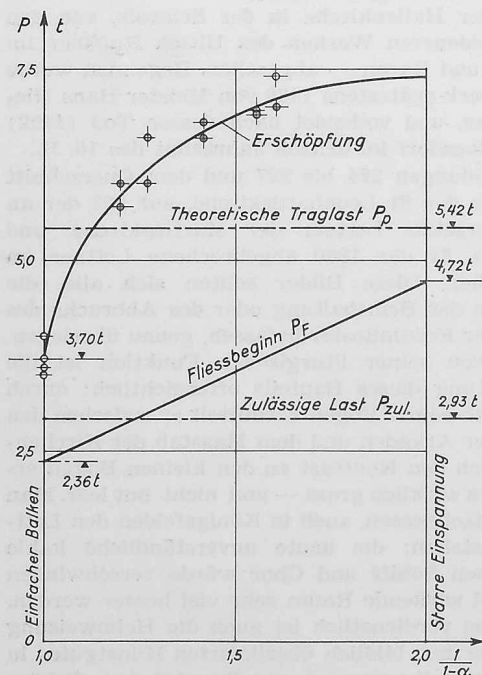


Bild 1a. Traglastverfahren

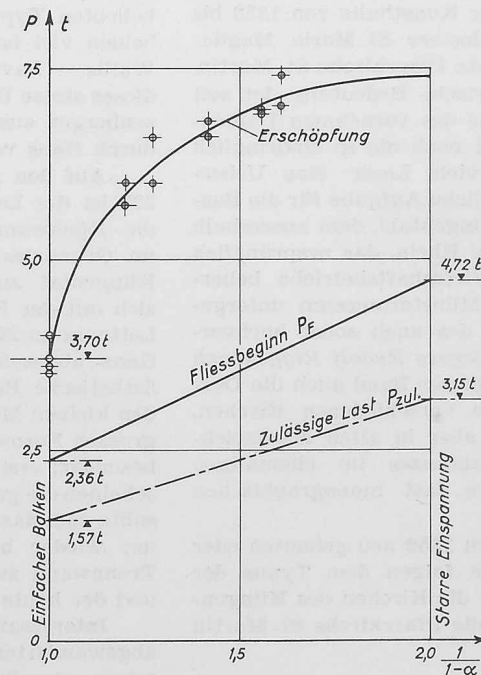


Bild 1b. Elastizitätstheorie

Schlusswort

Nach Prof. Thürlimanns Auffassung hat die Diskussion zur Übereinstimmung in der Feststellung geführt, dass die maximalen Lasten von Prof. Stüssis Versuchen über der theoretisch gerechneten Traglast lagen. Nach seiner Meinung bestätigen somit auch diese Versuche, dass das plastische Berechnungsverfahren zutreffende oder auf der sicheren Seite liegende Resultate bezüglich der statischen Tragfähigkeit liefert.

Prof. Thürlimann hat uns mitgeteilt, dass er auf die Weiterführung dieser Diskussion verzichte. *Die Redaktion*