

# Zur richtigen Einordnung der Baumechanik beim Entwurf

Autor(en): **Glas, Hans-Dieter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 3: **Pierre Dubas zum 60. Geburtstag**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75705>

## **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.

# Zur richtigen Einordnung der Baumechanik beim Entwurf

Von Hans-Dieter Glas, Leipzig

Es werden Aufgaben genannt, denen sich die Baumechanik künftig vorrangig zuwenden muss. In diesem Zusammenhang wird zu einigen Aspekten künftiger Normenarbeit Stellung genommen.

## Einleitung

Eine herzliche Gratulation an Prof. Pierre Dubas zum 60. Geburtstag. Er hat Wesentliches zur Entwicklung des Metall- und Holzbaus beigetragen, nicht zuletzt auf internationalem Terrain, z.B. durch sein aktives Wirken in der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (IVBH).

Ein Jubiläum wird gern zum Anlass genommen, ein wenig Rückschau zu halten und den Stand zu überdenken, der erreicht worden ist.

Die Aufgabe des Bauingenieurs ist wiederholt formuliert worden. Ich möchte hierzu noch einmal Kurt Beyer zitieren, dessen 100. Geburtstag wir unlängst an der Technischen Universität Dresden [1] begingen, wo er 33 Jahre seines Lebens der Ausbildung von Bauingenieuren widmete: «Brauchbarkeit und Güte eines Bauwerks werden nach dem wirtschaftlichen Erfolg, nach der Sicherheit und der betrieblichen Eignung beurteilt» [2]. Wir sprechen heute oft von der «Einheit von Funktion, Konstruktion, Technologie und Ökonomie» und heben damit die Phasen der

Vorfertigung und Montage unserer Bauwerke besonders hervor, da diese bei der Industrialisierung, als dem «wesentlichsten wissenschaftlichen Phänomen unserer Epoche» [3], einen hohen Stellenwert erreicht haben.

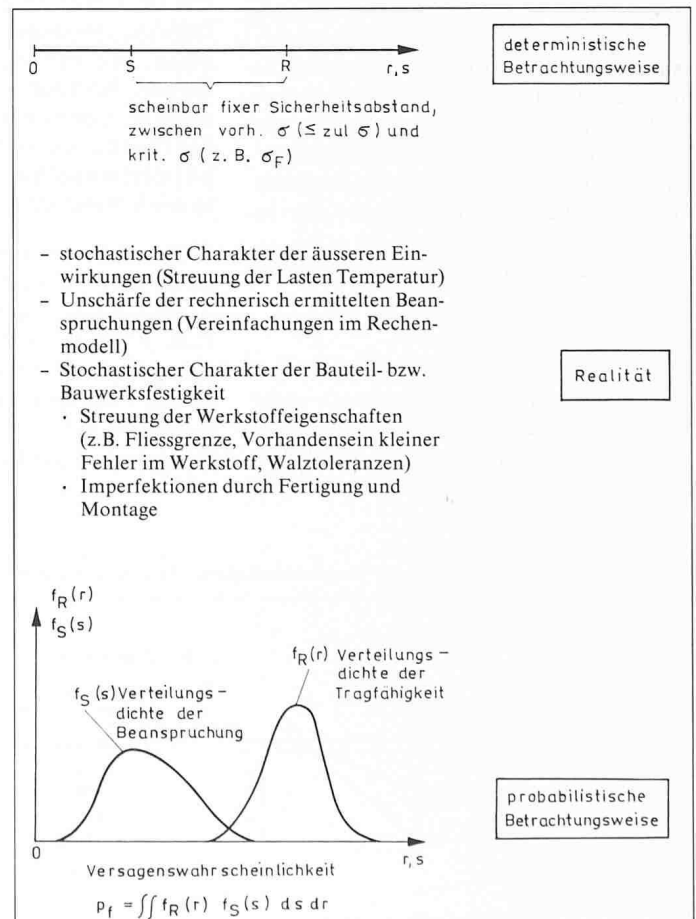
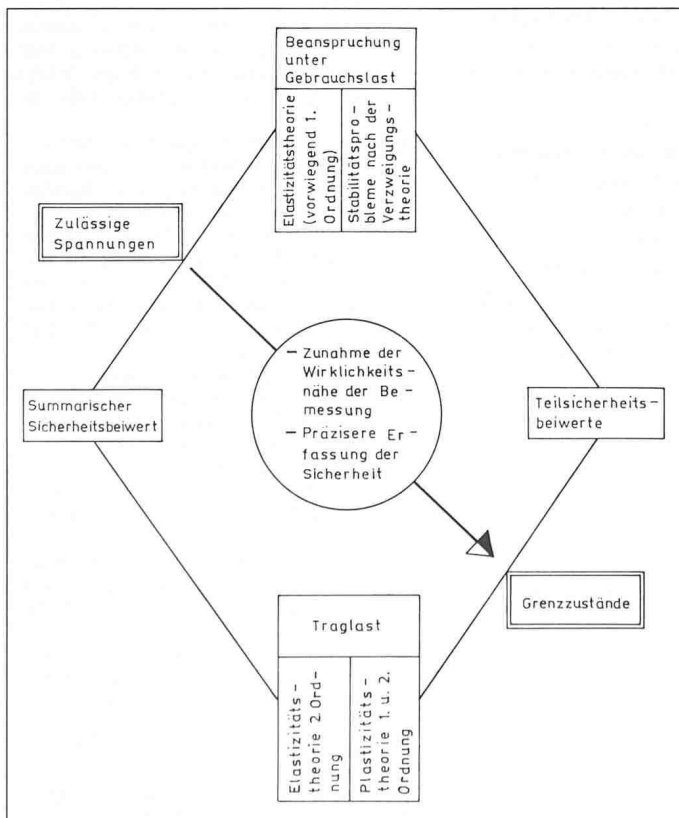
Dubas hat seine Arbeit stets in dieser Komplexität gesehen, was man an einer Vielzahl seiner Veröffentlichungen nachweisen kann. Stellvertretend sei nur auf [4] verwiesen und auf seine Vorlesung im Stahlhochbau, wo es u.a. heisst: «Zudem sind beim Vergleich verschiedener Lösungen nicht nur die Baukosten (inkl. Bauzinsen) zu ermitteln, sondern es sind auch die betrieblichen Erfordernisse gebührend zu berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass der Verwendungszweck eines Gebäudes sich im Laufe der Zeit ändern kann...» [5]

## Zum Stand der Baumechanik

Wir wollen die folgenden Betrachtungen auf die Komponente Baumechanik beschränken, die seit Navier (1785-1836) zu einer wichtigen und heute

Bild 2 (rechts). Entwicklung des Begriffes der Sicherheit

Bild 1. Entwicklung der grundsätzlichen Vorgehensweise bei der Bemessung von Stahlkonstruktionen



wohl auch zu einer der am weitesten entwickelten Disziplinen der Bauingenieurwissenschaft zählt.

Den Begriff der Baumechanik muss man weit genug fassen, damit in der Komplexität mehrerer Einzeldisziplinen die Ergebnisse erzielt werden, die den ständig steigenden Anforderungen nach Wirklichkeitsnähe entsprechen und ein wahrhaft bedeutender Beitrag zu verbesserter Wirtschaftlichkeit geleistet werden kann. Dabei stellt sich die aus der Wirtschaftlichkeit abgeleitete Aufgabe bildlich gesprochen als zwei Seiten ein und derselben Medaille dar; die eine Seite ist das Streben nach Lösungen mit dem geringsten Materialaufwand, die andere ist die Zuverlässigkeit über die gesamte Lebensdauer der Konstruktion.

Wir wollen als zur Baumechanik gehörend sowohl die traditionellen Disziplinen wie Technische Mechanik, Statik, Festigkeitslehre, Stabilitätstheorie usw. als auch die moderne Zuverlässigkeitstheorie rechnen. Bild 1 verdeutlicht – in stark vereinfachter Form – die Entwicklung der grundsätzlichen Vorgehensweise bei der Bemessung von Stahlkonstruktionen [6]. In den letzten Jahrzehnten wurden drei Tendenzen deutlich sichtbar:

- Das wirkliche Tragverhalten einer Konstruktion immer besser zu erfassen. D.h. insbesondere dem realen Werkstoffgesetz des Stahles (elastisch-plastisches Verhalten) besser Rechnung zu tragen und gleichzeitig die geometrischen und strukturellen Imperfektionen, die auch eine sorgfältige Stahlherstellung und Bauausführung nicht vermeiden können, zu berücksichtigen.
- Die anzusetzenden bzw. massgebenden Belastungen zutreffender zu bestimmen.
- Den Begriff der Bauwerkssicherheit präziser zu fassen [7]. Siehe hierzu auch Bild 2.

Hinsichtlich der Erfassung des wirklichen Tragverhaltens sind wir am weitesten vorangekommen. Die Elastizitätstheorie 2. Ordnung ist gut entwickelt. Wir sind längst dazu übergegangen,

überkritische Reserven, beispielsweise beim Beulen von Stegblechen [8], im Sinne der Wirtschaftlichkeit (Senkung des Stahleinsatzes) zu erschliessen.

Für die Plastizitätstheorie 2. Ordnung verfügen wir zwar über eine Reihe von Lösungsansätzen «im Prinzip», ihre breite Nutzung scheidet jedoch noch am Rechenaufwand, so dass Bemessungen auf dieser Grundlage wohl zu den Ausnahmen zu rechnen sind, die sich zudem meist noch stark vereinfachter Modellbildungen (Fliessgelenktheorie) bedienen.

Die weiteren Arbeiten müssen hier in den folgenden Richtungen betrieben werden:

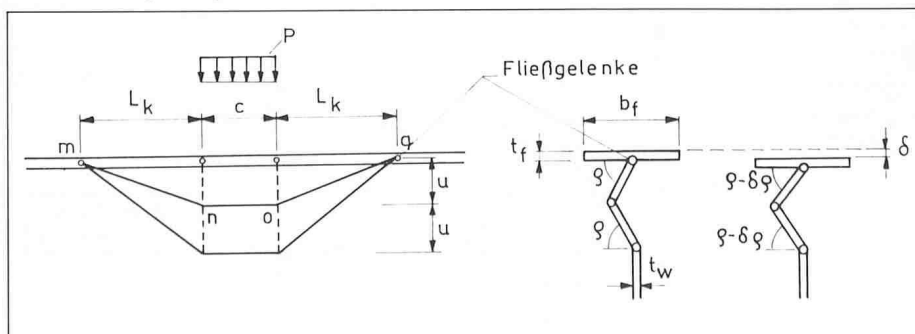
- Verbesserte Modellbildung. Hierunter wollen wir Modelle verstehen, die wirklichkeitsnah sind, dem Vorstellungsvermögen des Ingenieurs gut zugänglich, d.h. weitgehend bildlich repräsentiert und mit einem vertretbaren mathematischen Instrumentarium quantitativ beherrschbar sind. Bild 3 zeigt als Beispiel ein solches Modell für den plastischen Versagensmechanismus beim Stegkrüppeln des Schweissträgers unter Einzellast [9] nach einem Vorschlag von Roberts und Rockey [10]. Auch Dubas hat zu einer guten Modellbildung Beiträge geliefert, hier sei nur auf [11] verwiesen.
- Anwenderfreundliche Aufbereitung dieser Modelle. Unsere Vorstellungen von dem, was unter «anwenderfreundlich» zu verstehen ist, ist noch stark im Fluss. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit hochleistungsfähiger Rechen-technik unmittelbar am Arbeitsplatz des Ingenieurs wird uns morgen als anwenderfreundlich erscheinen, was heute noch unmöglich ist.
- Es sind noch vorhandene Lücken zu schliessen, besonders hinsichtlich der Tragfähigkeit konstruktiver Details (z.B. Knotenpunkte) und der Auswirkung der Ausbildung auf die Tragfähigkeit des Bauteiles oder sogar der ganzen Konstruktion (z.B. Wirkungen von Teileinspannungen und Wölbbehinderungen).

Die Berücksichtigung von Ungewissheiten der Beanspruchungs- und Tragfähigkeitsgrößen ist über die Zuverlässigkeitstheorie auf unterschiedlichem Niveau (Stochastikniveau 1–3) möglich [12]. In den letzten Jahrzehnten ist hier international Vieles, vor allem Grundsätzliches geleistet worden. Es kommt künftig in erster Linie darauf an, dar-

Literatur

- [1] Ehrung anlässlich der 100. Wiederkehr des Geburtstages von Professor Dr.-Ing. Kurt Beyer am 27. November 1981. Wissenschaftliche Zeitschrift TU Dresden, Separatreihe 5: Bau-, Wasser- und Forstwesen Nr. 10
- [2] Beyer, K.: Die Statik im Stahlbeton, Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1956, S. 1
- [3] VII. Internationaler Kongress «Industrielles Bauen» vom 25. – 28. September 1984 in Leipzig, siehe Bauplanung-Bautechnik 38 (1984), H. 8, und Wissenschaftliche Berichte der Technischen Hochschule Leipzig, 1984, H. 11–17
- [4] Dubas, P.: Entwurf und Ausbildung einer Lagerhalle mit hoher Flexibilität der Nutzung. Symposium «Nutzungsgerechtes Bauen im Stahl- und Stahlverbundbau», Dresden 1975, Schlussbericht – Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, Band 22
- [5] Dubas, P.: Vorlesung Stahlhochbau an der ETH Zürich 10/80, Allgemeine Grundlagen, S. 4
- [6] Glas, H.-D.: Ergebnisse durchgeführter Vergleiche zwischen Stahlbauvorschriften einiger Länder. Teil I: Zum grundsätzlichen Herangehen an die Bemessung, Informationen des VEB MLK, Leipzig 20 (1981), H. 3, S. 5–13
- [7] Glas, H.-D.: Zur künftigen Nachweisform der Bemessung nach Grenzzuständen im Stahlbau der DDR. Informationen des VEB MLK, Leipzig 22 (1983), H. 2, S. 15–20
- [8] Dubas, P.: Problèmes relatifs au dimensionnement des poutres mixtes à âme mince. Festschrift Prof. Dr. Bruno Thürlimann zum 60. Geburtstag 1983, S. 151–157
- [9] Glas, H.-D.: Steifenlose Konstruktion – ein Beitrag zur Senkung des Fertigungsaufwandes im Stahlbau. Wiss. Berichte der TH, Leipzig 1980, H. 1, S. 11–14
- [10] Roberts, T.M., und Rockey, K. C.: A Mechanism Solution for Predicting the Collapse Loads of Slender Plate Girders when Subjected to In-plane Patch Loading. Proc. Inst. Civ. Engineers, Part 2, 67 (1979), S. 155–157
- [11] Dubas, P.: Reflexions sur certains problèmes de sécurité et de stabilité en construction métallique. Memoires C.E.R.E.S. (Université de Liege), avril 1980
- [12] Bolotin, V. V.: Wahrscheinlichkeitsmethoden zur Berechnung von Konstruktionen. VEB-Verlag für Bauwesen, Berlin, 1981
- [13] Schneider, I.: Gefahren, Gefährdungsbild und ein Sicherheitskonzept. Institut für Baustatik und Konstruktion ETH Zürich, März 1980, Bericht Nr. 97
- [14] Glas, H.-D., und Goeben, H.-E.: Lohnt sich in der Projektierung «schärferes» Rechnen? Bauplanung-Bautechnik 37 (1983), H. 10, S. 435–439
- [15] Klöppel, K.: Über zulässige Spannungen im Stahlbau. Veröffentlichungen des deutschen Stahlbauverbandes, 1958, H. 6

Bild 3. Modell für den plastischen Versagensmechanismus beim Stegkrüppeln unter einer Einzellast



aus praktische Konsequenzen abzuleiten. So ist es mit Hilfe der Zuverlässigkeitstheorie beispielsweise möglich, den Zusammenhang zwischen besserer oder schlechterer Qualität in der Ausführung einer Konstruktion und deren Tragfähigkeit quantitativ, d.h. stichhaltig auszudrücken. Wir sollten uns aber auch hüten, das Problem der Zuverlässigkeit ausschliesslich mathematisch angehen zu wollen. Um das Sichtbar-machen der komplexen Zusammenhänge «vom Gegensatzpaar Gefahr versus Sicherheit» [13] wurde gerade an der ETH Bemerkenswertes geleistet.

## Baumechanik und Normung

Unsere Normen haben an Umfang erschreckend zugenommen. Eine wohl-tuende Ausnahme macht die Schweizer Stahlbaunorm SIA 161 (Ausgabe 1979), die auf rund 80 Seiten regelt, wozu andere Länder die zwei- bis vierfache Seitenzahl benötigen.

Die Ursachen dieser Normenexplosion sind vielfältig, und es ist nicht der Zweck dieses Beitrages, diese Problematik zu erörtern. Natürlich hat auch der Erkenntnisfortschritt auf dem Gebiet der Baumechanik eine Aktie daran. Es ist allerdings naiv anzunehmen, dass man einerseits die Tragfähigkeit unserer Konstruktionen genauer bestimmen, nicht zuletzt um ihre Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, und ander-

seits den Aufwand bei der Bemessung senken könnte.

Der Autor wies in [14] nach, dass «schärferes» Rechnen sich lohnt, in dem man z.B. Teileinspannungen bzw. Wölbbehinderungen, die der realen konstruktiven Lösung von Haus aus anhaften, auch berücksichtigt. Walzstahleinsparungen bis zu 25% bezogen auf das betreffende Bauteil sind möglich.

Dem stehen ernstzunehmende Stimmen gegenüber, die für eine Vereinfachung der Bemessung im Stahlbau plädieren. Es läge im Interesse des Stahlbaus – so argumentieren diese –, dass seine Konstruktionen leicht von jedem Bauingenieur entworfen und beurteilt werden könnten. Für uns Stahlbauer in der DDR trifft aber eine Feststellung Klöppels eher zu: «Die Aufgabe, Materie durch Geist zu ersetzen, wird das Schicksal der deutschen Ingenieure bleiben, aber auch deren Chance beinhalten» [15]. Wir sind angehalten, mit dem Walzstahl äusserst sparsam umzugehen.

Einen Schritt in die notwendige Richtung der Vereinfachung unserer Normen glauben wir mit den Neufassungen unserer Stahlbaugrundnorm, TGL 13 500, und der Stabilitätsnorm, TGL 13 503, getan zu haben. Beide Normen haben wir in 2 Blätter geteilt. Im jeweiligen Blatt 1 der Norm ist das enthalten, was im Interesse der Qualität und auch der Wirtschaftlichkeit durch den Gesetzgeber verbindlich geregelt sein

muss. Das jeweilige Blatt 2 enthält Erläuterungen und Bemessungsmöglichkeiten, die der Projektant anwenden kann, aber nicht anwenden muss, wenn er etwas besser weiss.

Für die Standardnachweise, z.B. der Stabilität, werden meist eine vereinfachte und eine genauere Beziehung angegeben. Erstere für einen Überschlag und Fälle, in denen sich eine genauere Rechnung nicht lohnt.

## Zusammenfassung

Gerade die Stahlbauweise hatte immer eine enge, wechselseitige Beziehung zu den Disziplinen der Baumechanik. Nicht zuletzt aus dieser Beziehung resultierten die Qualität und die Wirtschaftlichkeit dieser Bauweise.

Jeder weitere Fortschritt wird ebenfalls mit dieser Beziehung verbunden sein. Eine wirklichkeitsnähere Bemessung ist mit mehr Aufwand, vor allem rechnerischem, verbunden. Die Nutzung der immer leistungsfähigeren Rechen-technik ist ein willkommenes Hilfsmittel, auch diesen steigenden Aufwand unserer Ingenieur-tätigkeit in Grenzen zu halten.

Adresse des Verfassers: o. Prof. Dr.-Ing. H.-D. Glas, Leiter des Wissenschaftsbereiches Statik und Metallbau, Technische Hochschule Leipzig, Sektion Ingenieurbau, DDR-7030 Leipzig, Karl-Liebknecht-Str. 132.

# Verbundbrücken in Deutschland

Von Karlheinz Roik, Bochum

Nach einer kurzen Darstellung einiger wichtiger Entwurfsgrundlagen für Verbundbrücken (Vorspannen, Vorkrümmen, Temperatureinwirkungen) werden anhand von Beispielen für ausgeführte Strassen- und Eisenbahnbrücken in Deutschland gewisse Entwicklungstendenzen aufgezeigt.

## Entwurfsgrundlagen

Die Verbundträger-Richtlinien [1] stellen z. Zt. die bauaufsichtlich eingeführte Grundlage für die Berechnung und Bemessung dar, sie werden ergänzt durch spezifische Regelungen für Strassen- und Eisenbahnbrücken. Eine Überarbeitung wird in absehbarer Zeit ins Auge gefasst mit dem Ziel der Umstellung auf das neue Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsfaktoren und

der Einarbeitung neuer Erkenntnisse, z. B. der Dauerfestigkeit. Im Eurocode 4 – Verbundkonstruktionen – wurde dieser Weg vorgezeichnet.

Während früher fast immer eine scharfe Begrenzung der rechnerischen Zugspannungen im Beton gefordert wurde, wird jetzt grösseres Gewicht auf die Berechnung und Begrenzung der Rissbreiten im Beton gelegt. Die Begrenzung der Betonzugspannungen führte bei Durchlaufträgern in der Vergangenheit meist zu Vorspannung durch in Längs-

richtung angeordnete Spannglieder in den Bereichen der negativen Biegemomente (Betonplatte in der Zugzone). Da die Fahrbahnplatten meist auch in Querrichtung vorgespannt wurden, trat eine Häufung von Spanngliedern auf, und als Folge hiervon wurde der Anteil der «schlaffen» Bewehrung durch Betonstahl relativ gering.

## Vorspannung und eingeprägte Verformungen

Die Entwicklung der Spannbetonbauweise hat gezeigt, dass zur Begrenzung der Rissbreiten und zur Vermeidung von Korrosionsschäden die Anordnung von «ausreichender» schlaffer Bewehrung (Durchmesser, Lage und Menge) sowie deren Betonüberdeckung wichtiger sind als die Begrenzung der rechnerischen Betonzugspannungen. Seit einigen Jahren werden daher die Strassenbrücken in Verbundkonstruktion nur