Normung kontra Entwicklung?: ein Plädoyer für mehr Selbstverantwortung des Ingenieurs

Autor(en): **Steurer, Anton**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85649

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Normung kontra Entwicklung?

Ein Plädoyer für mehr Selbstverantwortung des Ingenieurs

Sind Normen wirklich institutionalisierte Verlangsamer oder gar Bremsklötze für technische Verbesserungen und Entwicklungen? Eine Frage, die sich jedem entwerfenden, innovativen Ingenieur in der Praxis immer wieder stellt. Die Intensität dieser Frage steht in direkter Beziehung zur Verbindlichkeit der Normen. Oder anders formuliert: Wo steht der Ingenieur zwischen Norm, staatlicher Genehmigung und Selbstverantwortung?

VON ANTON STEURER, ZÜRICH

Im allgemeinen haben technische Normen zunächst keine rechtliche, sondern nur tatsächliche Qualität. Bestimmt wird diese Qualität durch den die Norm tragenden Sachverstand und die Breite der eingebrachten Erfahrungen, welche schliesslich Massstäbe für das Angemessene und Erforderliche setzen. Die innere Autorität, die Überzeugungskraft einer Norm ist es also, die ihr eine mittelbare Verbindlichkeit verleiht: Ein Sachverhalt, der uns Ingenieuren, und insbesondere auch den Prüfingenieuren oder letztlich der Rechtsprechung, verstärkt bewusst werden muss. Deutlich allgegenwärtiger ist uns jedoch die unmittelbare Verbindlichkeit, die Verpflichtung und das Ausmass fremder Aufsicht (Prüfstatik, Zustimmungen zur Bauausführung, Zulassungen usw.), kurz die Frage der Eigenverantwortung des Ingenieurs.

Die Verbindlichkeit der Norm ist es, die letztlich den Stellenwert des Ingenieurs diktiert. Der Grad der «Nötigung» ist verschieden und hängt von den jeweiligen Prüfverpflichtungen ab. Zum besseren Verständnis lassen sich die verschiedenen Rechenschaftsstrukturen in drei Grundformen einteilen. Diese seien der Einfachheit halber nach dem typischen Anwendungsland benannt:

«Deutsches Verfahren»

Statische Berechnung, Konstruktionszeichnungen, usw. müssen einer staatlichen Bauaufsichtsbehörde bzw. einem von ihr bezeichneten Prüfingenieur zur Kontrolle und Genehmigung vorgelegt werden. Die einschlägigen Normen sind hierbei verbindlich. Neue und nicht allgemein gebräuchliche und bewährte Baustoffe und Bauteile, d.h. nicht durch die Norm abgedeckte Teile, bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Diese wird aufgrund wissenschaftlicher und experimenteller Prüfungen vom Sachverständigenausschuss mit entsprechenden Auflagen und Bedingungen erteilt.

Für einen genau bezeichneten Einzelfall kann ein vereinfachtes Verfahren, die Zustimmung im Einzelfall, angestrebt werden.

«Französisches Verfahren»

Die Bauaufsicht über private Bauvorhaben wird lediglich durch auf das Bauwesen spezialisierte Abteilungen der Versicherungsgesellschaften des jeweiligen Ingenieurs wahrgenommen. Dabei müssen im Rahmen grösserer Ingenieurbauten «Statik und Konstruktion» vorgelegt werden, wobei üblicherweise die Normen verbindlich sind, die Erfahrung des beteiligten Büros jedoch ausgeprägt ins Gewicht fällt, was sich bei den Prämien in einem Bonus/Malus-System auch niederschlägt.

«Schweizerisches Verfahren»

In statischer Hinsicht sind die Konstruktionen im allgemeinen keinerlei Kontrollen unterworfen. Die Verantwortung für die Tragsicherheit liegt allein beim Ingenieur.

Das Streben nach ausreichender Sicherheit und Zuverlässigkeit der Bauwerke ist allen Verfahren gemeinsam. Die Wege dazu jedoch sind gegensätzlich. Auf der einen Seite steht die geforderte Zurückhaltung des Staates, die nur dann zum Eingreifen verpflichtet, wenn es unbedingt notwendig ist. Auf der andern Seite steht die Delegierung der Verantwortung an den Staat mittels kontrollpflichtiger Normen. Letztlich stellt sich die Frage, wem die Verantwortung zugewiesen wird.

Den Alltag perfektionieren?

Zu diesem Thema sollen hier bewusst überzeichnete Schlaglichter, quergedachte Überlegungen und provokative Betrachtungen angebracht werden. Dies mit der Absicht, die Schatten der Kontroverse «Normung kontra Entwicklung» auszuleuchten. Aber auch mit der Absicht, das Nachdenken anzuregen: Über die Philosophie, die Ziele der Normen und deren Stellenwert für die Sicherheit der Bauwerke sowie über die Anforderungen an ihren Nutzen.

Technische Regelwerke sind notwendig, dies steht ausser Frage. Doch interessieren uns deren Umfang und Gewicht und deren Grenzen, vor allem aber: Wie steht es mit dem rechten Mass?

Diese Frage beschäftigt uns heutzutage ja nicht nur im Normwesen, sondern auch im Alltag, wo wir eine gewisse Abneigung gegen zu viele Gesetze, Verordnungen und Erlasse, kurz gegen zuviel als unnötig empfundene Bürokratie erleben. Das Verständnis und die Beziehung zu derartigen Vorschriften sind durch ihre erdrückende Masse, ihren Umfang und ihre Aufdringlichkeit gestört. Oftmals sind die übergeordneten Zusammenhänge nicht einzusehen. Sie wirken deshalb amtsautoritär und bauen schliesslich unsere Identifikation und damit unsere Verantwortungsbereitschaft ab. Vernunft und Verstand laufen Gefahr, durch die Fülle der Verordnungen verdrängt zu werden.

Der Tageszeitung konnte man kürzlich entnehmen, dass in Österreich der Gesetzesberg täglich um 1,7 Gesetze zunimmt. Ein Beispiel zur Illustration der «Regelexzesse» lieferte unlängst das Finanzministerium mit der Verordnung zur Identifikation der Unterschrift mit folgendem Wortlaut:

«Eine rechtsgültige Unterschrift setzt nach dem Sprachgebrauch und ihrem Zweck ein aus Buchstaben einer üblichen Schrift bestehendes Gebilde voraus, das nicht lesbar zu sein braucht. Erforderlich, aber auch genügend ist das Vorliegen eines die Identität des Unterschreibenden ausreichend kennzeichnenden individuellen Schriftzuges, der einmalig ist, entsprechende charakteristische Merkmale aufweist und sich als Unterschrift eines Namens darstellt sowie die Nachahmung durch einen beliebigen Dritten mindestens erschwert. Zur rechtsverbindlichen Unterschrift gehört ebenso, dass mindestens einzelne Buchstaben zu erkennen sind, weil es sonst an dem Merkmal einer Schrift überhaupt fehlt.»

Bei solch schwindelerregendem Perfektionismus kann einen Unbehagen beschleichen. Ein Unbehagen, welches wir verschiedentlich bei unseren Normen auch verspüren. Normen, die anfänglich Grundlegendes regelten, wurden durch den technischen Fortschritt

und das scheinbar innewohnende Bedürfnis, das Wagnis bürokratisch zu beherrschen, zwangsläufig umfangreicher und dichter. Zweifel nehmen durch Meldungen zu, wonach beispielsweise in England 3000 Ausschüsse bestehen, welche die technischen Normen (BS) begleiten und bearbeiten. Kaum überraschen kann dabei noch die BS 6008, Geschmacksprüfungen. In ihr wird ein allgemeines Kriterium für die Zubereitung eines Teeaufgusses festgelegt, und zwar mit oder ohne Milch. Eine Norm für die britische Teepause hingegen fehlt bis anhin noch.

Ersticken uns die Normen?

Ein wachsendes Unverhältnis zwischen Norm und Ingenieur ist festzustellen. Dies gilt insbesondere für Bewilligungsformen, die eine Fremdkontrolle der Statik und der Konstruktion vorschreiben. Solches Vorgehen verlangt systembedingt selbsttätig immer mehr Regelungen und intensivere Detaillierung. Einem Verlust der Abstraktion steht der Drang nach mehr Einzelheiten, nach «abhak»- bzw. kontrollfähigen Formeln gegenüber. Ist systemimmanent der Erstickungstod aus der eigenen Produktivität unvermeidlich?

Eine solche Entwicklung birgt meiner Meinung nach zwei Hauptgefahren in sich. Zum einen wird durch den inhärenten Druck, jedes mögliche und unmögliche Detail normativ zu regeln, das dabei nicht Erfasste und Festgelegte vorläufig ausgeschlossen und verunmöglicht. Ein innovativer Ingenieur, der neue Ideen und neue Entwicklungen umsetzen will, wird damit vor den oftmals auch finanziell schwerwiegenden Entscheid gestellt: Gehe ich den Weg des geringsten Widerstandes, indem ich herkömmliche «Norm-Lösungen» wähle? Oder quäle ich mich mittels Beziehungen über Einzelzulassungen zu neuen Lösungen? Für die meisten Fälle liegt die Antwort auf der Hand.

Die zweite Gefahr besteht darin, einen Vollkommenheitsanspruch zu erwekken. Dieser Anspruch entsteht zwangsläufig mit dem Bestreben, jedes Problem, jede Einzelheit und jeden bekannt gewordenen Streitfall in der Norm zu regeln. Dies kann den Anwender zur vermeintlichen Überzeugung verführen, dass er alleine nur durch stures Einhalten der Bestimmungen automatisch richtig konstruiere und damit dem Gesetz nach «den allgemein anerkannten Regeln der Baukunst» genüge.

Anders ausgedrückt: Detaillierte Rezeptbücher oder gar komprimierte Lehrbücher bergen einen gewissen Absolutheitsanspruch in sich, welcher Anfänger oder gelegentliche Benutzer dazu verführt, diese wie ein unwandelbares Naturgesetz anzuwenden. Die Anwendung ohne Fachverständnis wird suggeriert. Dabei wird vornehmlich nach der Anwendung des Instrumentariums gesucht und weniger nach der Lösung der Probleme. Ist schliesslich darüber hinaus eine neuartige Konstruktion erfolgreich entwickelt und diese durch die Zulassung erkämpft, dann wiegt sich der Anwender in absoluter Sicherheit. Die fachliche Leistung erschöpft sich häufig nur noch darin, die Vorschriften zu erfüllen.

Ein beharrliches Klammern an den «geronnenen Sachverstand» wird derart oftmals zur unerschütterlichen Haltung. Grenzbereiche oder Sonderfälle werden bei dieser Denkart mit nachtwandlerischer Sicherheit mit den allgemeinen Regeln der Norm extrapoliert. Oder aber die Lücke wird als solche erkannt und erscheint als schwarzes Loch. Der Anwender sieht sich dabei oft ausserstande, diese Lücke mit ingenieurmässigem Vorgehen zu überbrükken.

Dieses weitverbreitete Denken in den Kategorien der Normen und Zulassungen mit den damit verbundenen Erwartungen an die geregelte Sicherheit ist unrealistisch. Ingenieurtragwerke können nie die Summe möglichst genormter Nachweise, die Addition einzelner Lehrsätze sein, sondern müssen aus dem Fachverstand des Entwerfers als Ganzes hervorgehen.

Fragen der Sicherheit - Grenzen der Normen

In diesem Zusammenhang stellt sich unweigerlich die Kardinalfrage nach der Sicherheit. Ziel der Normen ist es zweifellos, eine ausreichende Sicherheit zu gewährleisten. Fest steht, dass ein Höchstmass an Sicherheit kaum durch das Anhäufen von in sich abgesicherten Einzelteilen entsteht. Genausowenig lässt sich ein fremdsprachiger Text durch sorgfältig aus dem Wörterbuch herausgesuchte und aneinandergereihte Vokabeln sinnrichtig übersetzen. Was letztlich zählt, ist die *gesamtheitliche, die integrale Sicherheit.*

Wir sind uns bewusst, dass die absolute Sicherheit nicht existiert. Wir wissen auch, dass mit zunehmenden Sicherheitsansprüchen die dazu erforderlichen Aufwendungen überproportional ansteigen, bis hin zu Grenzen, wo die Zunahme dieser Sicherheit in keinem Verhältnis mehr zu den dafür erforderlichen Anstrengungen steht. Fraglich jedoch ist, ob es nicht eine absolute Grenze der Sicherheit, in unserem Zusammenhang eine Grenze der Normen, gibt? Ein Punkt, in mathematischem Sinne ein Wendepunkt, bei welchem die Sicherheit trotz erhöhten Aufwendungen sogar abnimmt, eine Zykloide beschreibt? Bezeichnenderweise sprechen einzelne Sachverständige zum Beispiel gewissen Kernkraftanlagen mit einem überschaubaren, weniger aufwendigen Sicherheitskonzept insgesamt ein höheres Mass an Sicherheit zu. Dies aus der Überzeugung heraus, dass extrem hochgeschraubte, komplexe, mit allen möglichen Varianten aufkumulierte Sicherheitsmodelle im Vollzug und in sich selbst nicht erkennbare Rückkoppelungen vermuten lassen, welche schliesslich dem Gesamtziel entgegenwirken können.

Übertragen auf unsere Normen bedeutet dies, dass die wohlmeinende Absicht, mit der die Normen zu mehr Genauigkeit und zur Erfassung zusätzlicher Details revidiert und erweitert werden, die technischen Zusammenhänge, die zu den Regelungen führten, oft nicht aufzeigen. Sie verwischen vielmehr diese Zusammenhänge und schaffen Unsicherheit und Verwirrung. Eine sichere, überschaubare Handhabung wird erschwert. Wo Lösungen bestanden haben, werden neue Rätsel geschaffen. Hinzu kommt eine weitere Gefahr: Wohl werden raffinierte Berechnungsmethoden unter scheinbarer Berücksichtigung aller Nebenumstände angewendet, die jeweilige, tatsächliche konstruktive Ausbildung wird jedoch vernachlässigt. Damit kann die angeblich erhöhte Genauigkeit illusorisch werden. Vorgetäuscht wird also, dass die Berechnung eindeutig und endgültig das Tragwerk bestimmt und somit die Konstruktion festlegt.

Die Eigenverantwortung stärken

Wie aber können wir die Unvollkommenheit von Normen mit den hohen Sicherheitsansprüchen vereinbaren? Lediglich mit grösserer Intensität in der bisherigen Form durch vermehrte Detaillierung und ausgefeilteren Perfektionismus? Dies scheint eindeutig nicht die Lösung des Problems zu sein. Vielmehr gilt es, ein Strukturproblem zu lösen.

Normen sollen das Normale regeln, sich auf das Grundlegende einer Bauweise beschränken. Normen müssen offen sein. Die Ausführung, das Detail und die Bauanwendung sollen auf dem Fachverstand des Ingenieurs in dessen eigener Verantwortung gründen. Normen sollen griffig sein. Sie sollen durch

ihre Zurückhaltung überzeugen und durch den Versuch, einen angemessenen Kompromiss zwischen dem Notwendigen und dem Möglichen zu finden.

Verstärkt muss bewusst werden, dass durch Normen technische Verantwortung nicht erledigt oder delegiert werden kann. Vermehrt muss die Verantwortung des Ingenieurs, dessen Identifikation zum Gebauten im Vordergrund stehen, kurz «gestärkte Eigenverantwortung». Fachverstand, Materialkenntnis und Erfahrung des Ingenieurs müssen ihren gebührenden Platz wiederfinden.

Distanz zur Norm allein macht noch keinen guten Ingenieur. Verantwortung lässt sich ausschliesslich auf Fachverstand gründen. Vorausgesetzt wird also eine entsprechende Ausbildung. Nicht Spezialistentum muss dabei im Vordergrund stehen, sondern vielmehr solides Grundwissen mit sicherer Kenntnis der Grenzen der Anwendbarkeit, gründliches Vertrautsein mit den Baustoffeigenschaften, gepaart mit ingenieurmässigem Denken. Ein Ingenieur muss sich demnach vermehrt durch Übersicht auszeichnen, und durch die Fähigkeit, Probleme zu erkennen, zu ordnen, zu bewerten und schliesslich einer Lösung zuzuführen.

Plausibilitätskontrollen, einfache Modelle für erste Abschätzungen oder Nachprüfungen, zusammen mit materialgerechtem Konstruieren, stehen dabei vor zeitraubenden und die Übersicht erschwerenden, ausgetüftelten Berechnungen. Das viel geforderte Spezialistentum kann demnach nicht Ziel der Ausbildung sein. Spezialistentum baut sich basierend auf dem erworbenen Grundlagenwissen in der Praxis organisch auf.

Wer erhält den «Schwarzen Peter»?

Wer für offene und nicht perfektionierte Normenstrukturen eintritt, hört häufig zwei Argumente: Erstens wer entscheidet denn nun, was richtig ist, wenn zur gestellten Frage keine Normlösung vorliegt? – Nicht eine «Royal-Commission» oder «das Orakel eines Forscherausschusses», sondern unter den genannten Voraussetzungen der kompetente Sachverstand und die fundierte Erfahrung jedes Einzelnen. Die notwendige Einsicht, Aufgaben und Aufträge, die nicht im jeweiligen Fachbereich liegen oder diesen nur am Rande streifen, abzulehnen, sollte im Grunde genommen keiner Erwähnung bedürfen.

Als zweites Gegenargument wird die nur unzulänglich gewährleistete «öffentliche» Sicherheit, bzw. das Mass der Sicherheit angesprochen. Die eigentliche Instanz der Sicherheit gründet letztlich im adjuzierten Grundwertbezug: im Humanistischen («Der Mensch ist das Mass aller Dinge», Protagoras, 481–411 v. Chr.) und im Zivil- und Strafrechtlichen («Wenn ein Baumeister für jemand ein Haus baut und es nicht fest ausführt und das Haus, das er gebaut hat, stürzt ein und schlägt den Eigentümer tot, so soll jener Baumeister getötet werden.» Hammurabi, 1728–1686 v. Chr.).

Die grundsätzliche Verknüpfung der Sicherheit mit dem Verantwortungsbewusstsein muss primär in ihrer ursprünglichen und umfassenden Dimension erkannt werden und lässt sich durch keine Normenstruktur überbrükken. Zur berufsethischen Komponente addiert sich die rechtliche Pression: Wer riskieren muss, für Schaden und Unzulänglichkeiten einzustehen, wird derartiges möglichst vermeiden. Letztlich mündet jede öffentliche Sicherheit im Schadenfall in eine private Sicherheit.

Abgesehen davon zeigt das Beispiel der Medizin – ebenso eine angewandte Naturwissenschaft wie das Ingenieurwesen – dass die Tätigkeit in Selbstverantwortung gewiss nicht weniger Sicherheit ergibt, als sie entsprechende Normung gewährleisten würde. Der Mediziner – abgesichert in der angesehenen Berufsvereinigung, ausbildungsmässig ausgestattet mit dem gehörigen Selbstbewusstsein – beruft sich auf seine Fachausbildung und seine durch schrittweises Sammeln von Erfahrung aufgebaute Selbstverantwortung.

Jeder Vergleich hinkt, und keineswegs soll die Nützlichkeit von technischen Normen in Frage gestellt werden. Vielmehr will dieses Plädoyer der sachlichen Unvernunft und der unkritischen Normengläubigkeit den Kampf ansagen. Die ursprüngliche Identität und das fachliche Selbstbewusstsein des Ingenieurs müssen neu gefunden werden.

Kreatives Ingenieurdenken im Holzbau

Holz weist auch heute noch ein aussergewöhnliches Entwicklungspotential auf und verlangt ein hohes Mass an konstruktivem Materialverständnis. Dieses Verständnis lässt sich eben nicht allein durch Normen formulieren. Darum ist es von Bedeutung, dass dieses Potential nicht durch restriktive Vorschriften, Zulassungs- und Prüfverfahren gehemmt oder gar verhindert wird. Produktive Originalität, d.h. durch Wissenschaft kontrollierte Phantasie zusammen mit fundiertem Wagemut, soll neue Anwendungen ermöglichen.

Leistungsstarkes Holz

Erinnern wir uns vorerst des Zusammenhangs der Dichte des Holzes und seiner Festigkeit: Bei höherer Dichte, d.h. bei schwerem Holz, sind im allgemeinen auch bessere mechanische Festigkeiten zu erwarten. Harthölzer wie Buche und Esche wären demnach deutlich tragfähiger als die traditionell im Bau verwendeten Nadelhölzer. Nach den einschlägigen Normen sind jedoch für Harthölzer meistens nur bei Schub und Querdruck begrenzt höhere Festigkeiten zulässig. Dies ist auf die früher übliche Anwendung von Harthölzern als Schubdübel bei verdübelten Balken bzw. als Sattelholz/Schwelle zurückzuführen. Für Biege-, Druck- oder Zugbeanspruchungen werden, wenn überhaupt und entgegen den fundamentalen Materialkenntnissen, gleiche oder nur bescheiden höhere Werte wie für Nadelholz vorgeschrieben.

Oft jedoch wäre der Holzkonstrukteur froh, lokal ein Holz mit höherer Festigkeit verwenden zu können, wie im Massivbau mit hochfestem Beton oder im Stahlbau mit hochfestem Stahl. Sicher verursacht die diesbezügliche Zurückhaltung der Norm das karge Interesse der Ingenieure, die Vorzüge dieser Hölzer angemessen zu verwerten. Inwieweit das Wissen um die geringe Formstabilität bzw. das ungünstigere Schwind- und Quellverhalten hierbei mitspielt, ist allerdings ungewiss.

In Kenntnis der grundsätzlich höheren Festigkeiten dieser Holzarten, haben sich die Überlegungen zunächst auf die Probleme der Verarbeitung zu den gewünschten Querschnitten zu konzentrieren. Im Vordergrund der am Institut für Baustatik und Stahlbau an der ETH Zürich durchgeführten Arbeiten stand verleimtes Buchenholz. Vorerst galt es, Problempunkte abzuklären wie die Einschnittart, die Trocknung und Sortierung, die Verleimung, die Keilzinkung usw. Diese Vorarbeiten erlaubten es schliesslich, an ganzen Bauteilen die mechanischen Festigkeiten zu bestimmen. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen heute den Einsatz von verleimtem Buchenholz für Tragkonstruktionen. Ein Holz mit je nach Verwendungsart 50 bis 80 Prozent höheren Festigkeiten als Nadelholz steht somit zur Verfügung.

Der Holzbaufachmann weiss, welchen Gewinn diese Ergebnisse in der Praxis

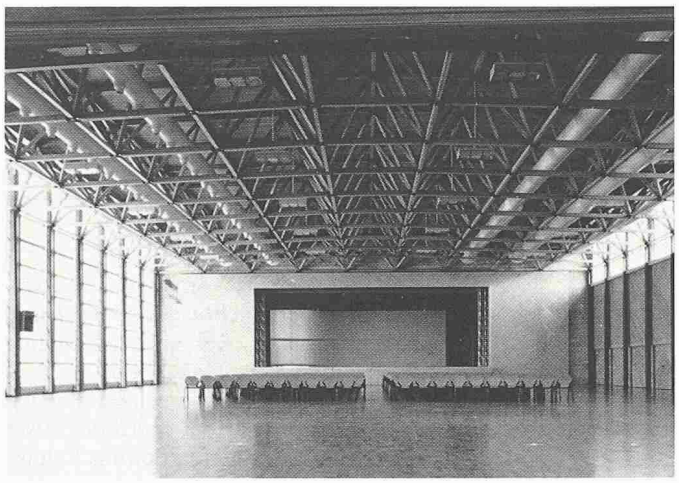


Bild 1. Seeparksaal in Arbon



Bild 2. Strassenbrücke in Eggiwil

bringen. Hochbeanspruchte Enddiagonalen von Fachwerken beispielsweise müssen folglich nicht mehr in übergrossen Querschnitten oder sogar in Stahl ausgeführt werden, sondern lassen sich schlanker und konstruktiv einfacher in Brettschichtholz aus Buche ausbilden.

Echte Raumfachwerke für grössere Spannweiten bieten eine anschauliche Anwendung für verleimtes Hartholz; ein Einsatz, der bis anhin vornehmlich dem Stahl oder Aluminium überlassen wurde. Neben der Wirtschaftlichkeit verhinderten bei Holzkonstruktionen besonders die örtlich massiven Querschnitte, und damit die geometrische Unverträglichkeit im Knotenbereich, in diesen anspruchsvollen Anwendungsbereich vorzudringen. Schlankere bzw. höher beanspruchbare Stäbe und entsprechend leistungsstarke Ausbildungen der Anschlüsse räumen diese Hindernisse aus.

Um auch Aussagen über die Bedingungen bei industrieller Serienfertigung unter baupraktischen Voraussetzungen sowie über das Verhalten im Gebrauch zu gewinnen, wurde als Pilotbauwerk der neue Mehrzwecksaal in Arbon mit diesem System ausgeführt (Bild 1). Ein Holzraumfachwerk überspannt den Grundriss von 27 x 45 Metern. Die statisch hochbeanspruchten Stäbe, ungefähr ein Drittel von insgesamt 1300 Stäben, sind in verleimtem Buchenholz gefertigt.

Die neue, zweispurige Strassenbrücke aus Holz in Eggiwil ist ebenfalls ein Beispiel der Anwendung, ermöglicht durch die Verwendung von hochfestem Holz (Bild 2). Unter normalen Verkehrslasten (Achslast von 180 kN) musste bei 6,5 Metern Fahrbahnbreite eine Spannweite von 30 Metern überbrückt werden. Das vom Ingenieur dafür gewählte Konzept beruht darauf, die bekannten Vorzüge der klassischen gedeckten Holzbrücke mit dem Zweigelenkbogen als statischem Haupttragelement beizubehalten. Die Bogen bestehen aus normalem verleimtem Nadelholz. Die beschränkte Bauhöhe zwang aber dazu, die Querträger entweder in Stahl oder aber, wie geschehen, in hochfestem Holz auszubilden. Ähnliches galt bei den Hängern, welche ebenso in verleimtem Buchenholz ausgeführt und mit entsprechender Verbindungstechnik (Anschlusskraft 500 kN) auf kleinstem Platz an die Querträger angeschlossen sind.

Quervorspannung von Holz

Die Quervorspannung, ebenso eine Entwicklung und Anwendung ausserhalb der Norm, ermöglicht in gewissen Fällen eine Verminderung der starken Anisotropie von Holz. Zwischen den Festigkeiten längs und quer zur Faser bestehen beim Holz ausgeprägte Unterschiede, namentlich bei Zugbeanspruchung. Der Holzbaufachmann weiss diese Eigenschaften üblicherweise durch geeignete Massnahmen zu umgehen. Er legt die Tragkonstruktionen so an, dass die Beanspruchungen vor allem längs zur Faser abgetragen werden.

Für Plattenelemente aus Holz ist dies jedoch nicht möglich. Eine Querverteilung der Kräfte, und damit eine tatsächliche statische Plattenwirkung, kann erst durch die Quervorspannung erreicht werden, ein Verfahren, bei dem das Holz in gewissen Abständen durch eingelegte, hochfeste, vorgespannte Spannstähle quer zur Faser zusammengedrückt wird. Dadurch wird sowohl die Tragfähigkeit als auch die Steifigkeit des Tragwerks deutlich gesteigert. Dies sind Vorteile, die sich in erster Linie für Fahrbahnen von Holzbrücken nutzen lassen. Für geringeren Unterhalt und besseren Fahrkomfort sind grundsätzlich durchgehende Fahrbahnbeläge erwünscht. Der bis anhin übliche Unterbau mit vernagelten Bohlenlagen ergab eine nur ungenügende Steifigkeit. Risse und Undichtigkeiten im Belag waren die Folgen, was schliesslich die Unterkonstruktion nach und nach vermodern liess.

Bei der beschriebenen Strassenbrücke besteht die Fahrbahn deshalb aus einer einteiligen grossflächigen Holzplatte von 6,5m x 30 m. Stehende, imprägnierte Tannenholzlamellen, verleimt und mittels Spannstählen quer verspannt, bilden die Fahrbahntafel. Diese übernimmt zugleich die Funktion als Windscheibe. Die Vorspannung ergibt ausserdem eine Dimensionsstabilisierung. Die unvermeidlichen Feuchteschwankungen führen deshalb zu geringeren Formänderungen. Erst diese stabile, steife, hochbelastbare und grossformatige Platte ermöglicht den Aufbau eines dauerhaften Belages.

Abgeleitet von kanadischen Ausführungen, wurde diese Bauart vereinfacht und für den Kleinbrückenbau weiterentwickelt. Ziel ist die Anwendung für Brücken von Walderschliessungsstrassen, welche bis heute mehrheitlich als Betonplatten-Brücken ausgeführt sind. Holz fand hier bestenfalls als Schalungsmaterial Verwendung.

Der Aufbau einer derartigen Brücke ist ebenso einfach wie einleuchtend: In Tragrichtung stehende, imprägnierte Bretter, lose nebeneinander gelegt, werden mittels vorgespannten Spannstählen zusammengehalten. Um die Kräfte der Quervorspannung einzuleiten, sind die Randglieder in Hartholz ausgeführt. Bedingt durch die Länge der Bretter sind Spannweiten bis ungefähr 6 Metern möglich (Bild 3). Neben gezielten Labortests liegt das Schwerge-



Bild 3. Brücke für Walderschliessungsstrassen

wicht der Untersuchungen an der ETH Zürich darin, das Verhalten einiger bereits ausgeführter Brücken zu beobachten.

Diese Bauweise bietet sich auch als effiziente Sanierungsmassnahme alter Holzfahrbahnen an. Durch versetzt angeordnete Brettstösse, vernagelt mit dem benachbart durchlaufenden Brett, sind Fahrbahnen grösserer Länge herstellbar. Derart vorgefertigte Platten lassen sich auf die bestehenden Querträger der zu reparierenden Brücke einschieben. Ebenso sind konfektionierte vorgespannte Plattenelemente aus Kanthölzern als Fahrbahntafeln mobiler Behelfsbrücken möglich.

Ein neues Selbstbewusstsein schaffen

Betrachten wir die heutigen Normen und die Art und Weise, wie sie gemeinhin angewendet werden, so ist ein gewisses Missverhältnis, sind Missverständnisse zwischen Ingenieur und Norm nicht zu übersehen. Die Identität und das Selbstverständnis des Ingenieurs sollte meines Erachtens heute neu überdacht werden. Fachkenntnis und Erfahrung des Ingenieurs müssen neben der Norm ihren angemessenen Platz wiederfinden. Bauweisen haben nur dann eine Zukunft, wenn durch innovative und kreative Ingenieurtätigkeit tatsächlich neue Lösungen angestrebt und gefunden werden und wenn diese mit Risikobereitschaft, Eigenverantwortlichkeit und Begeisterung angegangen und ausgeführt werden.

Adresse des Verfassers: *A. Steurer*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Wissenschaftlicher Adjunkt am Institut für Baustatik und Stahlbau, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.

Dieser Text ist die überarbeitete Fassung eines Vortrags, gehalten am 5. Juni 1987 an der Dreiländer-Holztagung in Innsbruck.

Zusammengesetzte Holzstäbe mit unsymmetrischem zweiteiligem Querschnitt

In der Norm SIA 164 (1981) «Holzbau» sind im Abschnitt 3 32 3 Formeln für die Berechnung zusammengesetzter Druckstäbe angegeben. Für den zweiteiligen Querschnitt gilt die unter 3 32 33 enthaltene Beziehung für J_{eff} allerdings nur, falls die y-Achse eine Symmetrieachse darstellt. Der für einfachsymmetrische Querschnitte verallgemeinerte Ausdruck soll deshalb angegeben werden.

Zudem werden Biegestäbe mit einem ähnlichen Querschnitt untersucht. Es zeigt sich dabei, dass die in der Norm aufgeführten bzw. berichtigten Beziehungen, die einer sinusförmigen Momentenverteilung entsprechen, auch bei Trägern unter konstanter Querbelastung eine gute Näherung darstellen.

VON PIERRE DUBAS, ZÜRICH

Für den zweiteiligen Querschnitt, mit den Bezeichnungen nach Bild 1 (grundsätzlich entsprechend der Norm *SIA 164*), geht die von Stüssi bereits 1947 [1] abgeleitete Beziehung (S. 264) beim Übergang auf unendlich kleine Abstände zwischen den Verbindungsmitteln mit dem Verschiebungsmodul

$$c^* = C \cdot n_V/\ell$$

pro Längeneinheit (n_V = Anzahl der Verbindungsmittel über die Stablänge ℓ) in folgende Differentialgleichung:

$$L'' - \omega^2 \cdot L + \gamma \cdot M = 0$$

$$\text{mit } \omega^2 = \frac{c^*}{E} \cdot \frac{A_1 \cdot a_1 \cdot (h/2) + \Sigma J_i}{A_1 \cdot (2a_1/h) \cdot \Sigma J_i}$$

$$\gamma = \frac{c^* \cdot (h/2)}{E \cdot \Sigma J_i}$$

$$\text{und } a_1 = \frac{A_2 \cdot (h/2)}{A_1 + A_2}$$

Der Ausdruck im Zähler der Beziehung für ω^2 entspricht dem Trägheitsmoment J_{tot} (in [1] als J_n bezeichnet) des Querschnittes mit starrer Fuge, d. h. dem nach der klassischen Biegelehre ermittelten Querschnittswert.

In der obenstehenden Form gilt die Differentialgleichung auch für andere Querschnittsanordnungen, mit entsprechenden Beziehungen für ω^2 und γ. Für den dreiteiligen symmetrischen Querschnitt sei auf [1], S. 259, sowie auf [2], S. 136, hingewiesen.