Ultraschall garantiert Sicherheit: neue Chancen für den Holzbau

Autor(en): **Kudrnovski, Irena / Moix, Michel**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **110 (1992)**

Heft 22

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77921

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

Ultraschall garantiert Sicherheit

Neue Chancen für den Holzbau

Die Baueigenschaften des Holzes konnten bis anhin nicht exakt festgestellt und in Zahlen angegeben werden. Darunter litt die Konkurrenzfähigkeit des Holzes gegenüber anderen Baumaterialien wie Stahl und Beton, deren Baueigenschaften man genau bestimmen kann. Dank der Ultraschall-Methode ist das Holz jetzt auch berechenbar. Erforscht und bis zur Praxisreife gebracht wurde die Anwendung des Ultraschalls für Holz von der ETH Lausanne. Finanzielle Unterstützung fand das Projekt beim Impulsprogramm Holz.

VON IRENA KUDRNOVSKI, WINTERTHUR, UND MICHEL MOIX, MONTHEY

Ein Problem beim Holzbau ist, dass das Holz nicht wie ein Industrieprodukt von immer gleicher Qualität ist. Das Naturprodukt Holz besitzt eine Vielzahl von individuellen Eigenschaften, die seine Eignung als Baustoff bestimmen. So hängt zum Beispiel die Geschmeidigkeit und Bruchresistenz eines Baums von verschiedenen Faktoren ab: wie schnell er gewachsen ist, wieviel Nährstoffe und Licht er gehabt hat, in was für einer Umgebung er gewachsen ist usw.

Um nur eine mechanische Eigenschaft herauszugreifen: Die Biegefestigkeit des Holzes schwankt zwischen mehreren Balken der gleichen Holzart im Verhältnis 1 zu 5 und kann sogar innerhalb eines gleichen Balkens in einem ähnlichen Verhältnis variieren. Ausserdem hängt die Biegefestigkeit des Holzes von der Grösse des Balkens, von der Belastungsdauer sowie von der Holzfeuchte und den Holzfeuchteänderungen ab. Die Berechnungen des Ingenieurs werden durch diese zahlreichen Einflussfaktoren nicht eben erleichtert. Als Basis dient dem Ingenieur die SIA-Norm 164 Holzbau.

Mangelhafte Holzqualität - gravierende Konsequenzen

In der SIA-Norm 164 wird zwischen der Festigkeitssortierung für Holz mit vorwiegend tragendem Einsatz und der sogenannten Erscheinungssortierung mit anderen Sortierkriterien für Holz mit vorwiegend gestalterischen Funktionen unterschieden. Die Sortierung ist ein Verfahren, das eine bestimmte Qualität für eine gegebene Anwendung gewährleisten soll. Die Verwendung von Material mit mangelhafter Qualität kann je nach Funktion unterschiedliche Folgen haben. Bei tragendem Einsatz kann die Sicherheit des Bauwerks beeinträchtigt werden, und dies kann gravierende Konsequenzen nach sich ziehen. Für tragendes Holz bedeutet gute Qualität eine ausreichende Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit.

Das Stammholz wird, zumeist vom Säger, vor dem Einschnitt gemäss der SIA-Norm 164 in drei Festigkeitsklassen eingeteilt. Die Sortierung des Holzes erfolgt visuell. Das heisst, dass der Säger aufgrund von verschiedenen Merkmalen wie z.B. Dicke und Länge des Stammes, Astigkeit, Dichte der Jahrringe, Verwindungen usw. das Holz begutachten und den drei Klassen zuteilen muss. Das Holz in der Klasse 1 sollte die beste Qualität aufweisen. Um die Sicherheit der Bauwerke gewährleisten zu können, wird das Holz oft in eine tiefere Klasse eingeteilt, als es dessen Qualität entsprechen würde. So werden bei der Beurteilung nach SIA-Normen nur 5% der höchsten, also der Festigkeitsklasse 1 zugeteilt.

Visuelle Sortierung: ungenau

Wie schwierig es selbst für ausgewiesene Säger ist, mit der traditionellen visuellen Methode Baumstämme zu sortieren, belegt ein Versuch, der im Rahmen des NFP 12-Projekts "Eigenschaften des Schweizer Holzes" (nähere Angaben zu NFP 12 siehe im Kästchen) durchgeführt wurde: Auf dem Rundholzplatz der Holzfachschule Biel lagerte man Baumstämme aus allen geographischen Gebieten des Kantons Bern und liess dann ein Dutzend Säger und Schüler der Holzfachschule die Stämme mit der visuellen Methode sortieren. Anschliessend wurden die gleichen Stämme mit der Ultraschall-Methode sortiert und die Ergebnisse miteinander verglichen.

Das Ergebnis fiel für die Fachleute ernüchternd aus: Die Treffsicherheit betrug insgesamt etwa 50%. In einigen Fällen wurde Holz, das, wie mit Ultraschall ermittelt wurde, in die Klasse 1 gehörte, der Festigkeitsklasse 3 zugeteilt und umgekehrt.

Schweizer Holz: nicht richtig ausgenützt

Ein anderer Versuch im Rahmen des NFP 12 zeigte ebenfalls die unbefriedigende Situation des visuellen Sortierverfahrens. Das Projekt hatte die Aufgabe, die Eigenschaften der beiden wichtigsten Bäume für die Bauwirtschaft – der Rottanne (Fichte) und der Weisstanne – zu analysieren. Der Projektleiter des NFP 12, Dr. Gustave Marchand, hält dazu folgendes Bild fest: Für Konstruktions- und Schreinerholz bestänen zwar ausführliche Sortiervorschriften; Untersuchungen würden jedoch beweisen, dass damit keine trennscharfen Festigkeitsklassen gebildet werden könnten. Der subjektive Ermessensspielraum sei viel zu gross.

Diese Auffassung wird durch den Direktor des Lehrstuhls für Holzkonstruktionen der ETH Lausanne, Prof. Julius Natterer, bestätigt: «Sehr hohe Anteile an bester Qualität von Schweizer Holz werden überhaupt nicht ausgenutzt, weil man sie bisher nicht ausgeschieden hat. Bei einer Holzkonstruktion sind heute noch die fünf

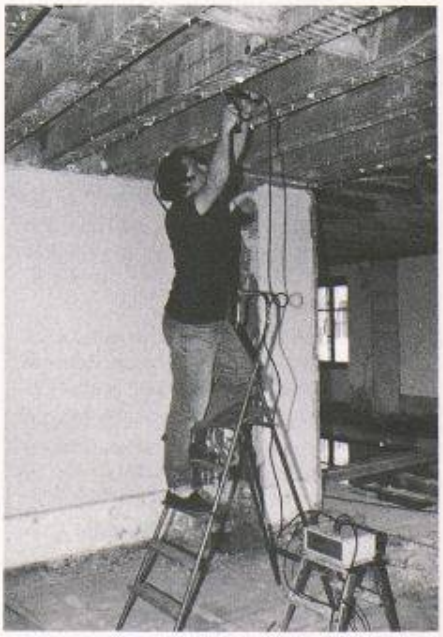


Bild 1. Mit der Ultraschall-Messung kann mit Sicherheit gesagt werden, welches Gewicht die Balkenlage aushalten kann

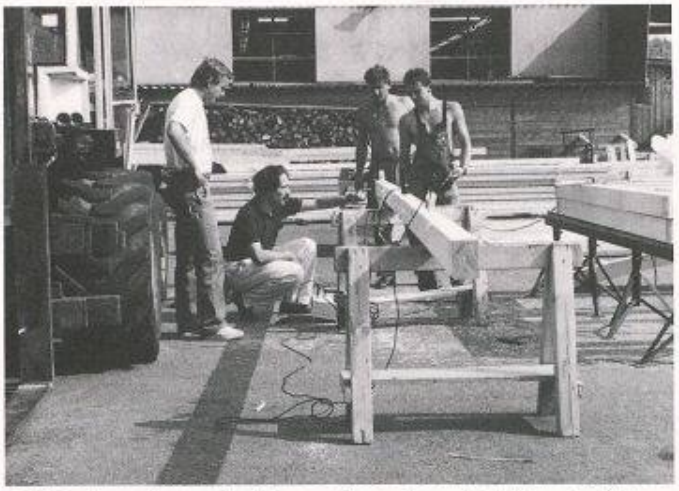


Bild 2. Instruktion der Zimmerleute über die Ultraschall-Messung bei Balken

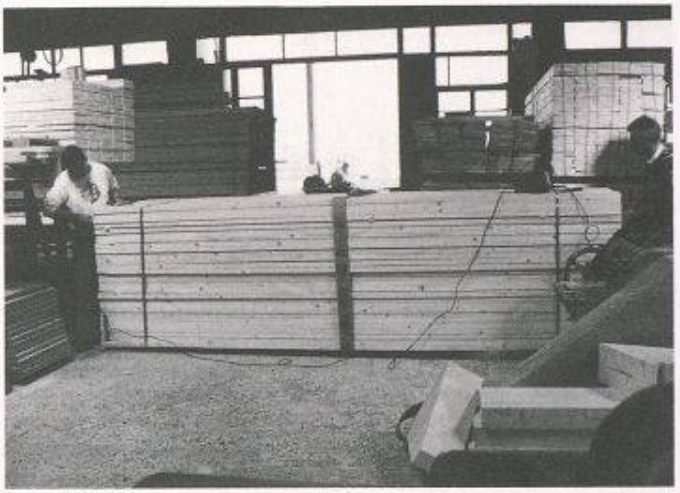


Bild 3. In einem handelsüblichen Bretterstapel der Festigkeitsklasse 2 findet man dank Ultraschall bis zu 50% Holz der Festigkeitsklasse 1

schlechtesten Prozente ausschlaggebend für die Wahl der zulässigen Spannung, und damit ist die durchschnittliche Sicherheitsmarge viel zu hoch. Wir müssen darum die besten Stämme unbedingt identifizieren.» In der Folge wurden die Forschungsergebnisse vom NFP 12 durch ein Programm «Ultraschallprüfung» ergänzt. Finanzielle Unterstützung fand das Programm beim Impulsprogramm Holz, welches vom Bundesamt für Konjunkturfragen koordiniert wird (Näheres siehe im Kästchen).

Festigkeitsklasse 1: 5% oder 50%?

An der ETH Lausanne führte der Verantwortliche für die Forschung beim Lehrstuhl für Holzkonstruktionen, Dr. Jean-Luc Sandoz (gleichzeitig Assistent von Prof. Julius Natterer), eine Doktorarbeit über die Sortierung und die Funktionssicherheit des Konstruktionsholzes sowie die Gültigkeit der Ultraschallmethode durch. Die Ergebnisse dieser Arbeit erlauben den Schluss, dass die visuelle Methode kompliziert, ungewiss und unwirtschaftlich sei. Nach der visuellen Sortierung gemäss den SIA-Normen werden 5% des Schweizer Holzes in die Festigkeitsklasse 1 eingeteilt. Die Messungen mit Ultraschall zeigten indessen, dass 50% des Holzes in die Festigkeitsklasse 1 gehört. Die Messungen haben auch ergeben, dass innerhalb der Festigkeitsklasse 1 sich sogar noch qualitativ besseres Holz befindet, also eine nach SIA-Normen nicht existierende «Klasse 0». So findet man das qualitativ beste Holz, aufgrund der heute üblichen Sortierung, bei den Sägereien und Zimmereien zumeist in der Festigkeitsklasse 2.

Literatur

[1] *Dr. G.E. Marchand,* Eigenschaften des Schweizer Tannenholzes, Schlussbericht des NFP 12-Projektes

[2] *M.H. Kessel und J.L. Sandoz,* Zur Effizienz der Festigkeitssortierung von Fichtenholz, Vergleich europäischer Normen, Holz als Roh- und Werkstoff, Springer Verlag, 1989

[3] *J.L. Sandoz,* Bois suisse dans les constructions: le triage ultrason, Journal de la Construction N° 5 du 1er mars 1991

[4] *René Steiger* (ETH Zürich), Festigkeitssortierung von Kantholz mittels Ultraschall, Holz-Zentralblatt Nr. 59 vom 17. Mai 1991, Stuttgart

[5] *Michael Hoeft et Jean-François Kaelin,* Halle d'exposition en planches vissées, Journal de la Construction N° 17 du 1er septembre 1991

[6] *Werner Catrina,* Holzwege. Schweizer Holz – verkannter Rohstoff, Orell Füssli, 1989

Die Ultraschall-Messmethode

Die Ultraschall-Messmethode basiert im wesentlichen auf einer physisch erfassbaren Beziehung zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwelle im Holz und dessen mechanischen Eigenschaften. Weil die Feuchtigkeit und die Temperatur des Holzes die Ausbreitungsgeschwindigkeit beeinflussen, werden auch diese Grössen gemessen und bei der Auswertung mitberücksichtigt. Die Ultraschall-Methode eignet sich sowohl zur Sortierung von Rund- und Schnittholz in Qualitätsklassen als auch zur Bestimmung von Biegeelastizitätsmodul und Biegebruchspannung dieser Hölzer. Im Frühjahr 1991 begannen die ersten Praxisbetriebe mit der Anwendung der Ultraschall-Messmethode.

Beispiele aus der Praxis

Welchen Nutzen man als Zimmereibetrieb oder Brettschichtholzhersteller aus der Ultraschall-Methode ziehen kann, zeigt folgendes Beispiel: Für eine Reitschule in Neuchâtel erhielt ein Walliser Brettschichtholzhersteller den Auftrag, sechs Brettschichtholz-Binder zu fertigen. Jeder Binder muss eine Last von 40 000 kg tragen. Da die Binder nicht überall gleich stark belastet werden, genügt es, wenn nur an ganz bestimmten Stellen Bretter überdurchschnittlicher Qualität eingebaut werden. Mittels Ultraschall wurden aus dem Holzsortiment der Festigkeitsklasse 2 des Brettschichtholzbetriebs die stärksten Bretter ermittelt. Der Einbau von Brettern der Klasse 1 an den am meisten belasteten Stellen erlaubte es, die Binder dünner und leichter zu machen. Die ursprünglich vorgesehene Höhe von 1.36 m konnte auf 1.26 m reduziert werden. Es wurden also 8% Holz im Wert von Fr. 2000 bis 3000 eingespart.

Die Ultraschall-Messung kann sowohl bei neuen Holzbauten als auch bei bestehenden Gebäuden, die renoviert und saniert werden müssen, als Arbeitsmethode angewandt werden. So setzt im Kanton Waadt ein Ingenieur die Ulraschall-Methode bei Expertisen ein. In einem konkreten Fall musste eine der Expertisen gemacht werden, weil die Dachbalken eines neuerstellten Hauses dem Bauherrn und dem Architekten zu schwach schienen und sie deshalb um die Sicherheit des Baus besorgt waren. Der Ingenieur stellte fest, dass die verwendeten Balkenquerschnitte nicht der

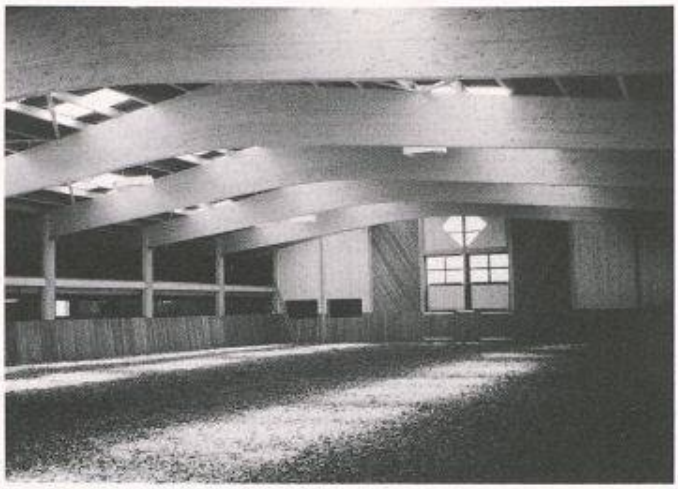


Bild 4. Die Bretter für die stark belasteten Stellen dieser Reithalle in Neuchâtel wurden mit Ultraschall gemessen. Dadurch konnten rund 8% Holz eingespart werden

SIA-Norm entsprachen. Demgegenüber ergaben jedoch die Messungen mit Ultraschall eine ausserordentlich hohe Festigkeit des verwendeten Holzes. Dank dieser hohen Qualität der Balken mussten sie weder ausgewechselt noch ersetzt werden, und die Sicherheit war trotzdem gewährleistet.

Bei Renovationen ist die Beantwortung der Frage wichtig, ob die Bausubstanz erneuert oder ersetzt werden muss oder nicht. Das Ergebnis hat einen grossen Einfluss auf die Kosten und die Dauer der Renovationsarbeiten. Die Beantwortung dieser Frage war in einem andern konkreten Fall von Bedeutung, bei dem der Dachstock eines Hauses zu einer Wohnung auszubauen war. Der Architekt forderte die besprochene Expertise an, um die maximal zulässige Belastung der bestehenden Balkenlage des Dachbodens festzustellen. Visuell schätzte der Ingenieur, dass das Holz eine mittlere bis schwache Festigkeit aufweist. Die anschliessende Ultraschall-Messung aber zeigte, dass die Balken weniger belastbar waren, als man aus den Querschnitten und der visuellen Beruteilung berechnet hatte. Die ermittelte Belastungsgrenze musste bei der Anordnung der Trennwände und der Bad- und Kücheninstallationen berücksichtigt werden.

Fazit

Dank der Ultraschall-Methode wird das Holz berechenbar. Das erschliesst dem Schweizer Holz neue Märkte und macht es gegenüber anderen Baumaterialien, wie Stahl und Beton, konkurrenzfähig. Weil mit der Ultraschall-Messung die Tragfähigkeit des Holzes genau feststellbar ist, können feinere und somit leichtere Holzkonstruktionen erstellt werden. Dem Ingenieur gibt die Methode mehr Sicherheit für seine Berechnungen. Da mit Ultraschall eine genaue Sortierung möglich ist, lässt sich das Holz wirtschaftlicher ausnützen. Auch bereits eingebaute Hölzer, etwa bei Sanierungen, Renovationen und Restaurationen, können mit Ultraschall auf ihre Festigkeit hin untersucht werden.

Adressen der Verfasser: *Irena Kudrnovski*, St. Gallerstrasse 71, 8400 Winterthur, und *Michel Moix*, Ingenieur HTL, Lausanne, SIA-Mitglied, Zimmerei und Brettschichtholzfabrik, chemin du Rhône, 1870 Monthey 1.

Nationales Forschungsprogramm (NFP 12)

Der Bund als Besitzer des grössten Teils der Schweizer Wälder, nämlich etwa 70%, hat verschiedene Projekte zugunsten der Wald- und Holzbranche initiiert und finanziert. So genehmigte der Bundesrat 1982 das Nationale Forschungsprogramm 12 «Holz, erneuerbarer Rohstoff- und Energiequelle» (NFP 12). Das Projekt sollte den Anstoss zu verschiedenen Forschungen im Bereich Wald- und Holzwirtschaft geben. Denn, obwohl der natürliche Rohstoff Holz über vielfältige Qualitäten verfügt, stecken einzelne Holzbranchen in einer Krise. Ungenügende Nutzung unserer Wälder und die internationale Konkurrenz sind nur zwei der zahlreichen Probleme.

Impulsprogramm Holz (IP Holz)

Das 1986 vom Bund gestartete, mit 17 Mio. Franken dotierte Impulsprogramm Holz hat zum Ziel, Schweizer Holz zu fördern, als wirtschaftlicher, konkurrenzfähiger Bau-, Werk- und Energiestoff. Fachleute aus allen Holzbranchen haben gemeinsam das Wissen über Holz auf die Anforderungen von morgen hin aufgearbeitet und in die Praxis umgesetzt. Heute haben sich bereits über 10 000 Kaderleute in IP-Holz-Kursen weitergebildet und ihr neues Wissen in die Unternehmungen hineingetragen. Viele IP-Holz-Dokumentationen sind in Schulen, Betrieben und Büros als neue Standardwerke für die moderne Holzbe- und -verarbeitung bereits unentbehrlich geworden. Die Impulse haben gezündet. Einer darunter ist die Bauholz-Messmethode mit Ultraschall.

Kontaktpersonen

- Dr. Jean-Luc Sandoz, ETH Lausanne Tel. 021/693 23 95
- Prof. Ernst Gehri, ETH Zürich Tel. 01/377 31 75
- Lignum, Schweizerische Union für Holz, Tel. 01/261 50 57 Technischer Dienst, Zürich
- Dr. Balz Gfeller, Holzfachschule Biel Tel. 032/41 42 96
- Michel Moix, Ingenieur mit eigener Zimmerei und Brettschichtholzfabrik, Monthey, Tel. 025/71 20 25
- Hr. Pierre Favre, Firma Cableries et Trefileries de Cossonay SA, Cossonay (Produzent des Ultraschall-Messgeräts), Tel. 021/861 81 11