

## Die Ästigkeit des in den Leimbaubetrieben verwendeten Schnittholzes

F. Colling und R. Dinort

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität (TH) Karlsruhe

An insgesamt 456 Brettern wurden die KAR-Werte der vorhandenen Äste sowie deren Lage im Brett ermittelt. Die Bretter stammten aus drei verschiedenen Wuchsgebieten und von jeder Güteklasse wurden zwei Brettbreiten untersucht. Hierbei wurde festgestellt, daß weder das Wuchsgebiet noch die Brettbreite einen statistisch gesicherten Einfluß auf die Ästigkeitsverteilung besitzen, und daß die Unterschiede zwischen den Güteklassen geringer sind als erwartet.

### The knot frequency of conifer timber used in glulam factories

The KAR-values of the occurring knots from 456 boards, as well as their position in the boards were investigated. The boards came from three different growth areas; two various board widths of each grade were examined. The results showed that neither the growth area, nor the board width have a statistically based influence on the knot distribution, and that the difference between grades is not as important as expected.

### 1 Allgemeines

In dem von Ehlbeck et al. (1985a) entwickelten Rechenmodell zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Brettschicht-holz(BSH)-trägern werden die Lamellen in 15 cm lange Brettabschnitte (im folgenden Zelle genannt) unterteilt. Kennt man die Rohdichte und die Ästigkeit der Zellen, so können der Elastizitätsmodul und die Festigkeit jeder Zelle mit Hilfe von Regressionsgleichungen bestimmt werden. Ein Finite-Elemente-Programm berechnet dann die Tragfähigkeit des BSH-Trägers. Sind jedoch weder Ästigkeit noch Rohdichte der Bretter bekannt, so werden diese Holzeigenschaften den einzelnen Zellen in einem Simulationsprogramm zugeordnet. Hierzu sind Angaben über die Auftretenshäufigkeit und Regelmäßigkeit dieser Holzeigenschaften erforderlich. Ehlbeck et al. (1985b) untersuchten die Ästigkeit von insgesamt 90 Brettern, die alle aus einem Leimbaubetrieb entnommen wurden. Im Rahmen eines weiterführenden Forschungsvorhabens (Ehlbeck, Colling 1987) wurde an weiteren 366 Brettern die Ästigkeit untersucht.

### 2 Versuchsmaterial

In den deutschen Leimbaubetrieben werden fast ausschließlich Bretter aus den Wuchsgebieten Deutschland/Österreich, DDR/Bayerischer Wald und Skandinavien verarbeitet. Ziel dieser Untersuchungen war es, festzustellen, ob und inwieweit die Ästigkeitsverteilung der einzelnen Güteklassen vom Wuchsgebiet abhängig ist.

Tabelle 1. Versuchsmaterial

Anzahl der Bretter	Güteklasse nach DIN 4074	Querschnitts-abmessungen B × H mm	Wuchsgebiet	Firma
88	I	100 × 36	Deutschland/ Österreich	A
157	II			
14	III			
20	I	210 × 38		
20	II			
20	I	130 × 36	DDR/ Bayerischer Wald	B
20	II			
19	I	170 × 32		C
21	II			
20	I	112 × 36	Skandinavien	D
24	II			
15	I	195 × 36		
18	II			

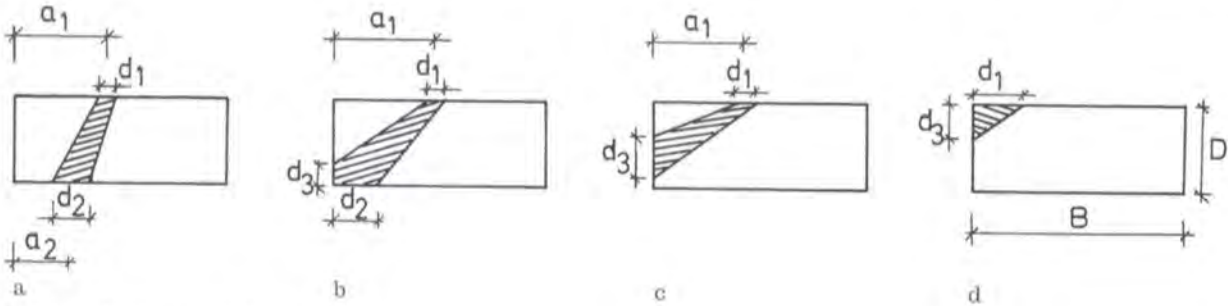
Außerdem sollte untersucht werden, ob die Brettbreite einen Einfluß auf die Ästigkeitsverteilung ausübt.

Somit wurden die insgesamt 456 Bretter je nach Güteklasse, Wuchsgebiet und Querschnittsabmessungen in 13 Gruppen eingeordnet (Tabelle 1).

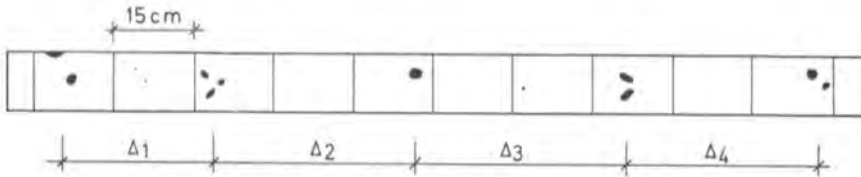
Bei der Probenentnahme in den Leimbaubetrieben stellten wir fest, daß so gut wie keine Bretter der Güteklasse III mehr verarbeitet werden. Die Ästigkeitsverteilung dieser Güteklasse wurde somit nur für eine Brettbreite des Wuchsgebietes Deutschland/Österreich untersucht. Im Rahmen dieser Arbeit wird darauf jedoch nicht näher eingegangen.

### 3 Bestimmung der Ästigkeit

In den in Abschnitt 1 erwähnten Regressionsgleichungen zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls und der Festigkeit einer Zelle geht neben der Rohdichte der sog. KAR-Wert (Knot Area Ratio) nach den Richtlinien der ECE (Economic Commission for Europe, 1982) als Maß für die Ästigkeit ein. Dieser KAR-Wert ist die auf den Brettquerschnitt projizierte Astfläche, wobei sich der gesamte KAR-Wert aus der Summe aller in einem Querschnitt vorhandenen Äste ergibt. Hierbei werden alle Äste, die innerhalb eines 15 cm-Brettabschnitts auftreten, zu einem KAR-Wert zusammengefaßt (ECE u. DIN 4074).



**Bild 1a-d.** Vorkommende Asttypen  
**Fig. 1a-d.** Occuring knot types



**Bild 2.** Typischer Ästigkeitsverlauf in Brett längsrichtung  
**Fig. 2.** Typical longitudinal knot frequency

Zur Bestimmung des KAR-Wertes ist es erforderlich, die Lage des Astes im Querschnitt genau zu kennen. Aus diesem Grund wurden nur Bretter ausgesucht, bei denen die Markröhre außerhalb des Brettquerschnitts verlief. Somit ergaben sich die 4 Asttypen in Bild 1. Bei der Aufnahme der Ästigkeit nach Bild 1 wurden nur Äste mit einem Durchmesser größer als 5 mm berücksichtigt. Neben den in Bild 1 angegebenen Maßen zur Bestimmung des KAR-Wertes eines Astes wurde auch der Verlauf der Ästigkeit in Brett längsrichtung aufgezeichnet. Bild 2 zeigt ein Brett mit typischem Ästigkeitsverlauf.

Hierbei wurde auch der Abstand zwischen großen Ästen bzw. Astansammlungen gemessen. Dieser durch das Wachstum bedingte Astquirlabstand (Hauptastabstand) stellt eine wichtige Größe bei der Simulation des Ästigkeitsverlaufs in Brett längsrichtung dar.

Zur statistischen Auswertung der Ästigkeit wurde ein 15 cm-Raster über das Brett gelegt und der gesamte KAR-Wert jeder dieser Zellen bestimmt.

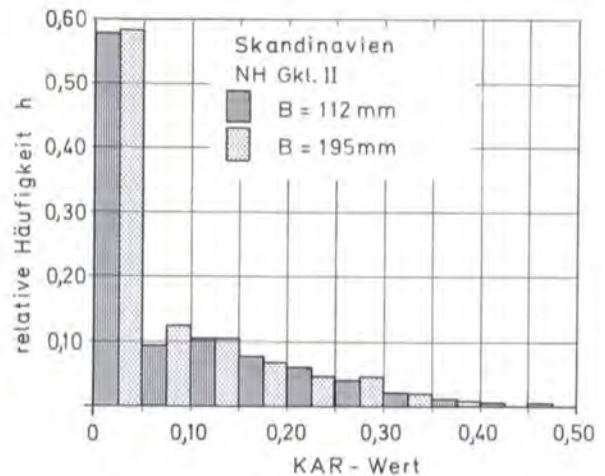
## 4 Auswertung der Ergebnisse

### 4.1 Einfluß der Brettbreite

Für jedes Wuchsgebiet und jede Brettbreite wurden die Ästigkeitsverteilungen der schmalen und der breiten Bretter miteinander verglichen.

Für das Wuchsgebiet Skandinavien ist dieser Vergleich für Bretter der Gkl. II in Bild 3 dargestellt. Hier ist (wie auch bei den Brettern der Gkl. I) die Tendenz erkennbar, daß bei den breiten Brettern ein größerer Anteil mit kleineren KAR-Werten vorhanden ist als bei den schmalen Brettern. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt darin, daß die breiten Bretter aus größeren Bäumen herausgeschnitten werden, deren Astwerk i. d. R. aufgelockerter ist als das kleinerer Bäume.

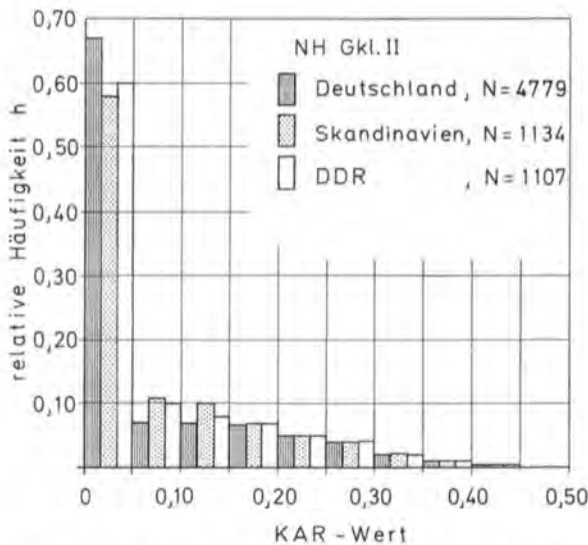
Diese Tendenz war auch bei den Brettern der Gkl. I aus dem Wuchsgebiet DDR/Bayerischer Wald zu beobachten, nicht jedoch bei den Brettern der Gkl. II. Dies ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß die Bretter für dieses Wuchsgebiet aus zwei verschiedenen Leimbaubetrieben stammten, und deutet auf den möglichen Einfluß der Gütesortierpraxis in den einzelnen Betrieben hin. Bei den Brettern des Wuchs-



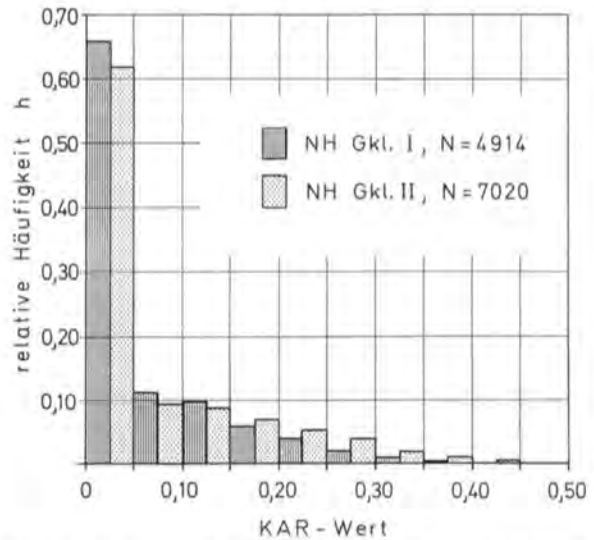
**Bild 3.** KAR-Häufigkeitsverteilung von zwei verschiedenen Brettbreiten (Wuchsgebiet Skandinavien, Gkl. II)  
**Fig. 3.** KAR histograms of two different board widths (growth area Scandinavia, grade II)

gebiets Deutschland/Österreich war es gerade umgekehrt: hier wurde die o. a. Tendenz bei den Brettern der Gkl. II bestätigt, bei den Brettern der Gkl. I jedoch nicht. Diese Bretter stammten zwar alle aus einem Leimbaubetrieb, jedoch dürfte der Grund für die unterschiedlichen Ästigkeitsverteilungen wiederum bei der Gütesortierung liegen: in diesem Betrieb erfolgt die Einteilung der Bretter in die verschiedenen Güteklassen nicht auf visuellem Wege, sondern hier wird die Ästigkeit indirekt über die im Astbereich auftretenden Rohdichtsprünge abgeschätzt. Differenzen zwischen der so ermittelten Ästigkeit und der tatsächlich vorhandenen sind nicht zu vermeiden. Die Tendenz, daß breite Bretter einen größeren Anteil an Zellen mit kleinem KAR-Wert aufweisen als schmale Bretter, konnte somit nicht statistisch einwandfrei bewiesen werden. Außerdem sind die Unterschiede in den Ästigkeitsverteilungen nicht so bedeutend, daß eine Unterscheidung nach der Brettbreite erforderlich wäre. Somit wurden im weiteren Verlauf der Auswertungen für jedes Wuchsgebiet alle Bretter einer Güteklasse, unabhängig von der Brettbreite, zu einer Stichprobe zusammengefaßt.





**Bild 4.** KAR-Häufigkeitsverteilungen der drei Wuchsgebiete (Gkl. II)  
**Fig. 4.** KAR histograms of the three growth areas (grade II)



**Bild 5.** KAR-Häufigkeitsverteilungen der Gkl. I und Gkl. II (alle Bretter)  
**Fig. 5.** KAR histograms of grades I and II (all boards)

4.2 Einfluß des Wuchsgebiets

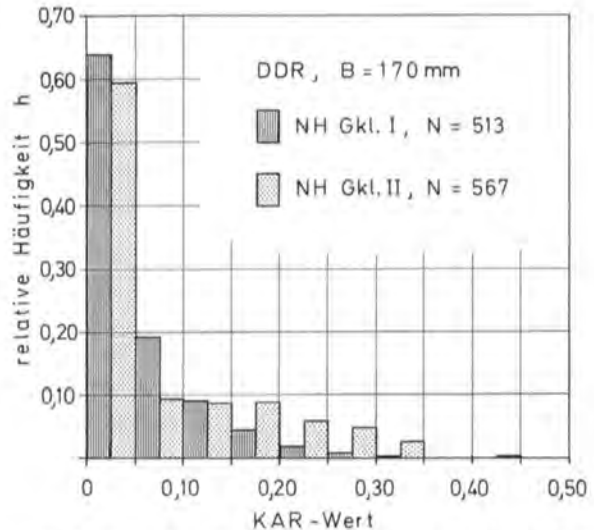
Für jede Güteklasse wurden die Ästigkeitsverteilungen der einzelnen Wuchsgebiete miteinander verglichen. In Bild 4 ist dieser Vergleich für die Gkl. II dargestellt. Hieraus geht hervor, daß im Bereich kleiner KAR-Werte gewisse Unterschiede bestehen, daß aber im Bereich größerer KAR-Werte, und diese sind ja für das Festigkeitsverhalten der Bretter von ausschlaggebender Bedeutung, die Verteilungen praktisch identisch sind. Deshalb wurden im weiteren Verlauf der Auswertungen alle Bretter einer Güteklasse, unabhängig von Wuchsgebiet und Brettbreite, zusammengefaßt.

4.3 Ästigkeitsverteilungen der einzelnen Güteklassen

In Bild 5 sind die Auftretenshäufigkeiten bestimmter KAR-Werte in einem 15 cm langen Brettabschnitt für Bretter der Gkl. I und II dargestellt. Aus diesem Bild geht hervor, daß ca. 2/3 aller Zellen einen KAR-Wert aufweisen, der kleiner als 0,05 ist, also praktisch fehlerfrei sind. Die Bretter der Gkl. II weisen zwar einen höheren Anteil großer KAR-Werte auf, jedoch sind die Unterschiede zwischen den beiden Häufigkeitsverteilungen nicht so ausgeprägt wie erwartet. Dies dürfte wiederum auf die Praxis der Gütesortierung in den Leimbaubetrieben zurückzuführen sein.

Die subjektive Einschätzung des Sortierenden bei der visuellen Gütesortierung und das hohe Arbeitstempo lassen vermuten, daß es zumindest in Grenzfällen zu einer mehr oder weniger zufälligen Zuordnung der Bretter in die einzelnen Güteklassen kommt. Diese Vermutung wird durch die Ästigkeitsverteilungen der Bretter (B=170 mm) aus dem Wuchsgebiet DDR/Bayerischer Wald bestärkt (Bild 6). In diesem Betrieb erfolgte die Gütesortierung der Bretter ohne Zeitdruck und im Beisein der Autoren.

Sollte sich bestätigen, daß es infolge der Praxis der Gütesortierung in den Leimbaubetrieben zu einem Annähern der beiden Güteklassen kommt, so erscheint es fraglich, ob die unterschiedlichen zulässigen Spannungen (siehe DIN 1052) noch gerechtfertigt sind.

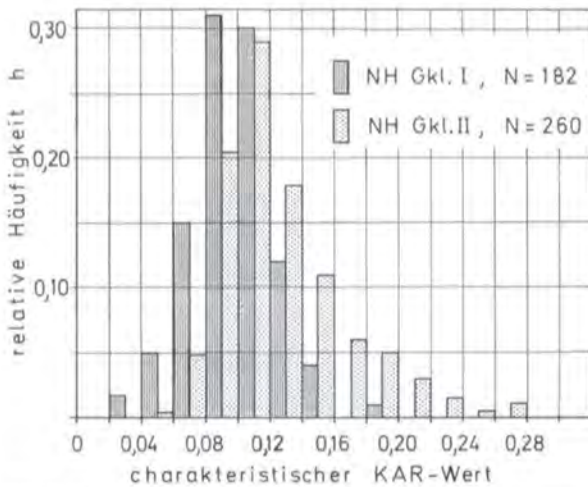


**Bild 6.** KAR-Häufigkeitsverteilungen der Gkl. I und Gkl. II (Wuchsgebiet DDR, Breite = 170 mm)  
**Fig. 6.** KAR histograms of grade I and grade II (growth area DDR, width = 170 mm)

4.4 Regelmäßigkeit der Ästigkeit

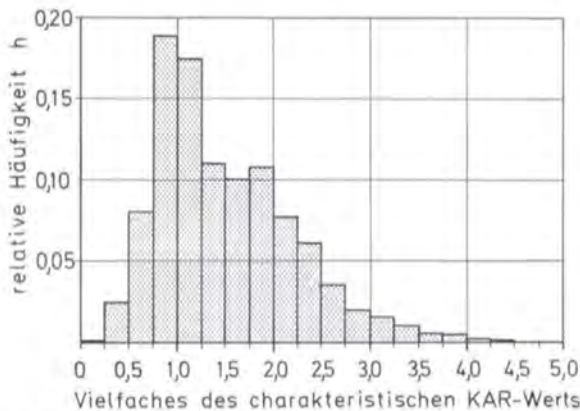
Bei der Aufnahme der Ästigkeit zeigte sich, daß nahezu in jedem Brett ein bestimmter Astdurchmesser immer wieder auftauchte. Die Auftretenshäufigkeit des zugehörigen charakteristischen KAR-Wertes ist für Gkl. I und Gkl. II in Bild 7 dargestellt. Aus diesem Bild ergibt sich ein mittlerer charakteristischer KAR-Wert für die Güteklasse I von  $\approx 0,10$  und für die Güteklasse II von  $\approx 0,125$ . Der gesamte KAR-Wert einer Zelle ergibt sich aus einem Vielfachen dieses charakteristischen KAR-Wertes, je nachdem wieviel Äste in dieser Zelle vorhanden sind (Bild 2) und welchem Asttyp diese angehören (Bild 1).

Bei der Auswertung der Ergebnisse ergaben sich völlig identische Häufigkeitsverteilungen dieses Vielfachen für die Güteklasse I und II. Deshalb ist in Bild 8 die Gesamtverteilung angegeben, die für Güteklasse I und II gültig ist.



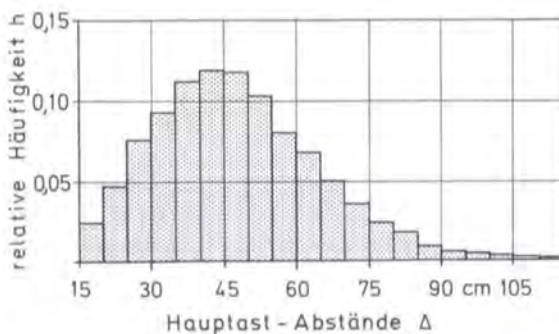
**Bild 7.** Häufigkeitsverteilung des charakteristischen KAR-Wertes für Gkl. I und Gkl. II

**Fig. 7.** Histogram of the characteristic KAR value for grades I and II



**Bild 8.** Häufigkeitsverteilung des Vielfachen des charakteristischen KAR-Wertes, gültig für Gkl. I und Gkl. II

**Fig. 8.** Histogram of the multiple of the characteristic KAR value, valid for grades I and II



**Bild 9.** Häufigkeitsverteilung der Hauptastabstände, gültig für Gkl. I und Gkl. II

**Fig. 9.** Histogram of the distance between major knots, valid for grades I and II

#### 4.5 Ästigkeitsverlauf in Brett längsrichtung

Bei jedem Brett wurden die Abstände zwischen den sog. Hauptästen (s. a. Abschnitt 3) gemessen. Auch hier ergaben sich keine Unterschiede zwischen Gkl. I und Gkl. II. In Bild 9 ist die Häufigkeitsverteilung der Hauptastabstände, gültig für beide Güteklassen, angegeben. Hieraus wird ersichtlich, daß im Mittel alle 45 bis 50 cm ein Hauptast auftritt. Bei einer Zellenlänge von 15 cm bedeutet dies, daß nur etwa in jeder dritten Zelle ein Hauptast auftritt (s. a. Abschn. 4.3).

Innerhalb eines Brettes streuten die Hauptastabstände jedoch nicht so stark, wie dies Bild 9 vermuten läßt: in rd. 80% aller Fälle betrug der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Hauptastabstand nur 15 bis 55 cm.

#### 5 Zusammenfassung

An insgesamt 456 Brettern wurden die KAR-Werte der vorhandenen Äste, sowie deren Lage im Brett ermittelt. Die Bretter stammten aus drei verschiedenen Wuchsgebieten und von jeder Güteklasse wurden zwei verschiedene Brettbreiten untersucht.

Die Auswertungen ergaben folgende Ergebnisse:

Weder die Brettbreite noch das Wuchsgebiet haben einen statistisch gesicherten Einfluß auf die Ästigkeit.

Die Unterschiede in den Ästigkeitsverteilungen der einzelnen Güteklassen sind geringer als erwartet.

Die Güteklassen unterscheiden sich nur durch die Größe für das jeweilige Brett charakteristischen Astes und nicht durch dessen Auftretenshäufigkeit in einer Zelle.

Der mittlere Hauptastabstand beträgt, unabhängig von der Güteklasse, 45 bis 50 cm.

Hierbei darf jedoch der Einfluß der in den Leimbaubetrieben durchgeführten Gütesortierung nicht vernachlässigt werden. Diese basiert i. d. R. auf der visuellen Sortierung und ist sehr von der subjektiven Einschätzung des Sortierenden abhängig und kann den Einfluß anderer Faktoren (wie z. B. Wuchsgebiet und Breite der Bretter) überdecken.

#### 6 Literatur

- Dinort, R. 1986: Ermittlung der Ästigkeitsverteilung in Brett längsrichtung. Vertiefungsarbeit am Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen der Universität Karlsruhe (unveröffentlicht)
- Ehlbeck, J.; Colling, F.; Görlacher, R. 1985a: Einfluß keilgezinkter Lamellen auf die Biegefestigkeit von Brettschichtholzträgern. Entwicklung eines Rechenmodells. Holz Roh-Werkstoff 43:333-337
- Ehlbeck, J.; Colling, F.; Görlacher, R. 1985b: Einfluß keilgezinkter Lamellen auf die Biegefestigkeit von Brettschichtholzträgern. Eingangsdaten für das Rechenmodell. Holz Roh-Werkstoff 43:369-373
- Ehlbeck, J.; Colling, F. 1987: Biegefestigkeit von Brettschichtholz in Abhängigkeit von Rohdichte, Elastizitätsmodul, Ästigkeit und Keilzinkungen der Lamellen, der Lage der Keilzinkungen sowie von der Trägerhöhe. Forschungsbericht der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abt. Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen. Universität Karlsruhe (in Vorbereitung)
- United Nations; Economic Commission for Europe 1982: ECE recommended standard for stress grading of coniferous sawn timber. Timber Bull. for Europe, Vol. XXXIV, Suppl. 16:1-17, Genf, Schweiz