

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 157 (2006)
Heft: 12

Artikel: Eigenschaften und Einsatz von Nadelstarkholz
Autor: Becker, Gero / Bender, Gerald / Leenen, Michael / Sauter, Udo Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098019>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Eigenschaften und Einsatz von Nadelstarkholz

GERO BECKER, GERALD BENDER, MICHAEL LEENEN und UDO HANS SAUTER

Keywords: Softwood; large diameter wood; properties; application. FDK 81 : 82 : 83 : 85

Problemstellung

Die Erziehung starken und wertvollen Stammholzes ist erklärtes Produktionsziel der Forstwirtschaft im Südwesten Deutschlands. Es steht im Einklang mit den Vorstellungen über eine naturnahe Waldbewirtschaftung, bei der in gemischten und stufigen Beständen unter Ausnutzung der natürlichen Verjüngung in langen Produktionszeiträumen gewirtschaftet wird, und entsprach auch lange Zeit den Anforderungen und Bedürfnissen der durch mittelständische Betriebe geprägten regionalen Sägewerke. Der Schwerpunkt der Rohholznachfrage hat sich jedoch heute aus produktions- und aus verwendungstechnischen Gründen in Richtung auf schwächeres und mittelstarkes Nadelstammholz verschoben. Die Folge sind hohe und weiter anwachsende Nadelstarkholzvorräte (Fichten und Tannen mit Brusthöhendurchmesser von über 50 cm) und eine Verschiebung der Preisrelationen zu Ungunsten dieses traditionellen Zielsortiments. Die Tatsache, dass starkes Nadelstammholz mit nachgewiesenermaßen hervorragenden Qualitätseigenschaften (z. B. geastete erste und zweite Stammabschnitte) nach wie vor Höchstpreise am Markt erzielen, zeigt, dass die heutigen Vermarktungsprobleme auch ihre Ursache in der Holzqualität des Nadelstarkholzes haben: Von der Verarbeiterseite werden dabei vor allem dimensions- und altersbedingte Strukturmerkmale, insbesondere innere Astigkeit und Risse, aber auch sekundäre Holzfehler wie Fäule, Stammschäden, Insektenbefall sowie Nasskern (Tanne, siehe *Abbildung 1*) ins Feld geführt.

Dabei spielt nicht nur das tatsächliche Vorhandensein dieser Merkmale eine Rolle, sondern es wird vor allem auch die Unsicherheit über die Lage und die Ausdehnung dieser Schäden im Stamminneren als Problem gesehen. Da mit zunehmendem Stammquerschnitt die Ansprache der inneren Holzqualität aufgrund von am Stammäusseren sichtbaren Merkmalen schwieriger wird, erhöht sich für den Verarbeiter mit steigender Rundholzdimension das Risiko, was zu Preisabschlägen führt. Es ergibt sich als Schlussfolgerung, dass ein mengenmässig und preislich verbesserter Absatz der vorhandenen und weiter anwachsenden Nadelstarkholzvorräte nur dann realisiert werden kann, wenn breitere und vertiefte Informationen über die zu erwartende Holzqualität vorliegen.

Stand des Wissens

Gezielte und durch quantitative Messungen gestützte Untersuchungen zur Qualität von Nadelstarkholz, d.h. über Baumstarkholz (BHD \geq 50 cm) bzw. Sägestarkholz (Mittendurchmesser \geq 45 cm o.R. bzw. Zopf \geq 40 cm o.R. sind eher selten. Für die Fichte sind die Arbeiten von GLOS *et al.* (2003), RECK (2002), AUKOEFER & GLOS (2000), GLOS & TRATZMILLER (1996), KRENN *et al.* (1992), BECKER *et al.* (1988), OLISCHLÄGER (1969), TAFFE (1954) zu nennen. Für die Tanne liegen unter anderem Untersuchungen von MEHLIN (2001), MAHLER *et al.* (1991) von PECHMANN & LIPPEMEIER (1975), LIPPEMEIER (1971), LÖFFLER (1968, 1966, 1964, 1961) und GROSS (1988) vor.

Insgesamt zeigen die bisher vorliegenden auf Nadelstarkholz bezogenen Holzqualitätsuntersuchungen, dass einzelne Stämme, Stammteile oder auch Querschnittsbereiche inner-



Abbildung 1: Nasskern an Tannenerdstamm.

halb von Stammabschnitten gute bis sehr gute Strukturmerkmale und Qualitätseigenschaften aufweisen können, die die Erzeugung von wertvollen Schnittholzprodukten erlauben. Es wird aber auch deutlich, dass ein erheblicher Teil des Nadelstarkholzes nur eine durchschnittliche Qualität aufweist oder sogar als geringwertig eingestuft werden muss und zudem das Risiko verborgener negativer Strukturmerkmale und Holzfehler mit zunehmender Dimension gegeben ist, und bis heute letztlich erst nach dem Einschnitt des Starkholzes zu entsprechenden Produkten (und damit sehr spät im Produktionsablauf) aufgedeckt und quantifiziert werden kann.

Zielsetzung, Untersuchungskonzept

Vor dem Hintergrund der aktuellen Vermarktungsprobleme und der unzureichenden Kenntnisse über die Holzqualität von Nadelstarkholz und ihrer Auswirkungen bei der Herstellung von Schnittholz wurde vom Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und der Abteilung Waldnutzung der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg eine breit angelegte Forschungsinitiative auf den Weg gebracht, in deren Rahmen unter anderem die bessere Einordnung und Beurteilung der Holzqualität von Nadelstarkholz erreicht werden soll. In diesem Kontext sind mehrere kooperative Dissertationsprojekte bearbeitet und kürzlich abgeschlossen worden (G. Bender, M. Leenen und M. SECKNUS (2006)). Über einige Ergebnisse der Arbeiten von BENDER (2006) und LEENEN (2006) wird im Folgenden zusammenfassend berichtet.

Oberziel beider Arbeiten war es, aufgrund äusserer Merkmale die Rundholzqualität von Tannen- und Fichtenstarkholz differenziert zu erfassen und dabei insbesondere starkholztypische qualitätsbeeinflussende Merkmale im Rahmen von empirisch angelegten Untersuchungen herauszuarbeiten. Nach dem Einschnitt des untersuchten Rundholzes war weiterhin zu

klären, wie sich auf der Ebene des Schnittholzes die innere Holzqualität tatsächlich darstellt, und welches hier die starkholztypischen entscheidenden Qualitätsmerkmale sind. In einer Zusammenschau von Rundholz- und Schnittholzdaten sollte schliesslich geprüft werden, ob und inwieweit die bisher übliche visuelle Qualitätsansprache am stehenden Baum und am Rundholz Rückschlüsse auf die Schnittholzqualität erlaubt.

Untersuchungsgegenstand war für beide Arbeiten Tannen- und Fichtenstarkholz, wie es im Rahmen der Vorratspflege aus alten, naturnah bewirtschafteten Waldbeständen im Wege der einzel- oder gruppenweisen Nutzung entnommen wird. Im Rahmen der Arbeit von BENDER (2006) wurden dabei an einem zahlenmässig begrenzten Untersuchungsmaterial die Qualitätsmerkmale des Rundholzes und des experimentell eingeschnittenen Schnittholzes sehr detailliert und in Bezug auf die Lage im Stamm erfasst und ausgewertet. Das Versuchsmaterial von LEENEN (2006) ist mengenmässig wesentlich umfangreicher, und die Erfassung der Qualitätsmerkmale von Rund- und Schnittholz erfolgte unter praxisnahen Bedingungen im Wald bzw. im Zuge der Bearbeitung im Sägewerk. Es handelt sich dabei also um eine Grosszahluntersuchung, bei der die Qualitätsmerkmale beschrieben, klassifiziert und in ihrer Auswirkung auf die Sortierergebnisse analysiert werden, und zwar vornehmlich um statistische Zusammenhänge aufzudecken.

Gemeinsam ist beiden Arbeiten das grundsätzliche Versuchsdesign, in dem die Holzqualität der Bäume am stehenden Stamm, an Rundholzabschnitten sowie Stück für Stück an den daraus hergestellten Schnittholzsortimenten erfasst wurde. Die folgende Übersicht gibt stichpunktartig einen Überblick über das Material beider Untersuchungen.

Untersuchungsmaterial und Datenerhebung

Für die Untersuchung von BENDER (2006) wurden in den ehemaligen baden-württembergischen (Starkholz-)Forstämtern Todtmoos, Gengenbach und Kirchzarten insgesamt vier Bestände ausgewählt: 1. Todtmoos: Ibach (Kleinfreiwald), 2. Todtmoos: Schwarzenbach, 3. Gengenbach: Nordrach (Lichtersgrund – Sommerseite), 4. Kirchzarten: Alpersbach (Gschwendewald).

Die Untersuchung LEENEN (2006) verwendete ebenfalls Material aus den beiden genannten Todtmooser Beständen sowie aus Beständen der ehemaligen baden-württembergischen Forstämter Bad Liebenzell, Triberg und Bad Rippoldsau-Schapbach. Damit wurde Material aus dem Südlichen, Mittleren und Nördlichen Schwarzwald, dem Hauptvorkommensgebiet von Nadelstarkholz in Baden-Württemberg, in die Untersuchung einbezogen.

Bender

- Detailuntersuchung auf Laborebene;
- Versuchsumfang: 22 Tannen (BHD: i.D. 66 cm) und 14 Fichten (BHD: i.D. 67cm);
- Stehender Stamm: detaillierte Qualitätsansprache nach BWI-2 Kriterien für Baden-Württemberg (0 bis 10 m Höhe), zusätzlich differenziert nach «guter» und «schlechter» Seite.
- Rundholz (Tanne: 82 m³, Fichte: 50 m³):
 - je 5 m lange Rundholzabschnitte (Tanne: 85 Stück, Fichte 56 Stück) aus dem Bereich von 0 bis 20 m Länge sowie
 - Stammscheiben (Tanne: 107 Stück, Fichte: 70 Stück), die zwischen den Abschnitten bzw. an deren Enden entnommen wurden.

- Schnittholz:
 - als hochwertige Produkte 457 Tannen- und 307 Fichtenbohlen (Tanne: 36 m³, Fichte: 24 m³) aus dem ersten und zweiten Abschnitt (0 bis 10 m) für die Qualitätssortierung nach dem Aussehen (DIN EN 1611-1);
 - als Bauholz für Konstruktionszwecke, 170 Tannen- und 118 Fichtenkanthölzer (Tanne: 5,4 m³, Fichte: 3,8 m³) der Dimension 160 × 80 × 2500 mm aus dem Kronenbereich (15 bis 20 m) für die visuelle Sortierung nach der Tragfähigkeit (DIN 4074-Teil 1).

Leenen

- Grosszahluntersuchung auf industrieller Ebene;
- Versuchsumfang: 574 Tannen (BHD: i.D. 67cm) und 197 Fichten (BHD: i.D. 70 cm);
- Stehender Stamm: detaillierte Qualitätsansprache nach BWI-2 Kriterien für Baden-Württemberg (0 bis 5 m und 0 bis 10 m Höhe);
- Rundholz:
 - 1152 Rundholzabschnitte (erster und zweiter Abschnitt, 0 bis 10 m);
 - Schnittholz (376 m³):
 - Sortierung von nach dem Aussehen (DIN EN 1611-1) und DIN 4074-Teil 1 durch teilweise Schätzung der Sortiermerkmale und Qualitätsansprache oder kollektive Einschätzung der Qualität anhand von Sortierboxenfüllständen.

Die Ansprache der Holzqualität am stehenden Stamm folgte dem von MAHLER *et al.* (2001) entwickelten Konzept, welches bei der zweiten Bundeswaldinventur (BWI-2) in Baden-Württemberg zwischen 2001 und 2002 erstmals grossflächig eingesetzt wurde. Dabei werden die besonders bewertungsrelevanten unteren 10 m des Stammes hinsichtlich von aussen sichtbarer Qualitätsmerkmale (Schaftform, Rindenbild, Äste, Schäden) angesprochen und einer Qualitätsklasse (1: sehr gut bis 6: sehr mangelhaft) zugeordnet. Bei der detaillierten Untersuchung von BENDER (2006) wurde diese Ansprache noch insofern verfeinert, als die Qualität anhand bestehender Asymmetrien der Stammmerkmale, insbesondere der Astigkeit, getrennt nach einer «guten» und einer «schlechten» Seite des Stammes angesprochen wurden. In der Untersuchung von LEENEN (2006) wurden die unteren 10 m, sowie die unteren 5 m getrennt bewertet.

Die Qualitätsansprache und die darauf aufbauende Sortierung am Rundholz erfolgte in beiden Untersuchungen differenziert für Stammabschnitte von 5 m Länge. Angewendet wurden für jeden Abschnitt parallel vier Rundholzsortiervorschriften, nämlich zwei überregional gültige Normen: HKS und ENV 1927-1 sowie die beiden firmenspezifischen Sortiervorschriften aus dem Untersuchungsgebiet, Sortierung K und Sortierung E.

Zur Qualitätsansprache und Sortierung des Schnittholzes wurde in der detaillierten Untersuchung von BENDER (2006) aus dem unteren Stammteil (2 × 5 m) unter kontrollierten Bedingungen als hochwertige Produkte Bohlen ausgeformt und nach DIN EN 1611 visuell sortiert. Aus dem oberen Stammteil wurden Kanthölzer in Bauholzdimensionen ausgeformt und nach der Tragfähigkeit (DIN 4074) visuell sortiert, sowie die Festigkeitseigenschaften (Biege-Elastizitätsmodul und Biegefestigkeit) bestimmt. In die Detailuntersuchung von Bender wurden darüber hinaus die Rundholzmerkmale nicht nur hinsichtlich ihrer Ausprägung, sondern auch in ihrer Lage im Bezug auf die Stammlängsachse und den Stammquerschnitt differenziert vermessen. Bei der praxisorientierten Grossuntersuchung von LEENEN (2006) wurden aus dem Versuchsholz in verschiedenen Sägewerken praxisübliche Schnittholzsortimente (vgl. *Abbildung 7*) hergestellt und ebenfalls nach

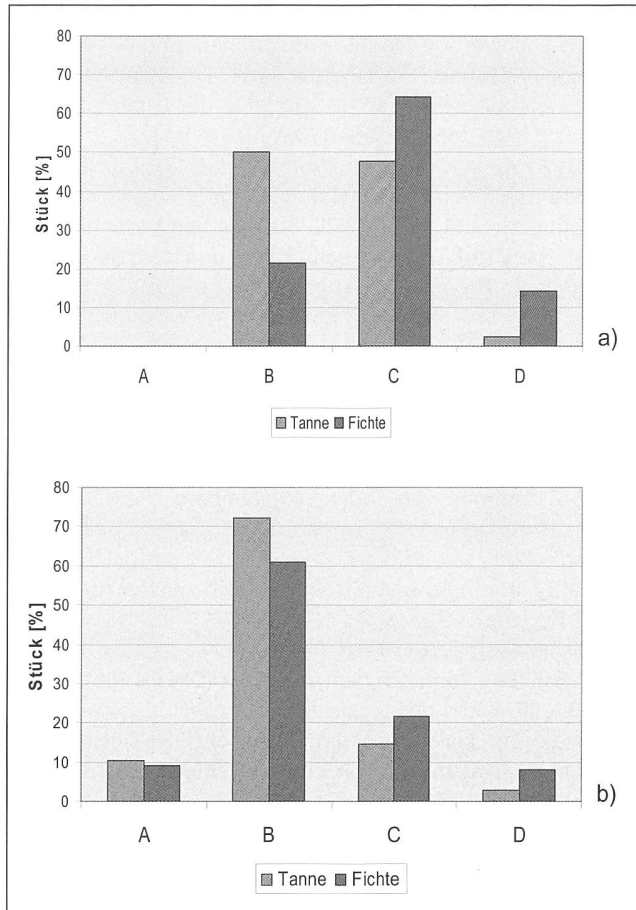


Abbildung 2: Güteklassenverteilung nach HKS.

a) Untersuchung BENDER (2006): n = 44 Tannen- und 28 Fichtenabschnitte und
 b) Untersuchung LEENEN (2006): n = 507 Tannen- und 309 Fichtenabschnitte.

DIN EN 1611 sowie nach DIN 4074 in praxisüblicher Weise (im Werksdurchlauf) visuell sortiert. In der Folge werden ausgewählte und vom Versuchskonzept her vergleichbare Ergebnisse aus beiden Arbeiten dargestellt und diskutiert.

Ergebnisse und Diskussion: Rundholz

Die Ansprache und Sortierung der in 5 m lange Abschnitte eingeteilten unteren Stammteile nach der Sortiervariante HKS zeigt *Abbildung 2*.

Es bestätigt sich der sowohl aus der Literatur wie auch aus der Auswertung von Verkaufstatistiken abgeleitete Befund, dass die Anteile «echten» Wertholzes (HKS Güteklasse A) gering sind. Es wird deutlich, dass Tannenstarkholz in der Tendenz etwas besser als Fichtenstarkholz eingestuft wird. Das etwas schlechtere Sortierergebnis von BENDER (2006) kann zum einen wegen der deutlich geringeren Stammzahl zufallsbedingt sein, spiegelt möglicherweise aber auch die detaillierte und exakte Vermessung bzw. Ansprache jedes einzelnen Rundholzmerkmals unter Laborbedingungen in dessen Untersuchung wider. Auch könnte eine Rolle spielen, dass im Interesse einer besseren Einzelanalyse bei der Untersuchung BENDER (2006) die in der HKS vorgesehene Möglichkeit des Güteausgleichs (nach der ein allgemein guter Gesamteindruck des Stammes einzelne negative Holzmerkmale aufwiegen kann) im Gegensatz zur Praxisuntersuchung von LEENEN (2006) nicht genutzt wurde. Entscheidend dürfte sein, dass in der Untersuchung von Leenen wie in der Praxis üblich Erdstamm-

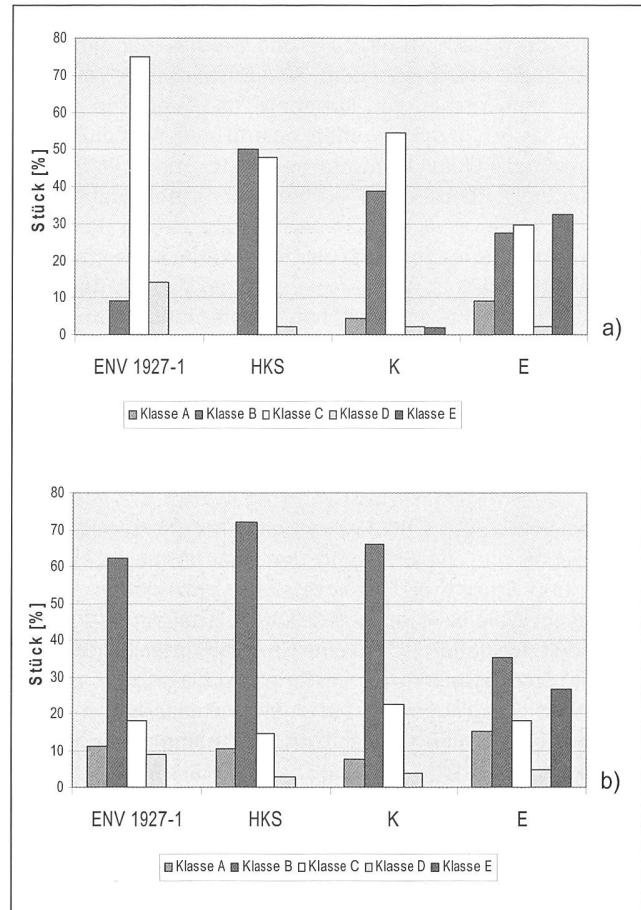


Abbildung 3: Güteklasseverteilungen der Baumart Tanne für die vier Rundholzsortiervorschriften (ENV 1927-1, HKS, K und E) für Stammabschnitte 1 (0 bis 5 m) und 2 (5 bis 10 m).

a) BENDER (2006): jeweils 44 Abschnitte je Sortiervorschrift;
 b) LEENEN (2006): ENV 1927-1: n = 507; HKS: n = 585; K: n = 595; E: n = 105.

abschnitte mit Faulstellen bereits im Wald «gesund» geschnitten wurden und diese Fehler daher bei der Rundholzsortierung keine Berücksichtigung mehr fanden.

In der Tat spielte in der Untersuchung von Bender bei der Sortierung der Erdstammstücke die Absortierung durch Kern- und Wundfäule eine durchaus erhebliche Rolle (50 bis 60 % der Erdstammabschnitte von Fichte).

Abbildung 3 und *Abbildung 4* geben jeweils für die Baumart Tanne bzw. für die Baumart Fichte Aufschluss über die Auswirkung, die dieselben Rundholzmerkmale bei einer Sortierung nach den vier unterschiedlichen Rundholzsortiervorschriften auf das Sortierergebnis für die Starkholzabschnitte jeweils haben.

Die Ergebnisse der Sortiervorschriften K und insbesondere E zeigen, dass diese speziell für Starkholz entwickelten, firmenspezifischen Sortiervorschriften zu einer breiteren Verteilung der Rundholzabschnitte auf die einzelnen Güteklassen führen. Sie bilden also offensichtlich besser als die «allgemeingültigen» Sortiernormen HKS und ENV 1927-1 die starkholzspezifischen Holzmerkmale ab. Besonders bei der (fünfstufigen) Sortiervorschrift E fällt sowohl bei der Tanne, wie auch vor allem bei der Fichte der hohe Anteil in der schlechtesten Sortierklasse E auf. Hierfür sind vor allem die Merkmale Fäule und Verfärbung verantwortlich. Weiterhin gilt, dass je nachdem, ob und inwieweit die Sortiervorschriften starkholzspezifische Merkmale, wie Abholzigkeit, Wimmerwuchs (Tanne, siehe *Abbildung 6*), Tannenkrebs, Nasskern berücksichtigen, eine entsprechende Absortierung zu beobachten ist oder nicht.

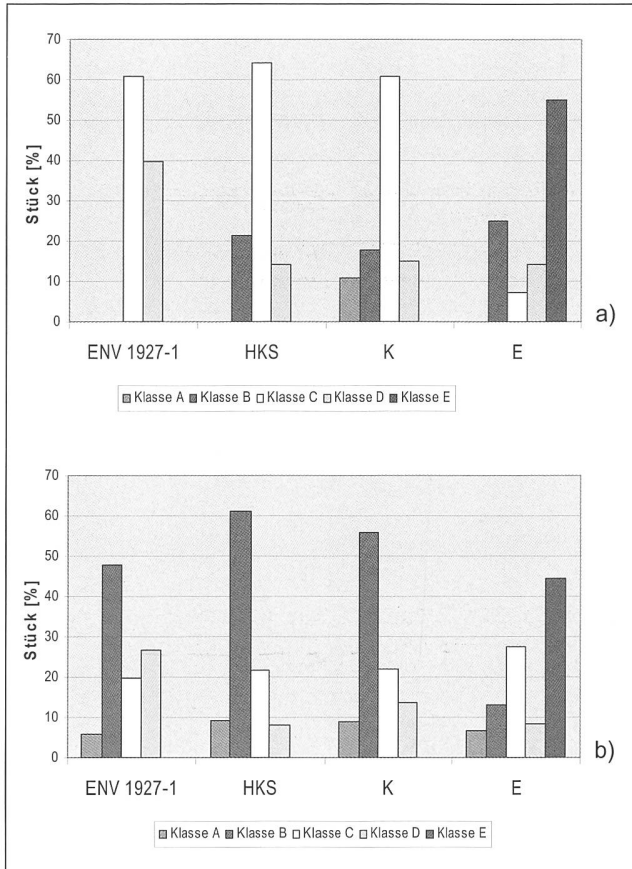


Abbildung 4: Güteklasseverteilungen der Baumart Fichte für die vier Sortiervorschriften (ENV 1927-1, HKS, K und E) für Stammabschnitte 1 (0 bis 5 m) und 2 (5 bis 10 m).

a) BENDER (2006): jeweils 44 Abschnitte je Sortiervorschrift;
 b) LEENEN (2006): ENV 1927-1: n = 309; HKS: n = 308; K: n = 307; E: n = 275).

Insgesamt sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung und Häufigkeit die Astdurchmesser für die Absortierung von Güte A nach B, vor allem aber für die Absortierung von Güte B nach C in allen Sortiervorschriften wichtig. In der ENV 1927-1 wirken sich auch Fauläste in einer Absortierung von Güte B nach C aus. Reaktionsholz (*Abbildung 5*) ist meist nur in geringem Umfang vertreten. In den Vorschriften, in denen dieses Merkmal berücksichtigt wird (ENV 1927-1, HKS, Sortierung E) führt dies dennoch meist zu einer Absortierung von Güte A nach B, was bei Starkholz übertrieben erscheint. Hier sollten geringe Anteile (5 %) auch bei Güte A zulässig sein. Fäuleschäden (*Abbildung 5*) wirken sich naturgemäss häufig (und bei Fichte mehr als bei Tanne) gravierend in allen vier Sortiervorschriften aus, und bewirken durch ihr blosses Vorkommen, je nach flächenmässiger Ausdehnung der Fäule, eine Absortierung von Güte B nach C, häufig aber auch von Güte C nach D.

Die Abholzigkeit wirkt sich insbesondere durch die strengen Sortiergrenzen in den Sortiervorschriften ENV 1927-1 und in Sortierung E durch eine Absortierung von B nach C aus. Die in den Sortiervorschriften festgelegten Grenzwerte erscheinen für die Beurteilung von Starkholzabschnitten aus dem Erdstammbereich, wo sich die Wurzelanläufe häufig noch über die untersten 2 bis 3 m des Abschnitts auswirken, nicht angemessen. Eine darauf abgestimmte Ermittlung der Abholzigkeit in der Mitte der Abschnitte bzw. über mehrere Messpunkte am Abschnitt verteilt, wie sie auch in der Rahmenvereinbarung des Arbeitskreises Werksvermessung zwischen VDS (Verband der Deutschen Sägeindustrie e.V.) und DFWR (Deutscher Forstwirtschaftsrat) für die automatische Werksvermessung vereinbart wurde, erschien hier angemessen. Das für Starkholz, insbesondere der Tanne, spezifische Strukturmerk-

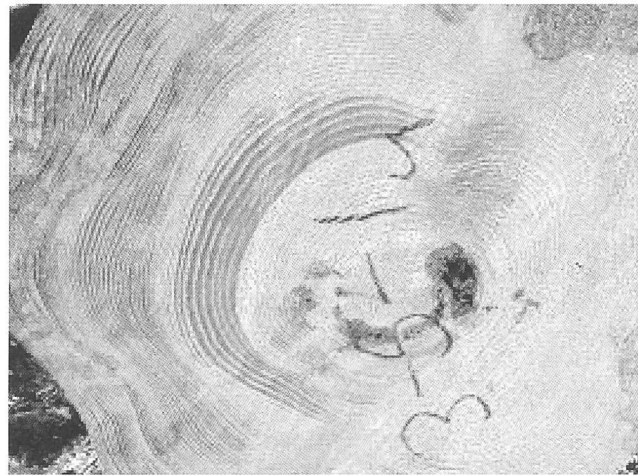


Abbildung 5: Stammquerschnittsfläche einer Fichte mit Kernfäule und Reaktionsholz.



Abbildung 6: Wimmerwuchs-Beulen an Tannenerdstamm.

mal Wimmerwuchs (siehe *Abbildung 6*) wird direkt nur in den firmenspezifischen Vorschriften E und K angesprochen und führt dort bei schwacher Ausprägung zu einer Abwertung von Güte A nach B, bei stärkerer Ausprägung häufig aber auch zu einer Abwertung von Güte B nach C.

Insgesamt legen die Versuchsergebnisse zur Sortierung von Starkholzabschnitten nahe, dass gegenüber der Sortierung von «normalem» Stammholz schwächerer und mittlerer Dimension die Berücksichtigung zusätzlicher Qualitätsmerkmale sinnvoll erscheint (z. B. Wimmerwuchs siehe *Abbildung 6*) und dass es weiterhin notwendig ist, die Grenzwerte bzw. das Aufnahmeverfahren für andere Qualitätsmerkmale an die starkholzspezifischen Besonderheiten anzupassen (z. B. Abholzigkeit, Reaktionsholz, Exzentrizität, Harzgallen). Weiterhin ist absehbar, dass es als Folge der zunehmend diskutierten und auch umgesetzten, differenzierten Qualitätsansprüche von Rundholzmerkmalen im Werk, die dort durch technische Hilfsmittel (lasergestützte Vermessung der Stammoberfläche, röntgentechnische Erfassung der inneren Stammstruktur) unterstützt und möglicherweise noch verbessert werden kann, tendenziell zu einer Verschiebung des Qualitätsspektrums in Richtung mittlerer und schlechterer Qualitäten kommen dürfte, da die ausgleichende Wirkung des HKS-typischen (und an sich für Langholz gedachten) Güteausgleichs bei Kurzholzabschnitten und einer differenzierten und präzisen Ansprache und Vermessung eines jeden einzelnen Merkmals so nicht mehr praktikabel sein dürfte. Schliesslich legen die Versuchsergebnisse nahe, dass das in der Praxis häufig angewandte «Gesundschneiden» im Bestand die in der nachfolgenden Rundholzsortierung angesprochene und dokumentierte Holzqualität des Starkholzes nominell verbessert. Das sich aus der

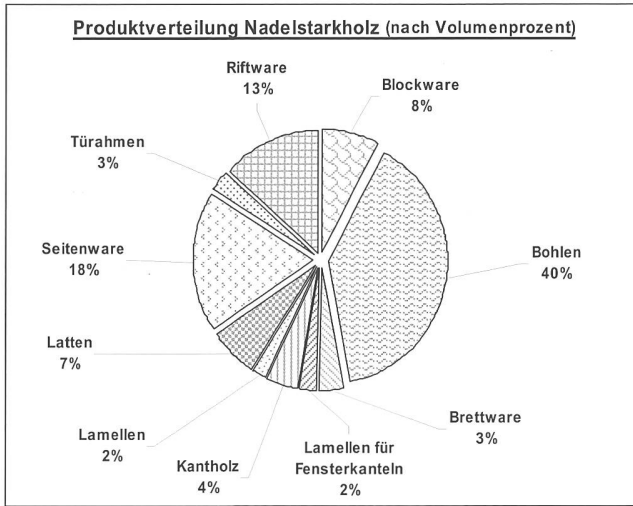


Abbildung 7: Verteilung der aus dem Nadelstarkholz der Untersuchung LEENEN (2006) erzeugten Produkte.

Sortierung in der Praxis ergebende, z.B. aus den Verkaufstatistiken ablesbare Qualitätsspektrum stellt also die Rundholzqualität der Starkholzvorräte tendenziell in einem zu günstigen Licht dar. Der mit dem Gesundschneiden nicht unerhebliche Holzverlust und der zusätzliche Aufwand für diese Operation wird dabei bis heute nicht in die Bewertung dieser Ergebnisse mit einbezogen.

Schnittholz: Ergebnis und Diskussion

In der Untersuchung von BENDER (2006) wurden aus den Abschnitten einheitlich im Scharfschnitt Bohlen von 31 mm, 43 mm und 57 mm Stärke erzeugt, um eine systematische Aufnahme der inneren Holzfehler auch nach ihrer Lage im Stamm zu ermöglichen. Die Sortierergebnisse von LEENEN (2006) beziehen sich auf die in dieser praxisnahen Untersuchung in den jeweiligen Sägewerken hergestellten Schnittholzprodukte. *Abbildung 7* zeigt die prozentuale Verteilung des Schnittholzes der Untersuchung Leenen auf die spezifischen Produktgruppen (Gesamtvolumen: 376 m³). Neben Blockware, Bohlen und Brettware, alle Produkte, die mit den von Bender untersuchten Starkholzbohlen vergleichbar sind, wurden durch spezielle Einschnittstechnik auch Riftware, sowie Seitenware, Lamellen und Latten und einige Sondersortimente erzeugt.

Abbildung 8 und *Abbildung 9* zeigen die Ergebnisse der Schnittholzsortierung beider Untersuchungen im Vergleich und zwar getrennt für die Baumarten Fichte und Tanne, sowie aufgeschlüsselt nach dem aus dem ersten Abschnitt und aus dem zweiten Stammabschnitt erzeugten Schnittholz. Der bereits beim Rundholz beobachtete Trend, dass die Güteverteilung der präzisen Laboruntersuchung von BENDER (2006) insgesamt eine etwas schlechtere Tendenz als die praxisbezogene Grosszahluntersuchung von LEENEN (2006) aufzeigt, bestätigt sich auch für das Schnittholz.

Weiterhin ist bemerkenswert, dass insgesamt betrachtet sich Fichte und Tanne im Sortierergebnis nicht allzu sehr unterscheiden. Auch sind die Unterschiede zwischen der Schnittware aus dem ersten und zweiten 5-m-langen Stammabschnitt im Ergebnis nicht sehr ausgeprägt. Insgesamt liegt der Schwerpunkt bei den mittleren Güteklassen G2-2 und G2-3. Die Grosszahluntersuchung von LEENEN (2006) ergibt sowohl für Fichte wie auch für Tanne etwas höhere Anteile bei den besten Güteklasse G2-0 und G2-1. Auch dies dürfte (wie schon beim Rundholz) an der detailgenauen Ansprache der Laboruntersuchung von BENDER und an der Tatsache liegen, dass bei

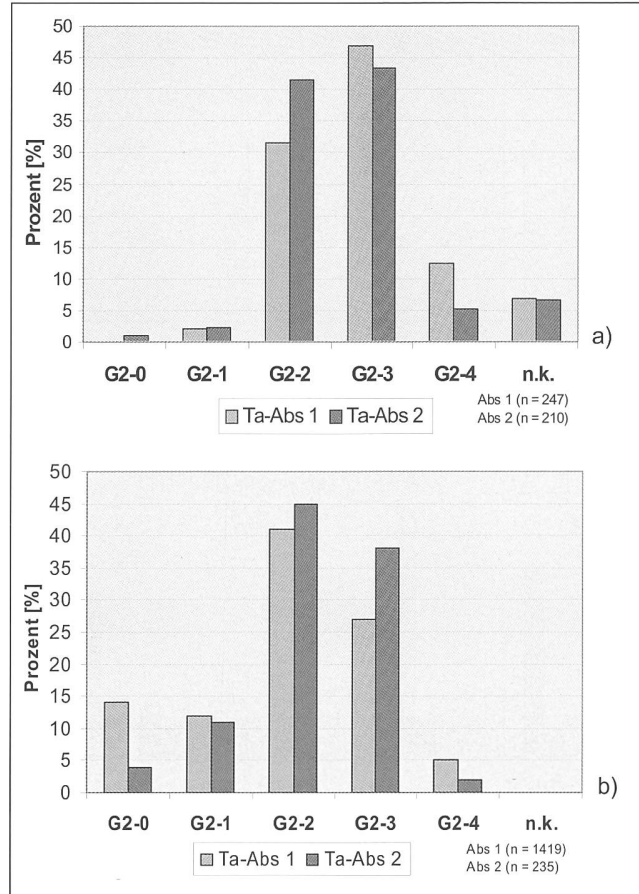


Abbildung 8: Güteklassenverteilung nach DIN EN 1611 für die Abschnitte 1 und 2 der Baumart Tanne.

a) Untersuchung BENDER (2006) und b) Untersuchung LEENEN (2006).

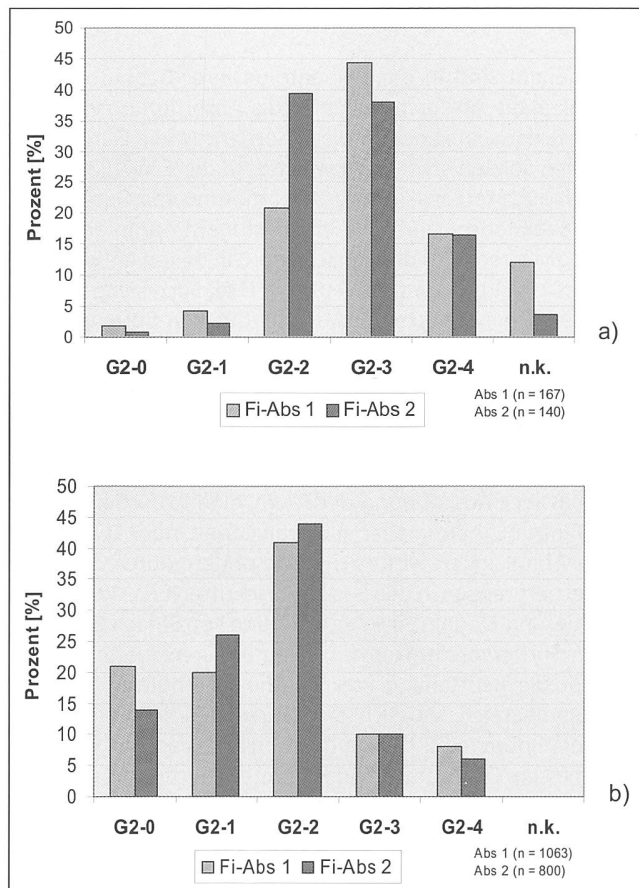


Abbildung 9: Güteklassenverteilung nach DIN EN 1611 für die Abschnitte 1 und 2 der Baumart Fichte.

a) Untersuchung BENDER (2006) und b) Untersuchung LEENEN (2006).

dem von Leenen untersuchten Material stark fehlerhaftes Rundholz bereits im Wald gesund geschnitten wurde.

Im Übrigen erweisen sich auch beim Schnittholz die Äste als qualitätsbestimmendes Sortiermerkmal. Die Astdurchmesser haben eine Absortierung um eine oder zwei sogar Stufen zur Folge. Besonders gravierend wirken sich bei der Tanne dabei nicht verwachsene Äste aus. Etwas weniger deutlich wirkt sich die Astanzahl aus, wobei bei der Tanne gesund verwachsene Äste und bei der Fichte schwarz umrandete Äste eine Absortierung um jeweils eine bzw. zwei Stufen erforderlich machen. Das Merkmal Druckholz kommt zwar häufig, jedoch nur in begrenztem Umfang vor, mit der Folge der Absortierung um zu meist eine Gütestufe. Je nach Ausprägung können Endrisse oder Oberflächenrisse eine Abstufung des Schnittholzes um bis zu drei Stufen zur Folge haben. Als fichtenspezifischer Holzfehler sind Harzgallen von Bedeutung, die je nach Zahl und Länge eine Abstufung um bis zu drei Qualitätsstufen erforderlich machen. Für die Tanne wiederum wirkt sich der Wimmerwuchs (Abbildung 10) auch beim Schnittholz als eine abnormale Faserneigung aus und hat in der Regel eine Absortierung um zwei Stufen zur Folge. Fäule spielt bei der Schnittholzsortierung dann eine Rolle, wenn sie flächig und nicht nur als Einzelfleck auftritt. Nicht abschliessend angesprochen werden konnten die Auswirkungen von Nasskern (Tanne), Rissen und Formabweichungen (Verdrehungen), da das Schnittholz vor der Sortierung lediglich an der Luft vorgetrocknet bzw. frisch sortiert wurde. Eine nachfolgende technische Trocknung dürfte ein Teil dieser Merkmale verstärken (Risse, Verformung) oder aber auch ab mildern (Verfärbungen durch Nasskern).

Naturgemäss treten die genannten Holzfehler nicht einzeln, sondern häufig kombiniert auf. Deshalb ist es auch von Interesse, wie viele Schnittholzstücke letztlich als einseitig bzw. beidseitig astfrei angesprochen werden konnten, also als das «Premiumprodukt» im echten Sinne eingestuft werden können. Dem Versuchsaufbau entsprechend war diese Beurteilung nur an dem von BENDER (2006) untersuchten Material möglich: Hier waren von insgesamt 457 Schnittholzstücken (Bohlen) der Baumart Tanne immerhin 5 % der Stücke zweiseitig und 4 % der Stücke einseitig vollkommen astfrei. Von den 307 untersuchten Fichtenbohlen waren dagegen lediglich 2 % beidseitig astfrei und rund 3 % einseitig astfrei.

Die Erfahrungen aus der Schnittholzsortierung zeigen, dass die präzise und regelgerechte Ansprache von Holzmerkmalen in sehr vielen Fällen zu einer Absortierung führt, und zwar auch dann, wenn die Fehler nur gering ausgeprägt sind, bzw. nur einen gemessen an der Schnittholzoberfläche geringen Flächenanteil einnehmen. Nachdem davon ausgegangen werden kann, dass sehr gutes bzw. fehlerfreies Nadelschnittholz vor allem für hochwertige Sichtverwendungen im Innenbereich (Vertäfelungen, Treppenwangen, Möbel- und Objektbau) eingesetzt wird, und insofern mit den Einsatzbereichen von Laubschnittholz durchaus vergleichbar ist, läge es nahe, anstatt der hier angewendeten DIN EN 1611, die einzelne Fehler anspricht, ein Sortierkonzept in Erwägung zu ziehen, welches etwa (vergleichbar mit dem US-amerikanischen

«Laubholzsortierkonzept» der NHLA: National Hardwood Lumber Association) die Fläche bzw. Breite und Länge von fehlerfreien Flächenanteilen an einer Bohle zur Grundlage der Sortierung macht. Dieses Konzept geht davon aus, dass aus dem Vorprodukt Bohle bei Bedarf durch Auftrennen und Verleimen kleinere, dann nahezu fehlerfreie Elemente ausgeformt werden, die im Möbelbau oder – nach Verleimung – auch für grössere flächige Anwendungen eingesetzt werden. Hier ist die Ausbeute an fehlerfreier Fläche entscheidender als der Einzelfehler. Die Prüfung der Umsetzbarkeit dieses Konzeptes für hochwertiges Nadelschnittholz aus Starkholz bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

Ergebnis: Zusammenhang Rundholzqualität – Schnittholzqualität

Die Rundholzsortierung hat letztlich den Sinn, die Verwertbarkeit des Rundholzes in Bezug auf die daraus herzustellenden Produkte (Furnier bzw. Schnittholz) abzuschätzen. Es ist deshalb sowohl von wissenschaftlichem, wie auch von praktischem Interesse zu prüfen, inwieweit die oben für das Rundholz und dann für das Schnittholz zunächst getrennt ermittelten und dargestellten Qualitätsmerkmale im Zusammenhang stehen. Das Konzept der hier vorgestellten Untersuchungen erlaubt einen derartigen Vergleich, in dem eine Zuordnung des Schnittholzes zu den entsprechenden Rundholzabschnitten möglich war. Dabei ermöglicht die auf eine grosse Zahl von Abschnitten und Schnittholzstücken basierende Untersuchung von Leenen primär eine statistische Auswertung dieses Zusammenhangs, während die detaillierte Untersuchung von Bender eine auf das einzelne Merkmal bezogene «Ursachen-Wirkungsanalyse» erlaubt.

Tabelle 1 stellt für das Material von Leenen in Form einer Matrix für die beiden Erdstammabschnitte von Fichte und von Tanne einen Zusammenhang zwischen Rundholzqualität und der Qualität des daraus erzeugten Schnittholzes her.

Dabei zeigt sich am Beispiel der Rundholzsortierung nach der ENV 1927-1, dass mit etwa 35 und 45 % die am häufigsten besetzten Schnittholzklassen (G2-2 bei der Fichte und G2-2 bzw. G2-3 bei Tanne in ähnlichem Umfang aus den mittleren Rundholzgüteklassen B und C und in etwas abgestufter Form (etwa 35%) auch aus der Güteklasse D erzeugt wurden. Für Fichte weist das aus der besten Rundholzklasse A erzeugte Schnittholz eindeutig Premiumqualität (bei allerdings jeweils geringer absoluter Anzahl) auf. Für die mittleren Rundholzgüteklassen B, C und D ergibt sich bei Fichte eine tendenzielle Abnahme der besten Schnittholzgüteklassen und eine tendenzielle Zunahme der schlechteren Güteklassen (G2-3 und G2-4). Allerdings kann auch aus der schlechtesten Rundholzgüteklasse D durchaus noch Schnittholz der Premium-Güteklasse G2-0 bzw. G2-1 erzeugt werden.

Noch differenzierter stellt sich das Bild für die Tanne dar. Aus Rundholz der Güteklasse A wurde Schnittholz aller Güteklassen in einem ähnlichen Umfang erzeugt. Bei den mittleren

Tabelle 1: Verteilung der Schnittholzgüteklassen von LEENEN (2006) nach DIN EN 1611 (G2-Verfahren) auf die einzelnen Rundholzgüteklassen nach ENV 1927-1.

Rundholz-Güteklassen ENV 1927-1	Schnittholzgüteklassen nach EN 1611 (n [%])									
	Fichte (n = 1063)					Tanne (n = 1377)				
	G2-0	G2-1	G2-2	G2-3	G2-4	G2-0	G2-1	G2-2	G2-3	G2-4
A	80,0	20,0	0	0	0	28,3	12,6	28,3	19,9	11,0
B	23,7	19,8	43,5	8,2	4,7	12,2	11,9	46,5	26,1	3,3
C	16,1	17,1	44,7	14,1	8,0	8,6	8,6	31,3	44,4	7,1
D	18,2	20,5	37,7	10,6	13,0	18,2	16,9	36,4	16,9	11,7



Abbildung 10: Wimmerwuchs-Struktur auf Blockwarenbohle.

Güteklassen B und C ergibt sich zwischen Rundholz und Schnittholz eine gleichlaufende Tendenz. Wieder sehr breit gestreut ist der Qualitätsanfall des Schnittholzes, welches aus der schlechtesten Rundholzklasse D erzeugt werden konnte.

Aus den Detailuntersuchungen von BENDER (2006) lässt sich ableiten, dass bei einem Vergleich der Rundholzsortierungsergebnisse mit der Schnittholzqualität die Rundholzsartierung nach HKS, bei strikter Handhabung ohne Güteausgleich, Rundholz mässiger Qualität treffsicher im Hinblick auf die zu erwartende Schnittholzqualität einstufen lässt. Mit der firmenspezifischen Rundholzsartierung E ist dieser Verarbeiter gemäss seiner Zielsetzung (Erzeugung von Premium-Schnittholz) in der Lage, die dafür notwendigen Rundholzabschnitte wirksam zu selektieren. Aus Abschnitten, die anhand von Fäule (vor allem in Marknähe) in die Güte E absortiert wurden, aber ansonsten, d.h. hinsichtlich der übrigen Qualitätskriterien, gut bis sehr gut zu bewerten sind, kann bei geeignetem Einschnitt aus den äusseren Bereichen des Stammquerschnitts dennoch Schnittholz mit sehr guter und auch mit hervorragender Qualität erzeugt werden.

Die Differenzierung nach einer «guten» und einer «schlechteren» Stammseite anhand von Kronen- und Astmerkmalen bereits am stehenden Baum und ein danach gezielt ausgerichteter Einschnitt zeigen, dass aus der «guten» Seite vor allem im äusseren Querschnittsbereich der Abschnitte deutlich bessere Schnittholz erzeugt werden kann als aus der «schlechteren» Seite. Dies gilt für Tanne wie für Fichte. Mit zunehmender Nähe zur Markröhre verliert sich dieser Effekt.

Insgesamt lässt die Qualitätsansprache beim Rundholz von LEENEN (2006) nur geringe bis allenfalls mässige Korrelationen zum entsprechenden Schnittholz anfall erkennen. Tendenziell gilt, dass aus gutem Rundholz auch überdurchschnittlich hohe Anteile guten Schnittholzes erzeugt werden können. Der Lage nach kommt dies vor allem aus dem äusseren Stammbereich, wenn nicht sekundäre Holzfehler und Anomalien (Wimmerwuchs, siehe Abbildung 10) dies vereiteln.

Die grosse Menge sowohl des Rundholzes wie auch des Schnittholzes findet sich in den mittleren, durchschnittlichen Güteklassen. Auffallend ist, dass aus Rundholz schlechterer Qualität (D-Abschnitte) durchaus auch gutes, teilweise auch sehr gutes Schnittholz erzeugt werden kann. Voraussetzung zur Erschliessung dieser Wertschöpfungspotenziale sind jedoch angepasste Einschnittstechniken, mit denen je nach Lage des Merkmals im Stamm ein individueller, die Schnittholz-güteklasse optimierender Einschnitt möglich ist.

Zusammenfassende Bewertung

Bei der Verarbeitung von Nadelstarkholz zu Schnittholz zeigt sich im unteren Stammbereich eine hohe Variation der inneren Güteermkmale. Die mittleren Güteklassen überwiegen, vor allem bei Fichte wird der untere Stammabschnitt häufig durch rüschschädenbedingte Fäule im Erdstamm entwertet. Eine wenig pflegliche Holzernte lässt also die Zielsetzung, starkes und wertvolles Holz zu erzeugen fraglich erscheinen. Der Anteil an (optisch) hochwertigen Premiumprodukten ist aus den unteren Stammteilen relativ gering. Dabei schneiden Tanne und Fichte im Endergebnis hinsichtlich der Schnittholzqualität ähnlich ab, auch wenn es baumartenspezifisch unterschiedliche Gründe für die Absortierung gibt. Für Starkholz ist der innere Stammbereich vor allem durch Äste (Durchmesser, Anzahl und Zustand), aber auch durch Risse oder Verfärbungen und Fäule häufig in seiner Qualität und damit in der Verwertung eingeschränkt. Der (theoretisch) bessere äussere Stammbereich wird oft durch meist altersbedingte Struktur-anomalien (Wimmerwuchs, Druckholz, Harzgallen,) aber auch durch alters- und behandlungsbedingt sekundäre Holzfehler (Fäule, Insekten) entwertet. Eine sorgfältige Schnittholzsartierung deckt diese problematischen Strukturmerkmale auf, während bei der derzeit noch praxisüblichen visuellen Sortierung des Schnittholzes im schnellen Durchlauf im Sägewerk viele Fehler (noch) unerkannt bleiben. Auch beim starken Rundholz sind äusserlich zweifelsfrei als hochwertig anzusprechende untere Stammholzabschnitte eher selten. Rückschlüsse von der Rundholzqualität insgesamt und von einzelnen Rundholzmerkmalen auf die zu erwartende Qualität des Schnittholzes sind nur tendenziell zielführend bzw. mit hinreichender Sicherheit möglich. Sehr gute Rundholzqualitäten liefern deutlich höhere Anteile sehr guten Schnittholzes, sehr schlecht sortierte Rundholzabschnitte können aber durchaus auch in nennenswertem Umfang hochwertiges Schnittholz ergeben. Gerade beim Starkholz kommt wegen des nur mässigen Zusammenhangs zwischen Rundholzansprache und Schnittholzqualität einer frühzeitigen Erkennung innerer Holzfehler eine grosse Bedeutung zu. Daher werden in Forschung und Entwicklung die Anstrengungen zur Erfassung innerer Strukturmerkmale und Holzfehler mit durchstrahlenden Methoden (z.B. Röntgen-Scanner, NMR) mit grosser Intensität verfolgt.

Abschliessend muss berücksichtigt werden, dass die vorliegenden Untersuchungen und die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen nur für den unteren Stammteil von Starkholz (10m) getroffen wurden. Damit sind lediglich 50 bis 60% des Stammvolumens erfasst. Starke Fichten und Tannen erreichen jedoch Baumhöhen von 30m und mehr. Die darüber liegenden Stammteile liegen zunächst in der Dürrastzone und ergeben daher durchgehend allenfalls eine mittlere Schnittholzqualität. Die im oberen Stammbereich dominierenden lebenden (und somit im Schnittholz fest verwachsenen) Äste haben beim Starkholz Durchmesser von meist über 4cm und erreichen damit eine für die Sortierung von Schnittholz nach der Tragfähigkeit kritische Grenze. Dies bestätigen die Ergebnisse

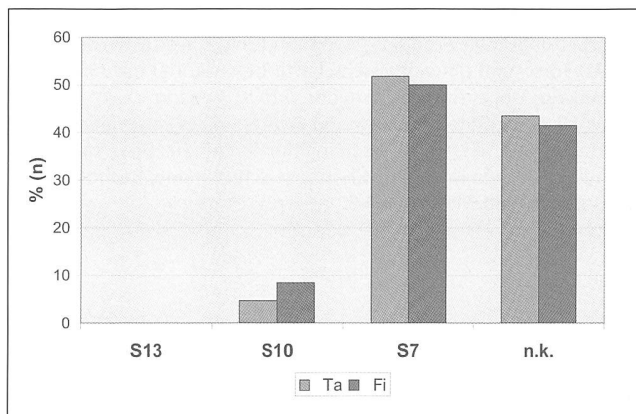


Abbildung 11: Sortierergebnis der Untersuchung BENDER (2006).

Tragfähigkeitsklassen der Kanthölzer (160 × 80 × 2500 mm) aus Abschnitt 4 (15 bis 20 m) nach DIN 4074 für Tanne (170 Stück) und Fichte (118 Stück).

der Sortierung des Bauschnittholzes, welches in der Untersuchung von BENDER (2006) aus dem oberen Stammbereich des Starkholzes (Höhe 15 bis 20 m) gewonnen wurde. *Abbildung 11* zeigt, dass dabei sowohl für Fichte wie auch für Tanne im wesentlichen Schnittholz allenfalls geringer Tragfähigkeit (S7) oder aber nicht klassifizierbares (d.h. noch geringere Tragfähigkeit aufweisendes Schnittholz) erzeugt werden konnte.

Schlussfolgerungen

Insgesamt ergibt sich deshalb für die in den Wäldern Südwestdeutschlands stehenden Fichten- und Tannenstarkholzvorräte eine eher verhaltene Einschätzung hinsichtlich ihrer Holzqualität und der daraus resultierenden Wertschöpfungsmöglichkeiten. Um die in einzelnen Stämmen, Stammteilen oder auch Querschnittsbereichen aber zweifellos vorhandenen Potenziale an überdurchschnittlicher und sehr guter Holzqualität im Sinne einer erhöhten Wertschöpfung nutzbar zu machen, bedarf es geeigneter Methoden der frühzeitigen Erkennung, angepasster Technologien für einen differenzierten und qualitätsorientierten Einschnitt und vor allem einer Produktentwicklung, die die spezifischen Möglichkeiten dieses Materials ausnutzt. Dabei wird es sich häufig um verleimte, aus kleinen, qualitativ hochwertigen Schnittholzstücken zusammengesetzte Elemente unterschiedlicher Form handeln, die sowohl auf erhöhte Tragfähigkeit (z.B. verleimte Hochleistungsträger) als auch auf exzellente Oberflächenqualität (z.B. Einschicht- oder Mehrschichtplatten für den Ausbau im Sichtbereich oder für Möbel) ausgerichtet sein können. Die Erzeugung solcher Produkte erfordert in jedem Fall aufwendige visuelle bzw. technologiegestützte Sortier- und Verarbeitungsvorgänge bei der industriellen Verarbeitung. Die entsprechenden Kosten limitieren in Verbindung mit der jeweiligen Ausbeute an Premiumprodukten den Einstandspreis, den die Holzindustrie für das Ausgangsprodukt «starkes Rundholz» anlegen kann. In der Tendenz verschieben sich damit die Wertschöpfungschancen vom Urproduzenten zur verarbeitenden Industrie.

Eine auf Starkholz ausgerichtete Waldbaustrategie sollte diese Zusammenhänge beachten. Starkholz als Produktionsziel scheint danach nur dann zielführend, wenn tatsächlich und mit hoher Sicherheit überdurchschnittliche werthaltige Anteile erwartet werden können. Dies kann einheitlich auf einer grossen Produktionsfläche kaum garantiert werden. Nur wenn auf stabilen Standorten mit entsprechender Leistungsfähigkeit durch geeignetes waldbauliches Vorgehen (gegebenenfalls einschliesslich Wertastung) und bei intensiv gesteuert

ter und absolut pfleglicher Bestandesbehandlung in vergleichsweise kurzer Zeit (und damit bei begrenztem Risiko) starke und qualitativ hochwertige Stammdimensionen erzeugt werden, erscheint aus Sicht der Holzverarbeitenden Industrie das Produktionsziel Nadelstarkholz gerechtfertigt und eine wesentliche Wertschöpfung auch für den Forstbetrieb aussichtsreich.

Zusammenfassung

Die Zielstellung der Produktion von starkem Stammholz seitens der Forstwirtschaft steht im Gegensatz zur Nachfrage von schwächerem und mittelstarkem Stammholz seitens der Sägeindustrie. Um die Holzqualität von Nadelstarkholz besser einordnen und beurteilen zu können, wurde aufgrund äusserer Merkmale die Rundholzqualität von Tannen- und Fichtenstarkholz differenziert erfasst und herausgearbeitet. Bei der Verarbeitung von Nadelstarkholz zu Schnittholz zeigt sich im unteren Stammbereich eine hohe Variation der inneren Güte-merkmale. Die mittleren Güteklassen überwiegen, vor allem bei Fichte wird der untere Stammabschnitt häufig durch rückschädenbedingte Fäule im Erdstamm entwertet. Tanne und Fichte schneiden im Endergebnis hinsichtlich der Schnittholzqualität ähnlich ab. Rückschlüsse von der Rundholzqualität insgesamt und von einzelnen Rundholzmerkmalen auf die zu erwartende Qualität des Schnittholzes sind nur tendenziell zielführend bzw. mit hinreichender Sicherheit möglich.

Résumé

Propriétés et utilisation des gros bois résineux

L'objectif de la foresterie consistant à produire des grumes de gros diamètre semble aller à l'encontre de l'industrie de la scierie qui demande des bois petits à moyens. Afin de mieux connaître et évaluer la qualité des gros bois résineux, la qualité de bois ronds de sapin et d'épicéa a été recensée et interprétée de manière différenciée sur la base de caractéristiques extérieures. La transformation des grumes en sciages fait ressortir une grande variation des propriétés internes du bois dans la partie inférieure de l'arbre. Les qualités moyennes dominent, notamment dans le cas de l'épicéa, dont la bille de pied est souvent dépréciée par des pourritures entraînées par les dégâts du débardage. Finalement, la qualité des sciages de sapin et d'épicéa est semblable. Les caractéristiques extérieures ne permettent de tirer, avec une certaine sûreté, que des conclusions générales en ce qui concerne la qualité des sciages.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Summary

Characteristics and use of large diameter fir and spruce wood

The forestry goal of producing large diameter wood seems contradictory to the sawmill industries goal of small to medium diameter wood. Amongst other things, the insufficient knowledge of wood properties of large diameter wood has led to examinations to finding a better way to evaluate wood quality. Based on outer characteristics the quality of fir and spruce round wood has been described and interpreted. At lower parts of the stems a wide variation of inner quality was remarked during the processing of large diameter softwood. Most of the wood is of medium quality; the lowest part of the stems, especially for spruce, was often found to have been damaged by rot caused by logging. Fir and spruce timber have a similar result in quality grading. In conclusion, it must be said that a successful judgement of timber quality based on outer characteristics of the stems is only partially possible.

Bibliografie

- AUKOFER, T.; GLOS, P. 2000: Die technologischen Vorteile von Fichten-Starkholz. Holz-Zentralblatt 99: 1258, 1260–1261.
- BECKER, G.; GROSS, M.; METZLER, H. 1988: Zusammenhänge zwischen Rundholzeigenschaften und Schnittholzqualität bei Fichten-(Tannen-)Starkholz. Holz-Zentralblatt 94: 1337–1338, 1346.
- BENDER, G. 2006: Qualitätsbestimmende Eigenschaften von Tannen- und Fichtenstarkholz aus dem Schwarzwald unter der Berücksichtigung hochwertiger Verwendungsmöglichkeiten. Dissertation an der Forst- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., 307 S., Anhang.
- GLOS, P.; REITER, J.; WEGENER, G. 2003: Starkholzvermarktung – Analyse der Holzqualität von Fichtenstarkholz. Abschlussbericht Nr. 02510, Institut für Holzforschung der Technischen Universität München, 48 S.
- GLOS, P.; TRATZMILLER, M. 1996: Erzeugung von höherwertigem Bauschnittholz aus Starkholz. AFZ/Der Wald 22: 1230–1231.
- GROSS, M. 1988: Untersuchungen über das Festigkeitsverhalten von Tannenholz (*Abies alba* Mill.). Vergleichende Bruchversuche an DIN-Normproben und an Kanthölzern in Gebrauchsabmessungen. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg i.Br., 205 S., Anhang.
- KRENN, K.; BRANDSTÄTTER, M.; TEISCHINGER, A. 1992: Starkholz – Rundholzeigenschaften und Schnittholzqualität. Holzforschung und Holzverwertung 44, 2: 19–23.
- LEENEN, M. 2006: Untersuchung von Fichten- (*Picea abies* (L.) Karst.) und Tannen- (*Abies alba*) Starkholz-Standardlängen hinsichtlich der qualitativen Entwicklung vom stehenden Stamm zum Schnittholz. Dissertation an der Forst- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., 150 S., Anhang.
- LIPPMEIER, P. 1971: Untersuchungen über die Schnittholzqualität von Weisstannen im hinteren Bayerischen Wald. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, 154 S.
- LÖFFLER, H.D. 1968: Einflüsse auf den Wert des Rohholzes. Schriftenreihe der forstlichen Abteilung der Universität Freiburg, Bd. 9. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien, 115 S.
- LÖFFLER, H.D. 1966: Einflüsse auf den Wert des Rohholzes: untersucht am Beispiel des Sägerundholzes der Weisstanne. Habilitationsschrift an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br. 146 S.
- LÖFFLER, H.D. 1964: Güteermkmale des Schnittholzes der Weisstanne mit besonderer Berücksichtigung des Schilfers. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 115: 543–557.
- LÖFFLER, H.D. 1961: Untersuchungen über Verbrauch, Bedarf und Bewertung von Fichte/Tanne-Starkholz unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Baden-Württemberg. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., 221 S., Anhang.
- MAHLER, G.; WILLMANN, U.; WURSTER, M. 2001: Arbeitsanweisung für die Güteansprache am stehenden Stamm im Rahmen der 2. Bundeswaldinventur (BWI II) in Baden-Württemberg (Stand 7/2001, vgl. http://www.fva-bw.de/forschung/bwi_gueteanspr/arbeitsanweisung.pdf, 30. November 2006).
- MAHLER, G.; KLEBES, J.; LEINSS, C. 1991: Untersuchungen zum Fi/Ta-Starkholzproblem. Mitteilungen der forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 1991, 165. 161 S.
- MEHLIN, I. 2001: Trocknungsverhalten von Tannenschnittholz (*Abies alba* Mill.) aus dem Schwarzwald. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., 331 S.
- OLISCHLÄGER, K. 1969: Untersuchungen über den Wertzuwachs von Fichten nach Ästungen. Dissertation an der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen in Hann. Münden, 127 S.
- PECHMANN, H. VON; LIPPMEIER, P. 1975: Untersuchungen über die Schnittholzqualität von Tannen- und Fichtenholz aus Plenterbeständen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 94: 351–364.
- RECK, P. 2002: Das Baumwachstum von kronenspannungsfrei gewachsenen Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) unter besonderer Berücksichtigung der holztechnologischen Eigenschaften. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs Universität Freiburg i.Br., 288 S.
- SECKNUS, M. 2006: Perspektiven für die Verwendung von Nadelstarkholz in Sägewerken unter besonderer Berücksichtigung von Potential- und Problemfeldern in der Beschaffung und Verarbeitung sowie Produktionsvermarktung. Dissertation an der Forst- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., 210 S., Anhang.
- TAFFE, W. 1954: Gütebewertung des Fichtenholzes verschiedener Standorte und Ertragsklassen in Rheinland-Pfalz. Dissertation an der Forstlichen Hochschule Hannoversch-Münden, Buchdruckerei Gustav Nising, Wissen, 104 S.

Autoren

Prof. Dr. Dr. hc. GERO BECKER, Universität Freiburg, Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Werderring 6, DE-79085 Freiburg im Breisgau.
 Dr. GERALD BENDER, Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg.
 Dr. MICHAEL LEENEN, Abteilung Waldnutzung, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg.
 Dr. UDO HANS SAUTER, Abteilungsleiter, Abteilung Waldnutzung, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Wonnhaldestrasse 4, DE-79100 Freiburg im Breisgau.