

Richtlinie "Trocknungsqualität"

zur Bestimmung und Bewertung der Trocknungsqualität von technisch getrocknetem Schnittholz

Pilotversion (zum Testen)

Editor: Dr. J. Welling

Die Pilotversion der vorliegenden Richtlinie zur Bestimmung und Bewertung der Trocknungsqualität von technisch getrocknetem Schnittholz resultiert aus der engen Zusammenarbeit der Mitglieder der European Drying Group (EDG) während des Zeitraumes 1988-1994. Zur Unterstützung der internationalen Arbeitsgruppe wurden verschiedene nationale Arbeitsgruppen gebildet, über die die Vertreter der Holzindustrie Verbesserungs- und Änderungsvorschläge einbringen konnten.

Die Mitglieder der internationalen EDG-Arbeitsgruppe waren:

Dr. J. Welling	(BFH/D)	Koordinator
D. Aleon	(CTBA/F)	
Dr. S. Cont	(ITL/I)	
G. Bennett	(UK)	
B. Esping	(TRÅTEK/S)	
H. Forsén	(VTT/SF)	
S. Tronstad	(NTI/N)	
W. Gard	(TNO/NL)	
Dr. H. Militz	(SHR/ NL)	
H. Alvarez Noves	(INIA/E)	
C. B. Sorensen	(DTI/DK)	
Chr. Boye, Dr. J. Ressel	(DTI/DK)	until 1991

Die Mitarbeiter der deutschen Arbeitsgruppe waren:

Prof. Th. Trübswetter	Fachhochschule Rosenheim (Moderator)
Dipl.-Ing. (FH) Th. Annies	Lehrinstitut der Holzwirtschaft, Rosenheim
Diplom Holzwirt B. Damrosch	Wilhelm Damrosch KG, Essen
Herr E. Homann	Holz Sundermann GmbH, Altenstadt
Dipl.-Ing. (FH) B. Rathke	Holzwerke Keck, Ehningen
Dipl.-Ing. (FH) U. Reichert	W. Reichert GmbH&Co.KG, Pfalzgrafenweiler
Dr. J. Welling	Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg

zeitweise

Prof. Dr. Fischer	TU Dresden, Dresden
Herr G. Hausschulte jun.	Hausschulte GmbH & Co KG, Arnsberg
Dipl.- Holzwirt A. Jentsch	damals Fa. Feldmeyer bzw. Fa. Rekord Fenster
Dr. Pfeiffer, Frau Türke	damals WTZ, Dresden
Herr H.-H. Thölke	Karl Schlüter GmbH&Co.KG, Riede bei Bremen

Vorwort

Die Richtlinie "Trocknungsqualität" wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Vertretern der Holzbe- und -verarbeitung, des Holzhandels sowie der Forschung und Lehre. Der deutsche Entwurf der Richtlinie bildete seinerzeit die Grundlage für die Erarbeitung einer Europäischen Richtlinie "Trocknungsqualität" durch die European Drying Group (EDG). Diese internationale Richtlinie wird, in alle wichtigen europäischen Sprachen übersetzt, eine wichtige Rolle bei der Sicherung eines hohen Qualitätsstandards bei getrocknetem Schnittholz im gemeinsamen Binnenmarkt spielen. Die Version in englischer Sprache soll als Ausgangsbasis für die Erstellung einer Europäischen Norm zur Ermittlung der Trocknungsqualität (Holzfeuchtegehalt und Verschalung) dienen.

Die europäische Richtlinie "Trocknungsqualität" richtet sich an alle, die Schnittholz trocknen sowie getrocknetes Schnittholz vermarkten oder verarbeiten. Mit der Richtlinie sollen mehrere Ziele erreicht werden:

- Die Begriffsverwirrung auf dem Gebiet der Trocknungsqualität soll durch klare Begriffsbestimmungen und eine Abgrenzung zwischen Holz- und Trocknungsqualität aufgelöst werden.
- Definition von drei Trocknungsqualitäten zur Erleichterung der Spezifikation und Kontrolle der Trocknungsqualität von Schnittholz im Geschäft zwischen Produzenten, Händlern und Verarbeitern von getrocknetem Schnittholz.
- Beschreibung praxistauglicher Methoden zur Überprüfung der Trocknungsqualität zum Aufbau von betriebsinternen Qualitätskontrollsystemen und betriebsübergreifenden Qualitätssicherungssystemen in Europa.

Die Holzwirtschaft sollte der bisher stark vernachlässigten Qualitätssicherung auf dem Gebiet der Schnittholztrocknung zukünftig vermehrt Bedeutung zukommen lassen. Hierdurch kann mittelfristig erreicht werden, daß die teilweise unbefriedigende Erlössituation für die Dienstleistung Trocknung verbessert und der Trocknungsprozeß nicht mehr nur als notwendiges, lästiges Übel sondern vielmehr als Mittel zur zusätzlichen Wertschöpfung angesehen wird.

Diese Pilot-Version der EDG-Richtlinie "Trocknungsqualität" wurde herausgegeben, um die in der Richtlinie festgelegten Grenzwerte und Prüfmethode unter Industriebedingungen zu testen. Hierfür ein Zeitrahmen von ca. 2 Jahren (1994-1996) vorgesehen. Interessierte Firmen oder Einzelpersonen werden gebeten, ihre Anmerkungen zur Richtlinie sowie die Resultate von Qualitätskontrollen, die nach der EDG-Richtlinie durchgeführt wurden, entweder an eines der Mitglieder der internationalen EDG-Arbeitsgruppe (siehe vorhergehende Seite) oder an den Editor, Dr. Johannes Welling (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstrasse 91, D-21031 Hamburg), zu senden. Alle zur Verfügung gestellten Informationen werden streng vertraulich behandelt. Im Herbst 1996 wird die EDG-Richtlinie erneut überarbeitet, um sicherzustellen, daß die Anforderungen der Holzindustrie voll erfüllt werden.

EDG-Richtlinie "Trocknungsqualität"

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Inhalt und Anwendungsbereich der Richtlinie

Teil 1: Abgrenzung zwischen Holzqualität und Trocknungsqualität

1.1 Grundlagen

1.2 Kriterien zur Beurteilung der Trocknungsqualität

Teil 2: Standard zur Spezifikation und Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes und des Verschalungsgrades von Kammerladungen und Lieferungen

2.1 Definition der Holzfeuchte

2.2 Praktische Methoden zur Messung der Holzfeuchte

2.3 Zulässige Streuungen der Holzfeuchte in den Qualitätsklassen S, Q und E

2.3.1 Vertrauensbereiche und Prüfstrategie

2.3.2 Zulässige Streuung der mittleren Holzfeuchte $u_{(1/3)}$

2.3.3 Zulässige Streuung der Feuchteunterschiede (Gradienten)

2.3.4 Dokumentation der Ergebnisse der Holzfeuchtebestimmung

2.4 Grundlagen zum Bereich Verschalung

2.4.1 Nachweis und Bestimmung von Verschalung mittels der Schichtenprobe

Teil 3: Zusätzliche Einflußgrößen auf die Trocknungsqualität von Schnittholz

3.1 Rißbildung

3.1.1 Holzspezifische Risse

Markrisse / Mittenrisse

Wechseldrehwuchsrisse

Ringschäle

Risse durch Wachstumsspannungen und Juveniles Holz

3.1.2 Trocknungsbedingte Risse

Oberflächenrisse

Innenrisse

Hirnrisse

3.2 Zellkollaps

3.3 Trocknungsbedingte Verfärbungen

3.4 Verformungen und Verwerfungen

Teil 4: Übersichtstabellen Trocknungsqualität

Teil 5: Checkliste zur Qualitätskontrolle

• EDG-Richtlinie "Trocknungsqualität" zur Bestimmung und Bewertung der Trocknungsqualität von technisch getrocknetem Schnittholz

Einleitung

Bei einem großen Teil des gehandelten und verarbeiteten Schnittholzes handelt es sich um technisch getrocknete Ware. Bedingt durch automatisierte Verarbeitungstechniken und hohe Anforderungen an die Maßhaltigkeit der aus dem Werkstoff Holz hergestellten Produkte ist der Einhaltung einer definierten Trocknungsqualität ein hoher Stellenwert einzuräumen.

Die vorliegende Richtlinie "Trocknungsqualität" wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Vertretern des Holzhandels, des holzbe- und verarbeitenden Gewerbes sowie der Wissenschaft und Lehre erarbeitet, um Erzeugern, Verarbeitern und Vermarktern von technisch getrockneter Ware die Spezifikation und die Qualitätskontrolle der Verarbeitungsstufe Schnittholztrocknung zu erleichtern.

Die in der Richtlinie festgelegten Spezifikationen und Prüfmethode werden für die Vertragsparteien nur dann bindend, wenn in Lieferverträgen ausdrücklich auf die Richtlinie Bezug genommen wird bzw. wenn die Trocknungsqualität mittels der Attribute **E** "exklusiv", **Q** "qualitätsgetrocknet" oder **S** "standard" spezifiziert wird.

Inhalt und Anwendungsbereich der Richtlinie

Die Richtlinie "Trocknungsqualität" besteht aus fünf Teilen:

- **Teil 1** enthält eine generelle Einleitung zum Problembereich der Kontrolle der Trocknungsqualität und erläutert die Abgrenzung zwischen Trocknungsqualität und Holzqualität.
- **Teil 2** bildet einen **Standard** zur Spezifikation und zur Bestimmung der Trocknungsqualität in den Bereichen Holzfeuchte und Verschalung. Für Trocknerladungen und Lieferungen werden die Merkmale für die drei Trocknungsqualitätsklassen **E "exklusiv"**, **Q "qualitätsgetrocknet"** und **S "standard"** definiert.
- **Teil 3** dient als Hilfestellung zur Qualifizierung, Quantifizierung und Bestimmung weiterer Merkmale, die die Trocknungsqualität beeinflussen, für den Fall, daß in Produktnormen keine entsprechenden Regelungen verfügbar sind.
- **Teil 4** faßt die Grenzwerte für sämtliche Trocknungsqualitätskriterien in Tabellenform zusammen.
- **Teil 5** enthält Checklisten und Formblätter, die bei der Ermittlung der Trocknungsqualität hilfreich eingesetzt werden können.

Die Richtlinie "Trocknungsqualität" kann in den folgenden Bereichen Anwendung finden:

- Spezifikation der Trocknungsqualität in Verträgen über die Lieferung oder Erzeugung von technisch getrocknetem Schnittholz
- Betriebsinterne Qualitätskontrolle
- Auftragsbezogene Abnahmekontrolle für die vereinbarte Trocknungsleistung
- Objektive Bewertung der Trocknungsqualität in Streitfällen.

Die Richtlinie ist anwendbar für Laub- und Nadelschnittholz mit Dicken bis zu 80 mm. Fertig- bzw. Halbfertigfabrikate können zwar nach der Richtlinie spezifiziert bzw. hinsichtlich ihrer

Qualität kontrolliert werden; in der Regel werden jedoch zusätzliche Qualitätskriterien vereinbart werden müssen, da die Richtlinie "Trocknungsqualität" speziell für **technisch getrocknetes Schnittholz** konzipiert wurde.

In der Richtlinie werden drei Trocknungsqualitätsklassen definiert. **S (Standard)** bezieht sich auf Sortimente, bei denen von vorneherein der Verwendungszweck noch nicht festgelegt ist und an die voraussichtlich keine sehr hohen Ansprüche hinsichtlich Trocknungsqualität gestellt werden. **Q (Qualitätsgetrocknet)** wurde geschaffen für Sortimente mit erhöhten Anforderungen an die Trocknungsqualität. **E (Exklusiv)** eignet sich zur Spezifikation von getrocknetem Schnittholz, an das sehr hohe Ansprüche hinsichtlich der Trocknungsqualität gestellt wird.

Sämtliche Spezifikationen, die in der Richtlinie beschrieben werden, beziehen sich auf Schnittholz mit Zielfeuchten von 20% oder darunter. Material mit mittleren Holzfeuchten oberhalb 20% wird als vorgetrocknete Ware angesehen.

Die in der Richtlinie aufgeführten Kriterien gelten nur für die Bewertung der Trocknungsqualität ganzer Trocknerladungen (Charge) bzw. ganzer Lieferungen (Partie). Die Teilung einer Trocknerladung oder Lieferung unter Beibehaltung der Trocknungsqualitätsklasse ist nur zulässig, wenn für die Unterparten eine erneute Qualitätskontrolle durchgeführt wurde.

Wenn in Verträgen die vereinbarte Holzfeuchte unter Angabe der gewünschten Trocknungsqualitätsstufe spezifiziert wird, dann gelten ohne zusätzliche Vereinbarungen ausschließlich die zulässigen Grenzwerte für die Streuung der mittleren Holzfeuchte $u_{1/3}$. Um Holzfeuchtedifferenzen innerhalb der Brettware oder der Bohlen sowie Verschalung mit in den Vertrag einzuschließen, sind zusätzliche Vereinbarungen zu treffen. Für bestimmte Sortimente kann es erforderlich sein, daß die Vertragsparteien strengere oder leichter erreichbare Grenzwerte festlegen müssen. Weitere Qualitätskriterien können zusätzlich vereinbart werden, wenn immer dies notwendig erscheint.

Immer dann, wenn eine Trocknungsqualitätsklassifizierung entsprechend dieser EDG-Richtlinie zum Bestandteil eines Vertrages zwischen Lieferant und Abnehmer oder eines Auftrages für eine Lohntrocknung gemacht wird, verpflichten sich beide Vertragsparteien, sowie der unabhängige Gutachter im Falle von nicht beilegbaren Reklamationen, die notwendigen Qualitätskontrollen nach den in der Richtlinie beschriebenen Prüfstrategien und -vorschriften durchzuführen. Im Falle einer die Holzfeuchte betreffenden Reklamation muß, sofern eine der Vertragsparteien dies fordert, der unabhängige Sachverständige die Darmmethode zur Bestimmung der Holzfeuchte anwenden, um mögliche Fehler, die aus der Verwendung von elektrischen Holzfeuchtemeßgeräten erwachsen können, sicher zu eliminieren.

Teil 1: Abgrenzung zwischen Holzqualität und Trocknungsqualität

1.1 Grundlagen

Grundvoraussetzung für jede Qualitätsbeurteilung ist das Vorhandensein von meßbaren Qualitätskriterien. In bezug auf die Trocknungsqualität und die Methoden zur deren Bestimmung werden im Rahmen dieser Richtlinie zulässige Grenzwerte für bestimmte Eigenschaften und Qualitätsmerkmale definiert. Eigenschaften, die die Holzqualität charakterisieren, werden von solchen abgegrenzt, die die Trocknungsqualität beeinflussen.

Während die **Holzqualität** eine durch die natürliche Beschaffenheit des Materials gegebene und nur durch Sortierung zu beeinflussende Eigenschaft ist, kann die **Trocknungsqualität** in weiten Grenzen durch die Prozeßführung beeinflußt werden. Die Holzqualität umfaßt alle Merkmale des Rohstoffes Holz, die schon im stehenden Stamm bzw. im Schnittholz vor der Trocknung vorhanden waren. Unter den Begriff Holzqualität fallen insbesondere Merkmale wie Astigkeit, Jahrringbreite, Faserverlauf, wachstumsbedingte Merkmale, Harzgallen sowie durch tierische, pflanzliche oder anthropogene Einflüsse verursachte Schäden. In den meisten Fällen lassen sich natürliche und trockenungsbedingte Holzfehler eindeutig voneinander unterscheiden. Schwierigkeiten bereiten diejenigen Fehler, die während der Trocknung nur deshalb auftreten, weil bestimmte, die Holzqualität beeinflussende Merkmale vorgelegen haben (Abb. 1). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die wichtigsten holzspezifischen und trockenungsbedingten Qualitätsmerkmale von Schnittholz.

Abb.1: Abgrenzung zwischen holzspezifischen und trockenungsbedingten Schäden

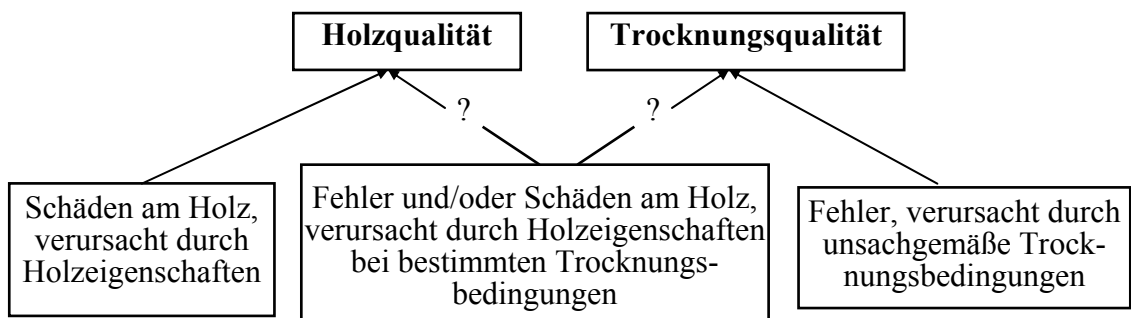


Tabelle 1: Übersicht über holzspezifische Merkmale und trockenungsbedingte Eigenschaften von Schnittholz

Holzeigenschaften oder Holzqualität	Eigenschaften, beeinflusst durch Trocknung
Mechanische Eigenschaften	Mittlere Holzfeuchte
Rohdichte	Streuung der Holzfeuchte
Schwindung	- über die Brettstärke
	- über die Brettlänge
Faserabweichungen	- innerhalb einer Trocknungscharge
Drehwuchs	- innerhalb einer Lieferung
Wechseldrehwuchs	
Reaktionsholz	Verschalung
Juvenile wood (Jugendholz)	Oberflächenrisse
Äste	Innenrisse
	Hirnrisse
	Kollaps
Wachstumsspannungen	
Ringschäle	bestimmte Verwerfungen
Harztaschen	bestimmte Verfärbungen

1.2 Kriterien zur Beurteilung der Trocknungsqualität

Im allgemeinen haben die Verwender von Schnittholz eine recht präzise Vorstellung über die benötigte Holzqualität für bestimmte Anwendungszwecke. Während der vergangenen Jahrzehnte wurden allgemein anerkannte Regeln und Richtlinien für die visuelle und die mechanische Qualitätsortierung von Schnittholz entwickelt. Für die Spezifikation und qualitative Bewertung der Bearbeitungsstufe Trocknung werden im Rahmen der vorliegenden Richtlinie zu den in Tabelle 2a und 2b aufgeführten Punkten Qualitätskriterien und Methoden zu deren Bewertung definiert. In Teil 2 dieser Richtlinie, dem Standard zur Bestimmung und Bewertung der Holzfeuchte und des Verschalungsgrades, werden zulässige Grenzwerte für die Trocknungsqualitätsklassen **S**, **Q** und **E** für die in Tabelle 2a aufgeführten Kriterien festgelegt. In Teil 3 werden Empfehlungen formuliert, wie die Qualitätskriterien aus Tabelle 2b mittels verbaler Ausdrücke beschrieben und quantifiziert werden können, falls keine anderen Regeln verfügbar sind.

Die Spezifikation der Trocknungsqualität in Verträgen hat für Lieferanten und Abnehmer von getrockneter Ware den Vorteil, daß man vorab genau bestimmen kann, welche Eigenschaften das bestellte Material haben soll. Für den mit der Trocknung des Holzes betrauten Betrieb ergibt sich der Vorteil, eine objektive, auftragsbezogene Qualitätskontrolle durchführen zu können, um so eventuelle Reklamationen von vorneherein ausschließen zu können.

In der Richtlinie "Trocknungsqualität" werden für alle Trocknungsqualitätskriterien praxisgerechte Prüfstrategien und Meßtechniken beschrieben, die es allen Beteiligten ermöglichen, die Qualitätskontrolle nach einem einheitlichen Schema durchzuführen.

Tabelle 2a: Qualitätskriterien, die in den Trocknungsqualitätsklassen **E**, **Q** und **S** berücksichtigt werden.

Kriterien der Trocknungsqualität	Ermittlung	Wichtig für:	
		Nadelholz	Laubholz
Schätzwert für mittlere Holzfeuchte ($u_{1/3}$)	obligatorisch	X	X
Holzfeuchtedifferenz ($u_{1/2} - u_{1/6}$)	wenn vereinbart	X	X
Verschalungsgrad	wenn vereinbart	X	X

Tabelle 2b: Zusätzliche Kriterien der Trocknungsqualität (optional)

Kriterien der Trocknungsqualität	Bestimmung	Wichtig für:	
		Nadelholz	Laubholz
Trocknungsbedingte Rißbildung	wenn vereinbart	X	X
- Oberflächenrisse			
- Innenrisse			
- Hirnrisse	wenn vereinbart	O	X
Kollaps			
Trocknungsbedingte Verfärbungen	wenn vereinbart	O	X
- Oberflächenverfärbungen	wenn vereinbart	X	X
- Innenverfärbungen			
- fleckige, streifige Verfärbungen			
- Verfärbungen unter den Stapelleisten			
- Farbänderungen			
Deformationen verursacht durch falsche Stapelung	wenn vereinbart	X	X

Teil 2: Standard zur Spezifikation und Bestimmung des Holzfeuchtegehaltes und des Verschalungsgrades von Kammerchargen und Lieferungen

2.1 Holzfeuchte

Die Holzfeuchte ist definiert als Verhältnis zwischen der Masse des im Holz enthaltenen Wassers und der Masse der wasserfreien Holzsubstanz. Die derzeit einzige genormte Methode zur Ermittlung der Holzfeuchte ist die Darrmethode nach DIN 52 183. Kleine Holzstücke (Querriegel von 15-20 mm Dicke) werden unmittelbar nach der Probennahme gewogen, bis zur Gewichtskonstanz (d.h. bis zum Erreichen von 0% Holzfeuchte) bei 103°C +/-3°C gedarrt und anschließend erneut gewogen. Die Masse des in der Probe enthaltenen Wassers ergibt sich dann als Differenz aus Gewicht feucht und Gewicht trocken. Holzarten mit hohem Harzgehalt müssen mit besonderer Vorsicht behandelt werden. Die Probestücke sollten möglichst unter Vakuumbedingungen bei Temperaturen nicht über 60°C gedarrt werden und in jedem Fall nicht aus Brettern entnommen werden, die dem besonders harzreichen Stammfuß entstammen.

Die Holzfeuchte wird nach folgender Formel berechnet:

$$u[\%] = \frac{m_{\text{feucht}} - m_{\text{darrtrocken}}}{m_{\text{darrtrocken}}} \times 100$$

Da es sich bei dem Darrverfahren um eine zerstörende Prüfung handelt und diese zudem relativ zeitaufwendig ist, kommt sie in der betrieblichen Praxis nur in seltenen Fällen zur Anwendung. Für eine schnelle Bestimmung der Holzfeuchte ist sie gänzlich ungeeignet. In der industriellen Praxis wird deshalb die Holzfeuchte meist indirekt durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit oder der dielektrischen Eigenschaften bestimmt.

2.2 Praxismethode zur Bestimmung der Holzfeuchte

Heutzutage sind zwei verschiedene Typen von Holzfeuchtemeßgeräten auf dem Markt erhältlich. Bei den Widerstandsholzfeuchtemeßgeräten wird der Ohmsche Widerstand des Holzes zwischen zwei isolierten Einschlagelektroden gemessen und als Holzfeuchteprozent ausgegeben. Der Widerstand des Holzes ist hierbei in starkem Maße abhängig von der lokalen Holzfeuchte und der Temperatur des Holzes. Bei der Anwendung von kapazitiven Holzfeuchtemeßgeräten macht man sich den großen Unterschied zwischen der Dielektrizitätskonstante des Wassers und der des Holzes zunutze. Während bei der Widerstandsmessung der Holzwiderstand direkt vom Holzfeuchtegehalt abhängig ist, wird die Kapazität eines Stückes Holz von der Masse an Wasser im Einflußbereich der Kondensatorplatten bestimmt. Bei **Widerstandsholzfeuchtemeßgeräten** ist eine **Holzarten- und Temperaturkorrektur** erforderlich, während bei **kapazitiven Holzfeuchtemeßgeräten** eine **Rohdichtekorrektur** erforderlich ist. Mit beiden Typen von Meßgeräten lassen sich einigermaßen verlässliche Ergebnisse erzielen, wenn die folgenden Einschränkungen berücksichtigt werden:

1. Die elektrische Leitfähigkeit des Holzes ist nicht nur von der Holzfeuchte abhängig. Die Temperatur des Holzes beeinflusst das Meßergebnis in starkem Maße. Moderne Holzfeuchtemeßgeräte besitzen deshalb eine Temperaturkompensation, durch die der Einfluß der Temperatur auf die angezeigte Holzfeuchte korrigiert wird. Außerdem weisen die verschiedenen Holzarten unterschiedliche Widerstandskennlinien auf. Um den holzarten-spezifischen Einfluß auf das Meßergebnis auszuschalten, besitzen die meisten Holzfeuchtemeßgeräte heute Holzartenwahlschalter oder es werden Korrekturtabellen mitgeliefert.

2. Wichtig für reproduzierbare Messungen ist es, daß die Meßelektroden immer in der vom Hersteller des Meßgerätes vorgeschriebenen Richtung bzw. Abstand zueinander ins Holz eingeschlagen werden. **Die Meßgeräte müssen in regelmäßigen Abständen überprüft und nötigenfalls kalibriert werden. Im Falle von Widerstandsholzfeuchtemeßgeräten sollten Kalibrierwiderstände verwendet werden, die von unabhängigen Forschungsinstituten empfohlen werden.**
3. **Jeder Anwender von Holzfeuchtemeßgeräten sollte wissen, daß oberhalb von Fasersättigung ($u = 27-30\%$) die Meßgenauigkeit der Geräte zunehmend abnimmt.** Zwar zeigen die meisten Meßgeräte Holzfeuchten von weit über 30% an; die Genauigkeit dieser Messungen läßt jedoch bisher sehr zu wünschen übrig. Genaue Meßergebnisse lassen sich nur mit der Darmmethode erreichen. Für Holztemperaturen um 20°C kann mit gut kalibrierten Holzfeuchtemeßgeräten im Bereich zwischen 8 % und 25 % Holzfeuchte durch eine ausreichend große Anzahl von Messungen der tatsächlich im Holz vorliegende mittlere Holzfeuchtegehalt¹ auf ca. $\pm 1\%$ genau bestimmt werden. Hierbei ist die erzielbare Genauigkeit im Bereich niedriger Holzfeuchten höher als im Bereich hoher Holzfeuchten. Die an einzelnen Brettern elektrisch bestimmten Holzfeuchtwerte können aufgrund der natürlichen Streuung der elektrischen Leitfähigkeit innerhalb einer Holzart von der tatsächlich vorliegenden Holzfeuchte abweichen (im Extremfall bis zu $\pm 3\%$ bei Holzfeuchten um 25%, z.B. bei Meranti). Bei Holzfeuchten unter 6% ist ebenfalls mit größeren Meßfehlern zu rechnen. Genaue Ergebnisse in diesem Holzfeuchtebereich lassen sich nur mit der Darmmethode erzielen.

Bei Verwendung von kapazitiven Holzfeuchtemeßgeräten muß beachtet werden, daß die Variation der Rohdichte der wichtigste Faktor für Meßfehler ist. Eine gute Rohdichtekorrektur ist deshalb von größter Bedeutung. Kapazitive Holzfeuchtemeßgeräte zeigen als Meßergebnis immer einen Schätzwert für die mittlere Feuchte des Holzes im Einflußbereich der Plattenelektroden. Kapazitive Holzfeuchtemeßgeräte können aus diesem Grunde nicht zur Ermittlung der Feuchteverteilung über den Brettquerschnitt verwendet werden. Der Anwender hat bei allen Messungen darauf zu achten, daß alle Bügelelektroden des Gerätes die Holzoberfläche berühren. Ein Luftspalt zwischen den Elektroden und dem Holz führt unweigerlich zu falschen Ergebnissen.

1. Bei der Messung der Holzfeuchte durch elektrische Meßverfahren sollte beachtet werden, daß bei Verwendung von **nicht isolierten Meßelektroden** immer die feuchteste Stelle gemessen wird, die von den Nadeln erreicht wird. Bretter, die oberflächlich durch Regen- oder Kondenswasser befeuchtet wurden, können deshalb mit blanken Elektroden nicht verlässlich gemessen werden. **Isolierte Elektroden**, bei denen nur die freie Elektroden- spitze aktiv an der Messung beteiligt ist, liefern verlässlichere Werte. Jedoch sollte man sich darüber im klaren sein, daß auch hier nicht die durchschnittliche Holzfeuchte, sondern nur die lokale Holzfeuchte erfaßt wird. Die mittlere Brettfeuchte wird näherungsweise dann angezeigt, wenn die Elektroden auf 1/3 der Brettstärke eingeschlagen werden. Bei der Bestimmung der Oberflächenfeuchte ($u_{1/6}$) verhalten sich auch isolierte Elektroden wie nicht isolierte.
2. Zur Vermeidung von falschen Holzfeuchteanzeigen sollten ausschließlich isolierte Meßelektroden mit kurzer konischer Spitze (4-5 mm) verwendet werden.
3. Zur Ermittlung der Feuchteverteilung über den Brettquerschnitt müssen Messungen in verschiedenen Tiefen durchgeführt werden. Dies wird bei Widerstandsholzfeuchtemeßge-

¹ Der tatsächliche Holzfeuchtegehalt ist definiert als der Holzfeuchtegehalt, der mittels der Darmmethode bestimmt worden wäre.

räten dadurch erreicht, daß die Meßelektroden in der vom Hersteller angegebenen Richtung zuerst nur oberflächlich (bis 1/6 der Brettdicke), dann bis auf 1/3 der Brettdicke und abschließend bis auf 1/2 Brettdicke eingeschlagen werden. Auf diese Art und Weise läßt sich die Holzfeuchteverteilung zerstörungsfrei bestimmen, wenn auch nicht mit der gleichen Genauigkeit wie bei der Darmmethode.

4. Falls im Rahmen einer Qualitätskontrolle Trennschnitte durchgeführt werden, kann die Bestimmung der Holzfeuchte bzw. der Holzfeuchteverteilung an den frischen Schnittflächen durch Einstechen der Elektroden über Hirn parallel zur Brettoberfläche erfolgen.
5. Die Holzfeuchtemessungen müssen in einem Abstand von 300-500 mm vom oberen oder unteren Brettende durchgeführt werden, um falsche Meßergebnisse durch die verstärkte Trocknung über die Hirnflächen auszuschließen. Zusätzliche Messungen müssen bei halber Brettlänge erfolgen. Bei den Kontrollmessungen ist darauf zu achten, daß an allen Meßpositionen die gleiche Anzahl von Messungen durchgeführt wird. An jedem nach Zufalls Gesichtspunkten ausgewähltem Brett wird nur an einer Stelle gemessen.

Als markante Meßpunkte für die Holzfeuchte werden festgelegt:

Tabelle 3: Meßpunkte zur Bestimmung der Holzfeuchte

Einschlagtiefe	Bezeichnung	Abkürzung
1/6 Brettdicke	Oberflächenfeuchte	($u_{1/6}$)
1/3 Brettdicke	Schätzwert für mittlere Holzfeuchte	($u_{1/3}$)
1/2 Brettdicke	Kernfeuchte	($u_{1/2}$)

2.3 Holzfeuchteanforderungen in den Trocknungsqualitätsklassen S, Q und E

In diesem Standard zur Spezifikation und Bestimmung der Holzfeuchte und des Verschallungsgrades von Kammerladungen und Lieferungen werden die Anforderungen an die Holzfeuchte in den drei Trocknungsqualitätsklassen S, Q und E definiert als Funktionen der gewünschten, d.h. vertraglich vereinbarten Zielfeuchte, und zwar hinsichtlich der

- Variation der mittleren Holzfeuchte
- Variation der Feuchtedifferenz zwischen $u_{1/2}$ und $u_{1/6}$ (Kern- und Oberflächenfeuchte).

Falls die Trocknungsqualität in Verträgen unter Verwendung der Trocknungsqualitätsklassen S, Q und E spezifiziert wird, müssen in jedem Fall die Anforderungen hinsichtlich der Variation der mittleren Holzfeuchte erfüllt werden. Sollen darüber hinaus auch die Anforderungen hinsichtlich der Holzfeuchtedifferenzen in einzelnen Brettern zur Anwendung kommen, ist dies durch **zusätzliche Klauseln** in den Vertrag aufzunehmen.

2.3.1 Vertrauensbereich und Prüfstrategie

Der 90%-Vertrauensbereich wurde gewählt, um Spezifikation, Begrenzung und Überprüfung der Trocknungsqualität im Hinblick auf die Variation der mittleren Holzfeuchte $u_{1/3}$ und der Feuchtedifferenzen zwischen Brettoberfläche und Kern ($u_{1/2} - u_{1/6}$) einfach zu gestalten. In der praktischen Anwendung bedeutet dies:

- Bei der **kleinstmöglichen** Stichprobe von 15 Prohebrettern darf das Meßergebnis an

einem Brett außerhalb der zulässigen Schranken liegen, um die Anforderungen aus Tabelle 5 und 6 noch zu erfüllen.

- Bei einem Stichprobenumfang von 20 Brettern müssen 18 Bretter die Bedingungen aus Tabelle 5 und 6 erfüllen. Liegen mehr als zwei Meßwerte außerhalb der zulässigen Grenzen, dann kann der Prüfumfang in Zehnerschritten vergrößert werden, um zu überprüfen, ob zufällig zu viele Meßwerte außerhalb der Grenzen getroffen wurden. Bei einer Trefferquote von 27 aus 30 oder 36 aus 40 überprüften Brettern wären die Anforderungen dann erfüllt.
- Wenn mehr als 20 Bretter überprüft werden, gilt allgemein, daß 90% aller Meßwerte innerhalb der in Tabelle 5 und 6 aufgeführten, zulässigen Schranken liegen müssen.

Wenn eine Kammerladung oder eine Lieferung die erwartete Spezifikation nicht erfüllt, dann muß sie entweder erneut überprüft, nachgetrocknet oder einer niedrigeren Trocknungsqualitätsklasse zugeordnet werden.

Tabelle 4: Minimalanforderungen an den Stichprobenumfang zur Ermittlung der Holzfeuchte

1)	TROQU S TROQU Q TROQU E	Jedes 10. Paket ist zu kontrollieren, jedes 7. Paket ist zu kontrollieren, jedes 5. Paket ist zu kontrollieren.
2)	Aus jedem kontrollierten Paket werden mindestens 5 Bretter geprüft ($u_{1/3}$).	
3)	Falls dies vertraglich festgelegt wurde, ist an jedem der ausgewählten Bretter zusätzlich zu 2) die Feuchtedifferenz ($u_{1/2} - u_{1/6}$) zu überprüfen.	
4)	TROQU S TROQU Q TROQU E	Minimaler Stichprobenumfang 15 Bretter/Bohlen, minimaler Stichprobenumfang 20 Bretter/Bohlen, minimaler Stichprobenumfang 25 Bretter/Bohlen.
5)	Falls der nach 4) geforderte Mindeststichprobenumfang durch Befolgen der Vorschrift 1) und 2) nicht erreicht wird, sind zusätzliche Pakete zu öffnen.	

2.3.2 Zulässige Variation der mittleren Holzfeuchte ($u_{1/3}$)

Die Bezugsgröße für die mittlere Holzfeuchte betreffenden Qualitätskriterien in den **Trocknungsqualitäten S, Q und E** ist die **Sollfeuchte** (u_{Soll}). Die Holzfeuchte $u_{1/3}$ wird als Näherungswert für die mittlere Holzfeuchte eines Brettes angesehen.

Die **Klasse S (Standard)** erlaubt die größten Abweichungen, Klasse **Q (Qualitätsgetrocknet)** stellt die universelle Klasse mit relativ engen Streubreiten dar. In **Klasse E (Exklusiv)** darf die Holzfeuchte nur in sehr geringem Maße streuen. Klasse E sollte deshalb nur für exklusive Anwendungsfälle spezifiziert werden.

Die maximal zulässigen Abweichungen der mittleren Holzfeuchten ($u_{1/3}$), die von 90% aller getesteten Bretter erfüllt werden müssen, sind in den drei Trocknungsqualitätsklassen als Funktionen der Zielfeuchte (u_{Soll}) definiert (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Zulässige Bandbreite der mittleren Holzfeuchte ($u_{1/3}$) in Abhängigkeit von der vereinbarten Zielfeuchte (u_{Soll}).

Trocknungs- qualität	90 % aller Meßergebnisse $u_{1/3}$ müssen innerhalb der Schranken liegen:	Beispiele für zulässige Bandbreiten, wenn als Zielfeuchte u_{Soll} vereinbart wurde:		
		10%	14%	18%
S (standard)	$u_{Soll} \pm u_{Soll} \times 0,3$	7,0-13,0	9,8-18,2	12,6-23,4
Q (qualitäts- getrocknet)	$u_{Soll} \pm u_{Soll} \times 0,2$	8,0-12,0	11,2-16,8	14,4-21,6
E (exklusiv)	$u_{Soll} \pm u_{Soll} \times 0,1$	9,0-11,0	12,6-15,4	16,2-19,8

Seit langer Zeit werden Ausdrücke wie z.B. "shipping dry" oder "delivery dry" verwendet, um die Holzfeuchteigenschaften von Lieferungen zu spezifizieren. Der Skandinavische Standard INSTA 141 definiert, daß in einer Lieferung oder einer Charge, die als "delivery dry" charakterisiert wurde, 97,7% aller Stücke einen durchschnittlichen Holzfeuchtegehalt unter oder gleich 24% haben müssen, um sicher zu stellen, daß die Ware normalen See- und Landtransport sowie die sachgemäße Lagerung beim Kunden übersteht, ohne Schaden zu nehmen. Um die "delivery dry" Spezifikation nach der EDG-Richtlinie zu erfüllen, muß die Lieferung mit einer Holzfeuchte zwischen 14 und 17% bei Trocknungsqualität S² vereinbart werden.

2.3.3 Zulässige Variation der Holzfeuchtedifferenzen in einzelnen Brettern

Die Bezugsgröße für die die Holzfeuchtedifferenz ($u_{1/2} - u_{1/6}$) betreffenden Qualitätskriterien in den **Trocknungsqualitäten S, Q und E** ist wiederum die **Sollfeuchte** (u_{Soll}). Wenn zusätzlich zur Variation der mittleren Holzfeuchte in einer Ladung die Holzfeuchtedifferenz in einzelnen Brettern als wichtiges Qualitätskriterium für die spätere Verarbeitung angesehen wird, dann müssen die Vertragspartner dies **explizit** in ihren Verträgen spezifizieren. Die Holzfeuchtedifferenz wird definiert als Differenz zwischen der Holzfeuchte in Brettmitte und der Holzoberflächenfeuchte, gemessen bei 1/6 der Brettstärke. Die zulässigen Bandbreiten der Holzfeuchtedifferenzen (siehe Tabelle 6) in den drei Trocknungsqualitätsklassen S, Q und E sind definiert als Funktionen der Zielfeuchte (u_{Soll}).

Methode: Die Überprüfung der Feuchtedifferenzen über den Brettquerschnitt erfolgt an ein und derselben Stelle durch sukzessives Einstechen der Elektroden in verschiedene Tiefen. Die erste Messung erfolgt bei 1/6 der Brettstärke. Bei dünnen Brettern beträgt die Mindesteindringtiefe 5 mm. Anschließend werden die Elektroden bis 1/3 der Brettstärke eingeschlagen, um die mittlere Holzfeuchte zu bestimmen. Die letzte Messung erfolgt bei 1/2 der Brettstärke. Für jedes überprüfte Brett müssen die Einzelwerte für die spätere Aus- und Bewertung protokolliert werden. Falls Trennschnitte durchgeführt wurden, können die Elektroden auch in die frischen Schnittstellen in Längsrichtung eingeschlagen werden, wobei die Elektroden in entsprechenden Abständen zur Oberfläche angesetzt werden.

Bei der Überprüfung von Nadelholz ist darauf zu achten, daß die Messung der Holzfeuchtedifferenzen zu gleichen Teilen in Splint- und Kernholzbereichen durchgeführt werden.

² Bei der Trocknung von Nadelholz sind Seitenbretter einen höheren Anteil an Splintholz als die Kernbretter, was dazu führt, daß gegen Ende der Trocknung noch erhebliche Feuchteunterschiede vorliegen können. Um mittlere Holzfeuchten oberhalb 24% bei Seitenware sicher zu vermeiden, muß normalerweise 17% **S** vereinbart werden. Bei Chargen, die überwiegend Kernbretter enthalten, werden die Anforderungen von "delivery dry" auch erfüllt, wenn 17-19% bei Trocknungsqualität **Q** vereinbart wird.

Tabelle 6: Zulässige Bandbreite der Holzfeuchtedifferenzen ($u_{1/2} - u_{1/6}$) in einzelnen Brettern als Funktion der Zielfeuchte (u_{Soll})

Trocknungsqualität	90 % aller Holzfeuchte-differenzen ($u_{1/2} - u_{1/6}$) müs-sen gleich oder kleiner sein als:	Zulässige Bandbreite der Holz-feuchtedifferenz, wenn als Ziel-feuchte vereinbart wurde:		
		10%	14%	18%
S (standard)	$u_{Soll} \times 0,4$	4,0	5,6	7,2
Q (qualitätsgetrocknet)	$u_{Soll} \times 0,3$	3,0	4,2	5,4
E (exklusive)	$u_{Soll} \times 0,2$	2,0	2,8	3,6

2.3.4 Dokumentation der Meßergebnisse

Im Rahmen einer jeden Qualitätskontrolle sollten in jedem Fall alle Meßergebnisse protokolliert werden, um die verwendete Methode und die Resultate zu dokumentieren. Um die Durchführung der Kontrolle der Trocknungsqualität und deren Auswertung zu erleichtern, können die im Teil 5 dieser Richtlinie enthaltenen Formblätter verwendet werden.

Nach der Qualitätskontrolle beim Produzenten sollte das Material in einer solchen Art und Weise gelagert, verpackt und versandt werden, daß sich der Holzfeuchtegehalt nicht mehr maßgeblich ändert.

2.4 Grundlagen der Verschalung

Trocknungsspannungen, verursacht durch das Auftreten von Holzfeuchtegradienten über den Brettquerschnitt während der Trocknung, führen zur Verschalung und können im Rahmen der normalen technischen Trocknung nicht vermieden werden. Während der Ausbildung von Feuchtegradienten entstehen zu Beginn der Trocknung zwangsläufig Zugspannungen in den Oberflächenschichten und Druckspannungen im Kernbereich der Bretter. Hierbei können plastische Dehnungen in der Oberfläche auftreten, die dazu führen, daß im weiteren Verlauf der Trocknung, wenn auch in Brettmitte die Schwindung einsetzt, die sogenannte Spannungsumkehr eintritt. Die überdehnten und verhärteten Oberflächenschichten setzen der Schwindung der Kernbereiche einen großen Widerstand entgegen. Im Kern entstehen Zugspannungen und in den Außenzonen Druckspannungen. Überschreiten die Zugspannungen im Inneren die Querkzugfestigkeit des Holzes, dann kommt es zur Ausbildung von Innenrissen. Sowohl Trocknungsspannungen als auch Feuchtedifferenzen im Brettquerschnitt können während der sogenannten Konditionierphase gegen Ende des Trocknungsprozesses ausgeglichen werden. Durch Einwirkung von hohen relativen Luftfeuchten bei möglichst hohem Temperaturniveau wird die Oberfläche wiederbefeuchtet und plastifiziert. Hierbei tritt eine lokale Quellung auf, die dazu führt, daß die oberflächlichen Druckspannungen die Proportionalitätsgrenze überschreiten. Hierdurch wird die plastische Deformation, die zu Beginn der Trocknung durch die oberflächlichen Zugspannungen verursacht wurde, bei gleichzeitigem Feuchteausgleich wieder rückgängig gemacht.

Verschalung und/oder starke Feuchteunterschiede zwischen Kern- und Oberfläche in Schnittholz können bei der Verarbeitung Probleme verursachen. Verschaltes Holz kann beim oberflächenparallelen Auftrennen mit spontanen Deformationen reagieren. Liegen zusätzlich Feuchtegradienten vor, dann reagieren die freigeschnittenen Querschnitte mit zusätzlichen Deformationen während des allmählichen Feuchteausgleichs.

Die nachfolgend beschriebene Methode zur Ermittlung des Verschalungsgrades wurde speziell für die Anwendung in der Praxis entwickelt. Ihre Ergebnisse reflektieren das Verhalten verschaltes Holzes unter Verarbeitungs- und Endnutzungsbedingungen.

Der Verschalungsgrad wird nur dann ermittelt, wenn im Vertrag explizit Grenzwerte

vereinbart wurden. In einem solchen Falle sind Routineprüfungen durch den Produzenten des getrockneten Schnittholzes nicht zwingend, wenn dieser aufgrund seiner bisherigen Erfahrungen davon ausgehen kann, daß durch die Verwendung von angepaßten Trocknungsplänen und/oder Konditionierphasen die zulässigen Verschalungsgrade nicht überschritten werden. Wenn Grenzwerte festgelegt wurden, dann muß der Käufer die Verschalungstests entsprechend der nachstehend aufgeführten Methode durchführen.

2.4.1 Mittenschnitt-Test zur Bestimmung von Deformationen, verursacht durch Verschalung

Die Bewertung des Verschalungsgrades (quantitativ und qualitativ) muß Effekte einschließen, die durch Restspannungen (Verschalung) und Feuchtegradienten über den Brettquerschnitt verursacht werden. Die verwendete Prüfmethode soll das Deformationsverhalten des getrockneten Materials während der nachfolgenden Verarbeitung sowie unter Endnutzungsbedingungen widerspiegeln.

Bei der Bewertung des Verschalungsgrades von Trocknerladungen und Lieferungen muß folgendes beachtet werden:

- 1) Innerhalb einer getrockneten Partie wird nie ein einheitlicher Verschalungszustand angetroffen. Bretter mit ausgeprägt liegenden Jahrringen sowie Bretter mit hoher Anfangsfeuchte und Rohdichte neigen in stärkerem Maße zur Verschalung als solche mit überwiegend stehenden Jahrringen. Die Ermittlung des Verschalungsgrades bei Laub- und Nadelhölzern sollte zu gleichen Teilen an Probeprettern mit liegenden Jahrringen, stehenden Jahrringen und solchen mit Jahrringen im 45° Winkel durchgeführt werden. Jeweils ein Drittel der Probepretter sollte dabei zopfseitig bzw. am unteren Brettende (Stammfuß) geprüft werden, sofern sich dies noch feststellen läßt. Ein Drittel der Proben soll aus der Brettmitte entnommen werden.
- 2) Gabelproben sind stets aus Querriegeln zu schneiden, die in einem Abstand von 300-500 mm vom Hirnende bzw. aus der Mitte des jeweiligen Brettes entnommen wurden. Es ist darauf zu achten, daß es sich bei den 15 mm breiten Querriegeln um fehlerfreies Material handelt. Oberflächen-, Innen- und Hirnrisse sowie Äste und Zonen mit Faserabweichungen oder hohem Harzgehalt sind in unmittelbarer Nähe der Verschalungsprobe nicht erlaubt.
- 3) Der minimale Stichprobenumfang zur Untersuchung des Verschalungsgrades einer Kammerladung oder Lieferung beträgt 18 Bretter und setzt sich zusammen aus Proben mit folgenden Eigenschaften:

Tabelle 4b: Zusammensetzung der Mindeststiche zur Überprüfung des Verschalungsgrades

	Zopfende	Stammfuß	Brettmitte
Seitenbretter	2	2	2
stehende Jahrringe	2	2	2
45° Jahrringwinkel	2	2	2

- 4) Die Auswertung der Verschalungsproben unmittelbar nach dem Freischneiden erlaubt ausschließlich eine qualitative Beurteilung des momentanen Spannungszustandes. Die durch Feuchtegradienten über den Brettquerschnitt verursachten Verschalungskomponenten werden erst nach dem Feuchteausgleich sichtbar. Hierzu müssen die Verschalungsproben vor der Auswertung auf einen gleichmäßigen Feuchtegehalt konditioniert werden, im Falle von Nadelholz mindestens 24 Stunden, bei Laubholz 48 Stunden.

Mittenschnitt-Test

Der **Mittenschnitt-Test** zur Bewertung des Verschalungsgrades ist speziell für die Anwen-

dung in der industriellen Praxis entwickelt worden. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen der **Gabelprobe**. Während jedoch die Gabelprobe nur qualitative Aussagen über den Verschalungsgrad zu liefern vermag, kann der Mittenschnitt-Test ohne großen Aufwand quantitative Aussagen über den Verschalungsgrad liefern.

Bei dem in Abbildung 2 schematisch dargestellten Mittenschnitt-Test werden aus den nach Zufallsgesichtspunkten entsprechend Tabelle 4b ausgesuchten Brettern 15 mm dicke Querriegel entnommen. Jeder Querriegel wird an einem Ende sauber geschnitten. Ein zweiter Schnitt wird in 100 mm Abstand geführt. Hierdurch entsteht ein 100 mm breiter Quader mit einer Höhe, die der Brettdicke entspricht. Der Probenkörper wird anschließend in der Mitte parallel zur Brettoberfläche entweder auf einer Kreis- oder Bandsäge aufgetrennt oder aber mit einem scharfen Messer gespalten. Die beiden Probenhälften werden wieder zusammengelegt und bei einem möglichst konstanten Innenraumklima (20°C±5°C, 55%±10% relative Luftfeuchte) bis zum Feuchteausgleich gelagert. Bei Nadelholz werden hierfür mindestens 24 Stunden, bei Laubholz mindestens 48 Stunden benötigt. Nach dem Feuchteausgleich wird der Spalt zwischen den beiden Hälften mit einem genauen Lineal oder einem Meßkeil vermessen.

Tabelle 7 zeigt die zulässigen Spaltöffnungen, die bei 90% aller überprüften Bretter in den drei Trocknungsqualitätsklassen auftreten dürfen.

Wenn die Breite des Prüfkörpers kleiner als 100 mm ist, können die Ergebnisse leicht nach der untenstehenden Formel auf eine Probenbreite von 100 mm normiert werden. Diese Formel kann auch zur Normierung der Ergebnisse von Prüfkörpern verwendet werden, die breiter als 100 mm sind

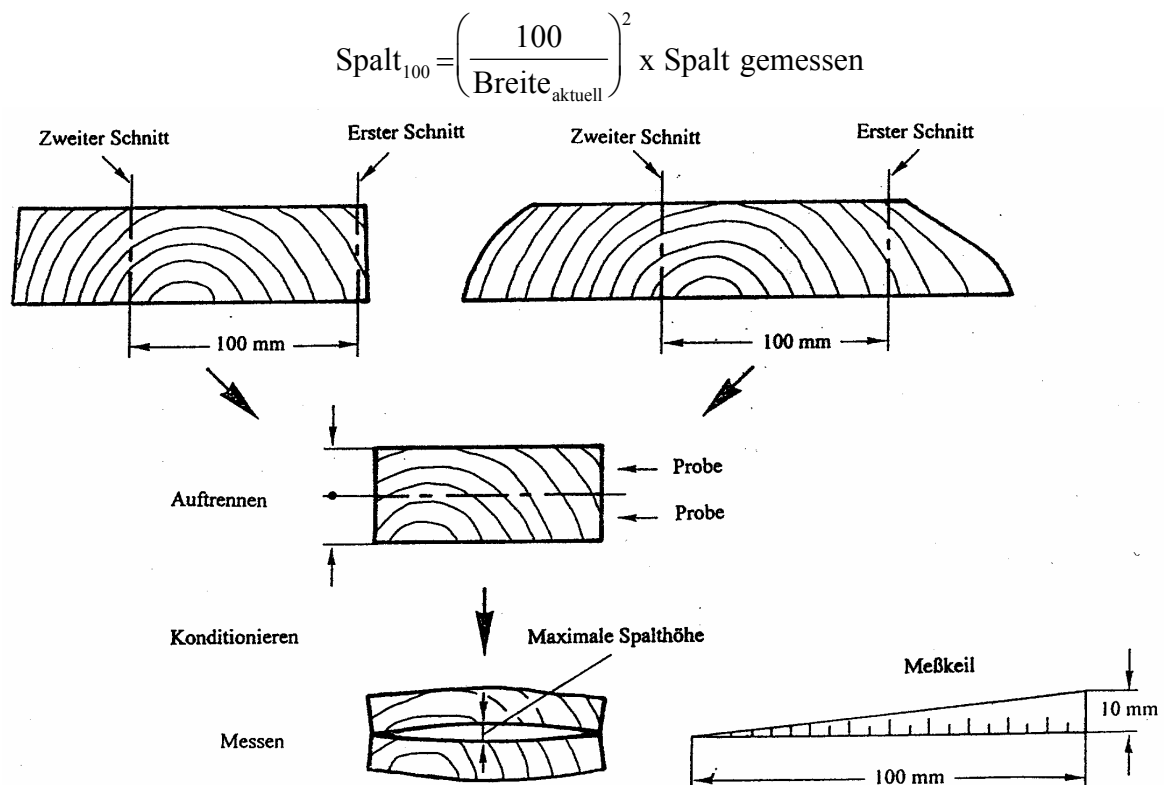


Abb.: 7: Mittenschnitt-Test (Probenanfertigung und Durchführung)

Tabelle 7: Zulässiger Verschalungsgrad, ermittelt nach der Konditionierung und bezogen auf eine Probenbreite von 100 mm

Trocknungsqualität	90% aller Spaltöffnungen nach der Konditionierung müssen kleiner sein als:
S (Standard)	3 mm
Q (qualitätsgetrocknet)	2 mm
E (exklusive)	1 mm

Teil 3 Zusätzliche Kriterien mit Einfluß auf die Trocknungsqualität

3.1 Rißbildung

Trocknungsbedingte Rißbildung, in welcher Form auch immer, beeinflusst die Trocknungsqualität in erheblichem Maße. Bei der Beurteilung und Bewertung von Rissen ist jedoch zu beachten, daß nicht alle Risse, auch wenn sie meist erst während der Trocknung entstehen, tatsächlich durch eine nicht fachgerechte Trocknungsführung verursacht werden. Tabelle 8 gibt eine Übersicht über Risse, die durch falsche Trocknungsbedingungen verursacht werden und solche die ursächlich durch das Vorhandensein von holzspezifischen Eigenschaften hervorgerufen werden.

Tabelle 8: Rißtypen

Holzspezifische Rißbildung	Rißbildung aufgrund falscher Trocknung
• Markrisse	• Oberflächenrisse
• Wechseldrehwuchsrisse	• Innenrisse
• Ringschäle	• Hirnrisse
• Risse durch Wachstumsspannungen	• Mittenrisse (bedingt)

Die verschiedenen Rißtypen können normalerweise leicht voneinander unterschieden werden, wenn die nachfolgenden Beschreibungen und Abbildungen beachtet werden.

3.1.1 Holzspezifische Rißbildung

Markrisse, Mittenrisse

Markrisse (auch Herzrisse oder Strahlenrisse genannt) sind in der Regel radial verlaufende Risse mit zum Teil beträchtlichen Längen, die bis in die Markröhre reichen oder auf diese zulaufen. Herz- oder Markrisse treten vorwiegend in Bohlen, Brettware, Kanteln oder Balken auf, die die Markröhre enthalten oder die in unmittelbarer Nähe der Markröhre geschnitten wurden. Die Ursache für die Rißbildung liegt in der Anisotropie der Schwindung in tangentialer und radialer Richtung begründet. Das Auftreten von Markrissen kann unter normalen Trocknungsbedingungen nicht verhindert werden.

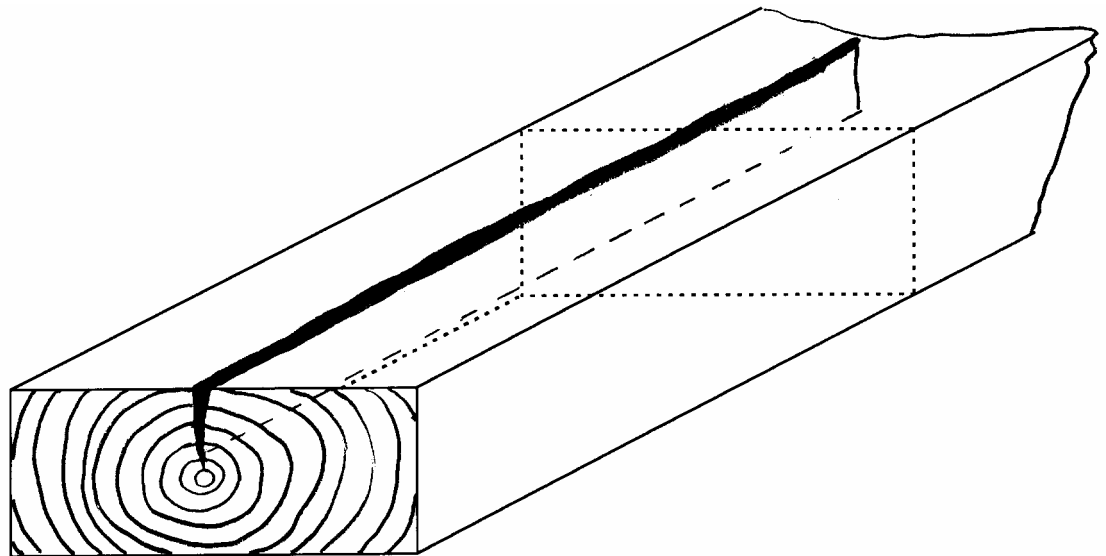


Abb. 3: Mark- oder Herzrisse

Wechseldrehwuchsrisse

Wechseldrehwuchsrisse entstehen in Zonen mit ausgeprägtem Wechseldrehwuchs. Ursache sind auch hier die unterschiedlichen Schwindmaße in den drei verschiedenen anatomischen Richtungen. Beim Wechseldrehwuchs weisen Zuwachszonen abwechselnd positive oder negative Abweichungen zum geraden Faserverlauf in Richtung der Stammachse auf. Da die Schwindmaße in tangentialer und radialer Richtung mindestens 10 mal so groß sind wie in longitudinaler Richtung, entsteht ein starker Absperreffekt. In Zonen mit starker Faserneigung überschreiten die schwindungsbedingten Querzugspannungen auch bei vorsichtiger Trocknungsführung schnell die Querzugfestigkeit. Es bilden sich typische, leicht schräg zur Brettachse verlaufende Risse. Das Ausmaß der Wechseldrehwuchsrisse kann durch vorsichtige Trocknungsführung begrenzt werden. Bei scharfer Trocknung kann die Rißbildung verstärkt werden. Bei Wechseldrehwuchsrissen ist deshalb eine klare Unterscheidung zwischen trockenungsbedingter und holzspezifischer Rißbildung nicht immer eindeutig möglich.

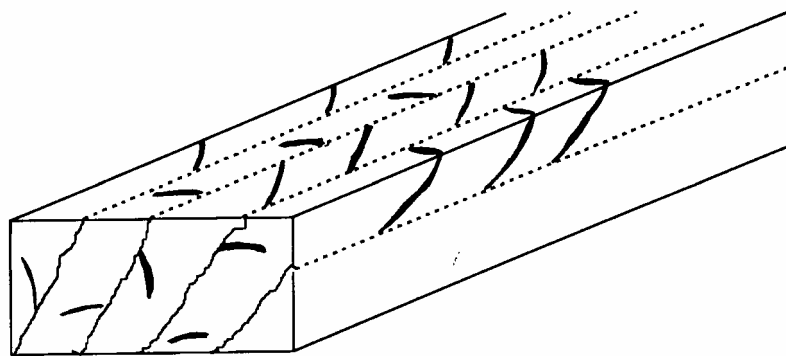


Abb. 4: Rißbildung aufgrund von Wechseldrehwuchs

Ringschäle

Unter Ringschäle versteht man Risse, die entlang der Jahrringgrenze verlaufen. Sie treten meist in Nadelholz auf. Häufig sind ein plötzlicher Wechsel der Jahrringbreite oder atypisch dünnwandige Frühholzzellen das auslösende Moment für Ringschäle. Ringschäle kann bereits im stehenden oder gefällten Stamm vorliegen. Aber auch wenn sie erst während der Trocknung auftritt, liegt die Ursache in den holzanatomischen Gegebenheiten und **nicht in der Trocknungsführung**. Ringschäle kann von Oberflächen- oder Innenrissen, die entlang

der Jahrringgrenze verlaufen, dadurch unterschieden werden, daß Ringschäle in der Regel nur einmal in einer Bohle auftritt und in Richtung der Stamm- bzw. Brettachse eine zum Teil beträchtliche Ausbreitung hat. Ringschäle ist meist zumindest auf einer Brettseite deutlich erkennbar. Im Gegensatz dazu treten trocknungsbedingte Innenrisse entlang der Jahrringgrenze in der Regel nicht vereinzelt auf. Sie enden außerdem immer kurz unterhalb der Brettoberfläche.

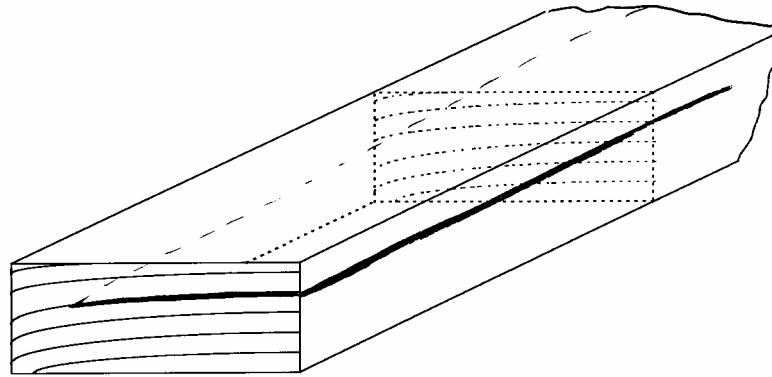


Abb. 5: Ringschäle

Risse durch Wachstumsspannungen

Manche Holzarten (z.B. die heimische Rotbuche) neigen zur Ausbildung von starken Wachstumsspannungen. Diese Spannungen können so groß werden, daß der gesamte Stamm oder Teile des Stammquerschnitts in Längsrichtung mit Rissen durchsetzt sind. Oft zeigen Risse auf Grund von Wachstumsspannungen das Aussehen von Ringschäle. Risse aufgrund von Wachstumsspannungen lassen sich von trocknungsbedingten Oberflächen-, Innen- oder Hirnrissen dadurch unterscheiden, daß sie meist keine einheitliche Ausprägung aufweisen, unregelmäßig verlaufen und länger als 200-300 mm vom Hirnende aus in Brett längsrichtung verlaufen. Außerdem sind gleichzeitig oft Verformungen der Bretter in Längsrichtung (Verdrehung, Krümmung) zu beobachten. Das Ausmaß der Rißbildung aufgrund von Wachstumsspannungen kann während der Trocknung durch sehr vorsichtige Trocknungsführung begrenzt werden. Manchmal hilft das Beschweren der Stapel. Auch durch Dämpfen vor der Trocknung können Wachstumsspannungen zum Teil abgebaut werden.

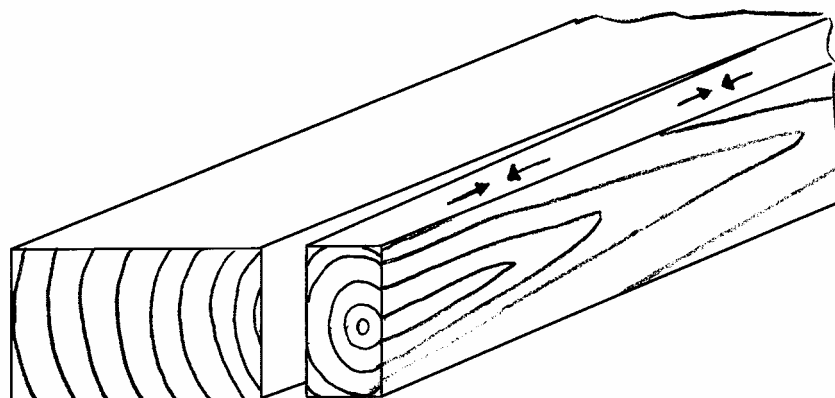


Abb. 6: Rißbildung durch Wachstumsspannungen oder Juvenile Wood

3.1.2 Rißbildung, verursacht durch falsche Trocknungsbedingungen

Da Rißbildung sowohl die Gebrauchseigenschaften als auch die Trocknungsqualität in starkem Maße beeinflusst, sollte sie - wenn immer möglich - durch geeignete Maßnahmen vermieden werden. Da Holz jedoch ein Naturprodukt mit einer breiten Spanne von Eigenschaften ist, muß damit gerechnet werden, daß selbst bei vorsichtiger Trocknungsführung ein geringes Ausmaß an Oberflächen-, Innen-, Mitten- und Hirnrissen in einem kleinen Teil der Trocknercharge oder der Lieferung nicht immer vermieden werden kann. Ökonomische Gründe sprechen normalerweise dagegen, die Trocknung so schonend zu fahren, daß eine Rißbildung gänzlich unterbleibt.

Oberflächenrisse

Oberflächenrisse (Windrisse), bei weniger als 2 mm Tiefe auch Haarrisie genannt, entstehen während der Anfangsphase der Trocknung, wenn die Oberfläche zu rasch austrocknet. Die mit der Oberflächentrocknung einhergehende Schwindung wird von den noch feuchten inneren Brettbereichen behindert. Es kommt zu starken Querspannungen, die bei Überschreiten der Quersugfestigkeit des Holzes spontan durch Rißbildung abgebaut werden. Oberflächenrisse finden sich meist auf den breiten Seiten von Brettern und Bohlen. Sie verlaufen regelmäßig entlang der Markstrahlen, die natürliche Schwachstellen im Holz darstellen. Bretter mit liegenden Jahrringen (Seitenware) sind besonders gefährdet. Oberflächenrisse lassen sich von anderen Rißtypen dadurch unterscheiden, daß sie in der Regel gleichmäßig über die gesamte Brettlänge verteilt sind. Zum Teil reichen sie tief ins Brettinnere hinein, niemals jedoch bis auf die andere Brettseite.

Die zu Beginn der Trocknung auftretenden Oberflächenrisse können sich eventuell im weiteren Verlauf der Trocknung nach erfolgter Spannungsumkehr wieder schließen, so daß sie nicht mehr oder nur noch schwer erkennbar sind. Der Nachweis von geschlossenen Oberflächenrisse erfolgt durch Entnahme eines Querriegels, von dem parallel zur Brettoberfläche ein dünner, ca. 5-8 mm dicker Steifen abgeschnitten wird (Band- oder Kreissäge). Verdeckte Oberflächenrisse klaffen dann auf. Bei tiefgehenden, geschlossenen Oberflächenrisse zerfällt der Streifen bereits beim Sägen in mehrere Stücke (siehe Abb. 7a).

Während der Verarbeitung von Schnittholz mit Oberflächenrisse entstehen oft Schwierigkeiten, weil sich die feinen Risse bei Klimawechseln oder bei Oberflächenbehandlungen wieder öffnen.

Oberflächenrisse in Schnittholz, die nicht weiter als 2 mm ins Brettinnere hineinreichen (siehe Tabelle 9), müssen in jedem Fall akzeptiert werden, da die sägerauhe Oberfläche gehobelt werden muß, und die Haarrisie hierbei verschwinden. Bei der Bewertung von Oberflächenrisse kommt der durchschnittlichen Rißtiefe eine geringere Bedeutung zu als der maximalen Rißtiefe. Die maximale Rißtiefe innerhalb eines Brettes bildet deshalb die Grundlage für die qualitative Bewertung nach Tabelle 9. Dicke Bretter und Bohlen neigen stärker zur Ausbildung von Oberflächenrisse als dünne Bretter.

Mittenrisse (Abb. 7b) sind eine spezielle Form von Oberflächenrisse. Sie entstehen vorwiegend in Brettern mit liegenden Jahrringen auf der Außenseite an der Stelle, wo die Jahrringe am flachsten verlaufen. Mittenrisse treten auf, weil in Brettern mit liegenden Jahrringen die Schwindung am größten ist. Aufgrund der Anisotropie schüsseln diese Bretter am stärksten. Das Schüsseln wird jedoch während der Trocknung durch das Stapelgewicht behindert, hierdurch entstehen zusätzliche Spannungen, die leicht die Quersugfestigkeit des Holzes überschreiten. Mittenrisse können insbesondere bei schwächeren Nadelholzdimensionen durch angepaßte Trocknungspläne minimiert werden. Bei Laubhölzern ist dies kaum zu erreichen.

Im skandinavischen Raum werden Oberflächenrisse normalerweise anhand der Rißlänge bewertet. Die Rißlänge läßt sich wesentlich einfacher bestimmen als die Rißtiefe. Zwischen

Rißlänge und Rißtiefe bestehen in der Regel klare Zusammenhänge, so daß gegen eine Bewertung der Oberflächenrißbildung anhand der maximalen Rißlänge nichts einzuwenden ist.

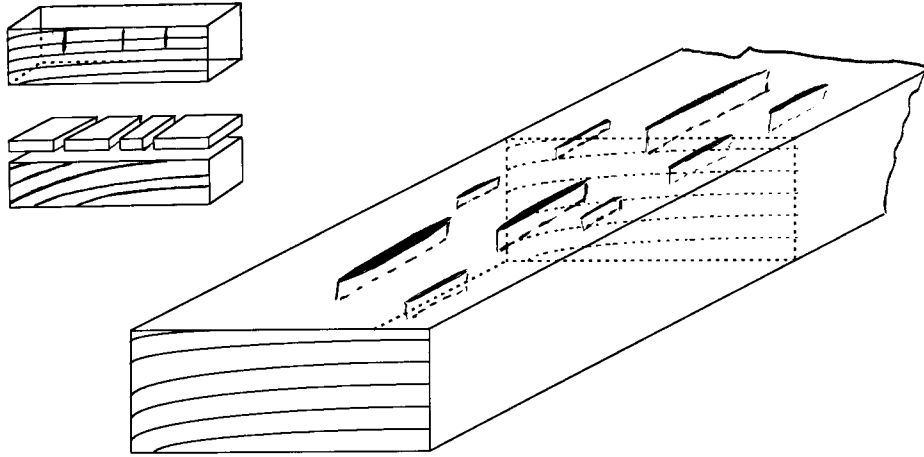


Abb. 7a: Oberflächenrisse

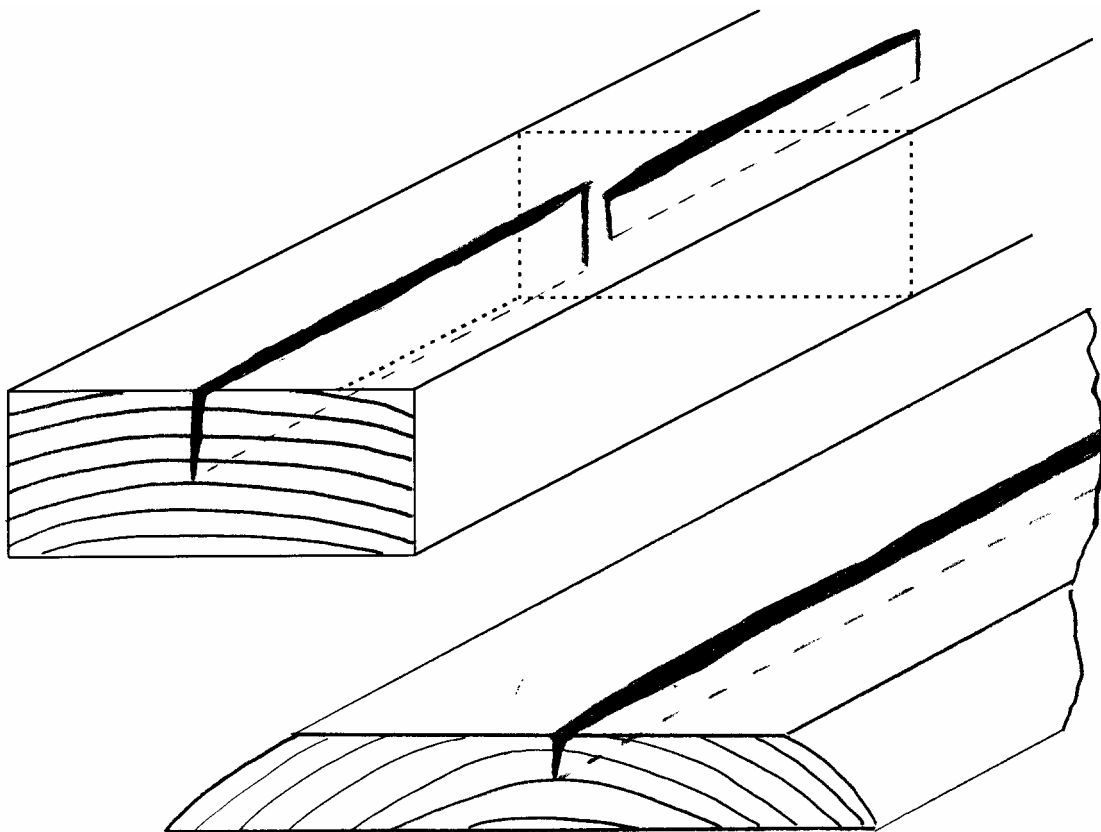


Abb 7b: Mittenrisse (eine spezielle Form der Oberflächenrißbildung)

Tabelle 9: Ausmaß der Oberflächenrißbildung

Ausmaß von Oberflächenrissen	Zulässige maximale Rißtiefe
stark	Tiefe größer als 5 mm auf jeder Seite
mäßig	Tiefe 2-5 mm auf jeder Seite
gering	Tiefe weniger oder gleich 2 mm auf jeder Seite

Innenrisse

Innenrisse entstehen in der Regel gegen Ende des Trocknungsprozesses, wenn das Material zuvor durch zu scharfe Trocknungsbedingungen verschalt worden ist. In der Anfangsphase trocknet die Oberfläche durch zu scharfe Trocknungsbedingungen stark aus. Es entstehen steile Feuchtegradienten. Die starke oberflächliche Trocknung und die Schwindungsbehinderung durch die noch feuchte Brettmitte verursachen hohe Zugspannungen und eine plastische Überdehnung der Oberflächenschichten. Wenn im weiteren Verlauf der Trocknung auch die inneren Schichten zu schwinden beginnen, setzen die verschalteten (verhärteten) Oberflächenschichten dieser Schwindung einen großen Widerstand entgegen. Es kommt zu einer Spannungsumkehr, d.h. aus den oberflächlichen Zugspannungen werden Druckspannungen. Die zu Beginn der Trocknung unter Druckspannungen stehende Brettmitte weist nach der Spannungsumkehr Zugspannungen auf, die mit fortschreitender Trocknung höher werden. Überschreiten diese inneren Zugspannungen die Quersugfestigkeit des Holzes, so kommt es zu den gefürchteten Innenrisse. Innenrisse sind äußerlich sehr schwer zu erkennen. Oft deutet eine leicht, aber gleichmäßig eingefallene Oberfläche in einem Teil der Charge auf das Vorhandensein von starken Trocknungsspannungen hin. Werden solche eingeschnürten Oberflächen entdeckt, ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, daß ein Teil der Charge Innenrisse aufweist. Innenrisse können auch als Begleiterscheinung von Zellkollaps auftreten. Sie entstehen dann jedoch bereits zu Beginn der Trocknung, während die Innenbereiche der Bretter noch Holzfeuchten von weit oberhalb Fasersättigung aufweisen.

Zur Vermeidung von Reklamationen sollte jede Charge nach Abschluß der Trocknung auf Innenrisse hin untersucht werden. Hierbei wird an einigen Brettern mit vorwiegend liegenden Jahrringen ein Trennschnitt in einem Abstand zum Hirnende von 300-500 mm durchgeführt. Die frischen Schnittflächen werden auf Innenrisse untersucht. Am ehesten finden sich Innenrisse in Stücken mit hoher Rohdichte, da diese innerhalb der Charge am langsamsten trocknen und während der Trocknung oft zu scharfen Trocknungsbedingungen ausgesetzt sind.

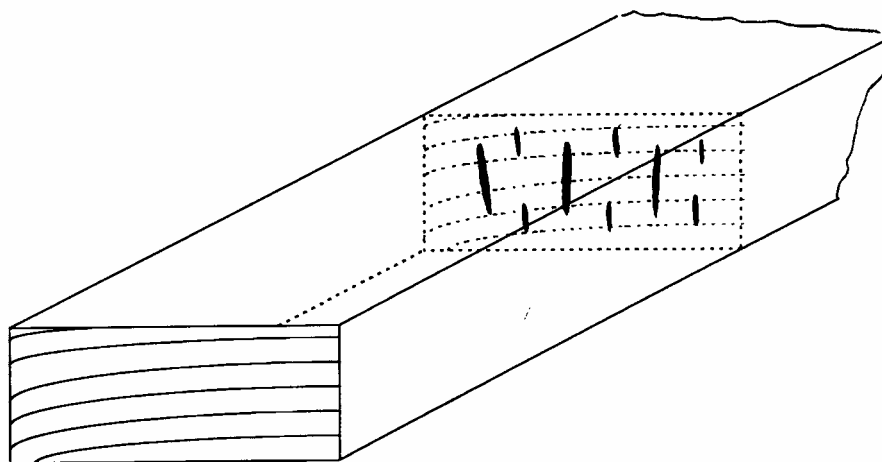


Abb. 8: Innenrisse

Innenrisse in Schnittholz stellen einen erheblichen Mangel dar, wenn das Holz für hochwertige Verwendung vorgesehen ist. Aus diesem Grund werden Innenrisse nicht hinsichtlich ihrer Größe oder Länge bewertet, sondern ausschließlich hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens. Nur wenn Bretter oder Kanthölzer im Anschluß an den Trocknungsprozeß nicht aufgeschnitten werden, z.B. bei Verwendung als Bauholz, kann das Vorhandensein von Innenrisen eventuell toleriert werden. Das Ausmaß der Innenrißbildung wird in Tabelle 10 charakterisiert.

Tabelle 10: Ausmaß der Innenrißbildung

Ausmaß von Innenrisen	Zulässiger Anteil von Brettern mit Innenrisen in einer Charge oder Lieferung
stark	Innenrisse in mehr als 10 % aller Bretter
mäßig	Innenrisse in 2-10 % aller Bretter
gering	Innenrisse in weniger als 2 % aller Bretter

Hirnrisse

Hirnrisse verlaufen, vom Hirnende der Bretter ausgehend, einige Zentimeter bis Dezimeter entlang der Brettachse. Hirnrisse können zu einem gewissen Grad durch das Aufbringen von dampfundurchlässigen Anstrichen auf die Hirnflächen vor der Trocknung vermieden werden. Hirnrisse können den gesamten Brettquerschnitt erfassen; in einem solchen Fall ist jedoch die Ausdehnung in Längsrichtung begrenzt. Hierdurch lassen sie sich klar von Rissen, hervorgerufen durch Wachstumsspannungen abgrenzen. Hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Oberflächen-, Innen- und Hirnrissen dürften kaum Schwierigkeiten auftreten.

Da leichte Hirnrißbildung (bis zu 50 mm Länge) auch unter sehr milden Trocknungsbedingungen kaum verhindert werden kann, sollte wertvolles Laubschnittholz in jedem Fall vor der Trocknung mit Schutzanstrichen versehen werden.

Die qualitative Bewertung von Hirnrissen unterscheidet sich von der Bewertung von Oberflächen- und Innenrisen dadurch, daß sowohl ihre Häufigkeit als auch ihre Länge in die Bewertung einfließt. Tabelle 11 enthält den Bewertungsmaßstab für Hirnrisse.

Abb. 9: Hirnrisse

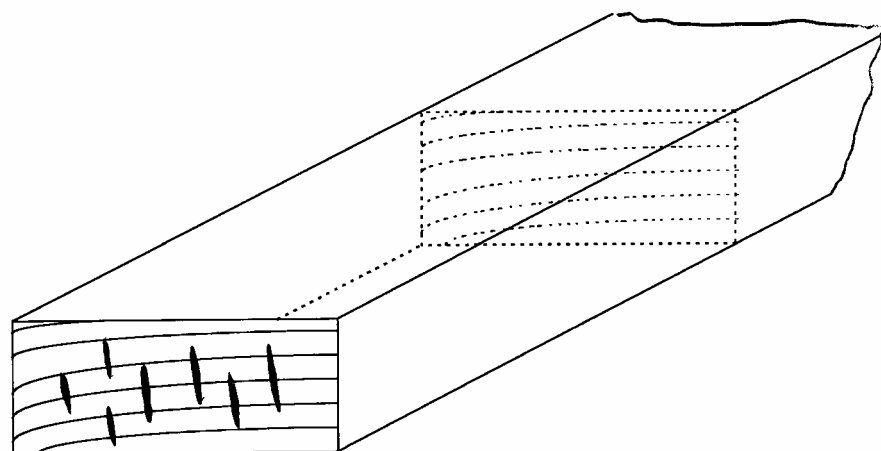


Tabelle 11: Bewertung des Ausmaßes der Hirnrißbildung

Ausmaß der Hirnrißbildung	Zulässige Länge von Hirnrissen und Anteil von Brettern mit Hirnrissen in der Ladung/Lieferung
stark	Länge größer als 200 mm in mehr als 10% der Ladung
mäßig	Länge zwischen 50 - 200 mm in mehr als 10% der Ladung
gering	Länge nicht über 50 mm in mehr als 10% der Ladung

3.2 Kollaps

Zellkollaps oder Zellschwund entsteht während der Freiluft- oder Kammertrocknung aufgrund von hohen kapillaren Zugspannungen bei Holzfeuchten oberhalb von Fasersättigung. Bedingt durch zu rasche Austrocknung können die kapillaren Zugspannungen so hoch werden, daß über weite Bereiche die Holzzellen in sich zusammenfallen (kollabieren). Zellkollaps ist äußerlich erkennbar an einer unregelmäßig eingefallenen Oberfläche. Dieses Phänomen wird oft auch als übermäßige Schwindung bezeichnet. Zusammen mit dem Zellkollaps treten oft (aber nicht immer) Innenrisse im Holz auf. Bestimmte Holzarten sind besonders gefährdet, z.B. Eukalyptus, Eiche mit hoher Rohdichte, Hölzer mit Naßkern. Zellkollaps ist immer auf eine zu schnelle Trocknung oberhalb Fasersättigung zurückzuführen. Durch eine Zwischenkonditionierung (intensive Wiederbefeuchtung der Brettoberfläche mit Sattdampf bei mittleren Holzfeuchten um 20%) kann Zellkollaps zum Teil rückgängig gemacht werden.

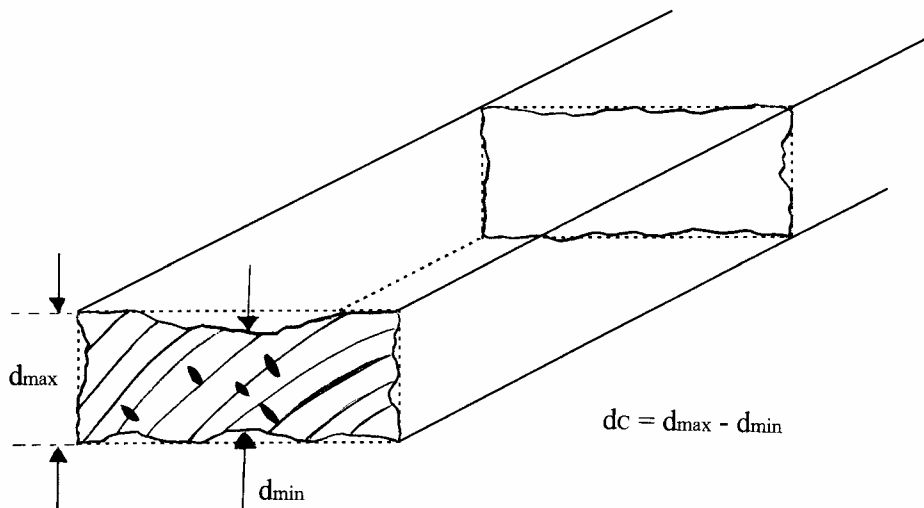


Abb. 10: Bewertung des Ausmaßes von Zellkollaps

Das Ausmaß von Zellkollaps innerhalb eines Brettes wird anhand der Differenz d_c zwischen größter und kleinster Dicke im Querschnitt bewertet. Hierfür ist ein Trennschnitt durch den kollabierten Bereich zu führen. Die Brettdicke wird an verschiedenen Stellen mittels Schiebellehre oder Millimetermaß vermessen.

Tabelle 12: Charakterisierung des Ausmaßes von Zellkollaps

Ausmaß an Kollaps	Zulässige Dickenschwächung d_k durch Zellkollaps
stark	$d_c \leq 6$ mm (Holzverlust durch Querschnittsschwächung)
mäßig	$d_c \leq 3$ mm (durch kräftiges Hobeln zu beseitigen)
gering	$d_c \leq 2$ mm (durch leichtes Hobeln zu beseitigen)

3.3 Trocknungsbedingte Verfärbungen

Als trockenungsbedingte Verfärbungen sind solche Verfärbungen zu bezeichnen, die nachweislich während der Freiluft- oder Kammertrocknung entstanden sind. Die Ursachen für trockenungsbedingte Verfärbungen sind vielfältig. Nicht in allen Fällen kann dem mit der Trocknung beauftragten Betrieb (wichtig für Lohntrockner) die Schuld für Verfärbungen zugeschoben werden.

Voraussetzung für die zweifelsfreie Feststellung, ob es sich um trockenungsbedingte Verfärbungen oder um Verfärbungen handelt, die schon vor Beginn der Trocknung im Holz vorgelegen haben, ist die Kontrolle der Partie **vor Beginn der Trocknung** und bei empfindlichen Hölzern, die stark zu Verfärbungen neigen, die Entnahme von Referenzproben. Bei der Trocknung von Werthölzern (z.B. Eiche) sollte jeder Trockenkammerbetreiber im eigenen Interesse solche Referenzproben ziehen, um im Falle von Reklamationen Beweismaterial zur Hand zu haben.

Folgende Ursachen für trockenungsbedingte Verfärbungen sind häufig anzutreffen:

- Bläue oder oberflächliche Schimmelbildung (meist verursacht durch zu langsame Freilufttrocknung vor der technischen Trocknung)
- Farbänderungen durch Kondensation von Wasser auf der Brettoberfläche
- Farbänderungen durch zu hohe Trocknungstemperaturen
- Farbänderungen durch zu langsame Trocknung im Bereich oberhalb Fasersättigung

Stapelleistenabdrücke und/oder Verfärbungen unter den Stapelleisten können bei Verwendung von feuchten, schmutzigen oder falschen Stapellatten (zu dünn, zu breit, falsche Holzart) verursacht werden. Verfärbungen unter den Stapelleisten entstehen vielfach schon während der Freilufttrocknung und/oder Lagerung und sind deshalb nicht direkt der Trocknungsführung bei der technischen Trocknung zuzuschreiben, sondern eher der Lagerung.

Da eine Bewertung des Ausmaßes von trockenungsbedingten Verfärbungen äußerst schwierig ist und in starkem Maße vom jeweiligen Verwendungszweck abhängig ist, wird in dieser Richtlinie auf die verschiedenen Typen und Ausprägungsformen eingegangen. In all den Fällen, in denen trockenungsbedingte Verfärbungen die Verwendbarkeit des Schnittholzes beeinträchtigen, sind die Vertragsparteien aufgerufen, in den Verträgen die zu- oder unzulässigen trockenungsbedingten Verfärbungen und deren Ausmaß eindeutig zu spezifizieren. Hierbei können die im folgenden aufgeführten Definitionen hilfreich sein:

- **oberflächliche Verfärbungen**

Als **oberflächliche Verfärbungen** werden Farbänderungen bezeichnet, bei denen sich eine dunkle Oberflächenfarbe gegen eine hellere Farbe in Brettmitte absetzt. Verfärbungen unter und in der Nähe von Stapelleisten sind als Oberflächenverfärbungen zu betrachten.

- **Innenverfärbungen**

Als **Innenverfärbungen** werden Farbänderungen bezeichnet, bei denen sich eine dunkle Innenschicht gegen eine hellere Oberflächenschicht absetzt.

- **gleichmäßige Verfärbungen**

Verfärbungen sind **gleichmäßig**, wenn sie einheitlich den ganzen Querschnitt erfassen, ohne daß über den Brettquerschnitt Farbunterschiede zu erkennen sind.

- **ungleichmäßige Verfärbungen**

Unter **ungleichmäßigen** Verfärbungen werden fleckige oder streifige Farbänderungen verstanden, die sich von der Grundfarbe absetzen.

Trocknungsbedingte Verfärbungen sollten an frischen Querriegeln, die mit einer scharfen Kreis- oder Bandsäge in einem Abstand von 300-500 mm vom Hirnende entnommen wurden, bewertet werden.

3.4 Verformungen und Verwerfungen

Obwohl viele Verformungen und Verwerfungen von Schnittholz während der Trocknung entstehen, kann meist die Art der Trocknungsführung nicht für deren Auftreten verantwortlich gemacht werden. Querkrümmungen (Schüsseln, Hohlziehen) werden unvermeidbar durch die natürliche Schwindungsanisotropie verursacht. Krümmungen in Richtung der Breite oder Verdrehungen haben ihre Ursache meist in den individuellen Wuchseigenschaften (Wachstumsspannungen, Dreh- oder Wechseldrehwuchs, Faserabweichungen, Druck- oder Zugholz, u.a.). Definitionsgemäß beeinflussen solche Verformungen nicht die Trocknungsqualität und können deshalb auch nicht Gegenstand der Bewertung im Rahmen der vorliegenden Richtlinie sein. Sie beeinflussen vielmehr die Holzqualität. Ihr zulässiges Ausmaß wird deshalb in einer Vielzahl von nationalen und internationalen Normen geregelt.

Obwohl viele während der Trocknung auftretende Deformationen durch die spezifischen Holzeigenschaften verursacht werden, kann ihre Ausprägung durch die Gestaltung des Trocknungsprozesses beeinflusst werden (speziell angepaßte Trocknungspläne, Beschweren der Stapel mit Gewichten, etc.).

Mehrfache Krümmungen in Richtung der Brettstärke sind oft durch unsachgemäße Stapelung oder Positionierung der Zulagenhölzer während der Trocknung entstanden und sind deshalb Bestandteil der Trocknungsqualität.

Teil 4: Übersichtstabellen Trocknungsqualität

Tabelle 4.1: Zulässige Bandbreite der mittleren Holzfeuchte ($u_{1/3}$) in Abhängigkeit von der vereinbarten Zielfeuchte (u_{Soll}).

Trocknungsqualität	90 % aller Meßergebnisse $u_{1/3}$ müssen innerhalb der Schranken liegen:	Beispiele für zulässige Bandbreiten, wenn als Zielfeuchte u_{Soll} vereinbart wurde:		
		10%	14%	18%
S (standard)	$u_{Soll} \pm u_{Soll} \times 0,3$	7,0-13,0	9,8-18,2	12,6-23,4
Q (qualitätsgetrocknet)	$u_{Soll} \pm u_{Soll} \times 0,2$	8,0-12,0	11,2-16,8	14,4-21,6
E (exklusiv)	$u_{Soll} \pm u_{Soll} \times 0,1$	9,0-11,0	12,6-15,4	16,2-19,8

Tabelle 4.2: Zulässige Bandbreite der Holzfeuchtedifferenzen ($u_{1/2} - u_{1/6}$) in einzelnen Brettern als Funktion der Zielfeuchte (u_{Soll})

Trocknungsqualität	90 % aller Holzfeuchtedifferenzen ($u_{1/2} - u_{1/6}$) müssen gleich oder kleiner sein als:	Zulässige Bandbreite der Holzfeuchtedifferenz, wenn als Zielfeuchte vereinbart wurde:		
		10%	14%	18%
S (standard)	$u_{Soll} \times 0,4$	4,0	5,6	7,2
Q (qualitätsgetrocknet)	$u_{Soll} \times 0,3$	3,0	4,2	5,4
E (exklusive)	$u_{Soll} \times 0,2$	2,0	2,8	3,6

Tabelle 4.3: Mindestanforderungen an den Stichprobenumfang zur Ermittlung der Holzfeuchte

1)	TROQU S TROQU Q TROQU E	Jedes 10. Paket ist zu kontrollieren, jedes 7. Paket ist zu kontrollieren, jedes 5. Paket ist zu kontrollieren.
2)	Aus jedem kontrollierten Paket werden mindestens 5 Bretter geprüft ($u_{1/3}$).	
3)	Falls dies vertraglich festgelegt wurde, ist an jedem der ausgewählten Bretter zusätzlich zu 2) die Feuchtedifferenz ($u_{1/2} - u_{1/6}$) zu überprüfen.	
4)	TROQU S TROQU Q TROQU E	Minimaler Stichprobenumfang 15 Bretter/Bohlen, minimaler Stichprobenumfang 20 Bretter/Bohlen, minimaler Stichprobenumfang 25 Bretter/Bohlen.
5)	Falls der nach 4) geforderte Mindeststichprobenumfang durch Befolgen der Vorschrift 1) und 2) nicht erreicht wird, sind zusätzliche Pakete zu öffnen.	

Tabelle 4.4: Zulässiger Verschalungsgrad, bestimmt nach der Konditionierung und bezogen auf eine Probenbreite von 100 mm

Trocknungsqualität	90% aller Spaltöffnungen nach der Konditionierung müssen kleiner sein als:
S (Standard)	3 mm
Q (qualitätsgetrocknet)	2 mm
E (exklusive)	1 mm

Tabelle 4.5: Charakterisierung des Ausmaßes der Oberflächenrißbildung

Ausmaß von Oberflächenrissen	Zulässige maximale Rißtiefe
stark	Tiefe größer als 5 mm auf jeder Seite
mäßig	Tiefe 2-5 mm auf jeder Seite
gering	Tiefe weniger oder gleich 2 mm auf jeder Seite

Tabelle 4.6: Charakterisierung des Ausmaßes der Innenrißbildung

Ausmaß von Innenrissen	Zulässiger Anteil von Brettern mit Innenrissen in einer Charge oder Lieferung
stark	Innenrisse in mehr als 10 % aller Bretter
mäßig	Innenrisse in 2-10 % aller Bretter
gering	Innenrisse in weniger als 2 % aller Bretter

Tabelle 4.7: Charakterisierung des Ausmaßes der Hirnrißbildung

Ausmaß der Hirnrißbildung	Zulässige Länge von Hirnrissen und Anteil von Brettern mit Hirnrissen in der Ladung/Lieferung
stark	Länge größer als 200 mm in mehr als 10% der Ladung
mäßig	Länge zwischen 50 - 200 mm in mehr als 10% der Ladung
gering	Länge nicht über 50 mm in mehr als 10% der Ladung

Tabelle 4.8: Charakterisierung des Ausmaßes von Zellkollaps

Ausmaß an Kollaps	Zulässige Dickenschwächung d_k durch Zellkollaps
stark	$d_c \leq 6$ mm (Holzverlust durch Querschnittsschwächung)
mäßig	$d_c \leq 3$ mm (durch kräftiges Hobeln zu beseitigen)
gering	$d_c \leq 2$ mm (durch leichtes Hobeln zu beseitigen)

Teil 5: Checklisten und Formulare zur Qualitätskontrolle

5.1 Checkliste zur Ermittlung der Trocknungsqualität

- 1) Visuelle Begutachtung der Partie. Auswahl der Stapel (Pakete) für die Kontrolle.
- 2) Paket oder Stapel öffnen. Proben nach Zufallsgesichtspunkten ziehen.
- 3a) Meßelektroden einschlagen, gegebenenfalls vorbohren.
- 3b) An allen Testbrettern die Holzfeuchte bei 1/3 Brettstärke messen.
- 3c) Wenn die Einhaltung bestimmter Feuchtedifferenzen gefordert ist, Elektroden zuerst auf 1/6 Brettstärke (Mindesteindringtiefe 5 mm), dann auf 1/3 Brettstärke und abschließend bis auf 1/2 Brettstärke einschlagen.
- 4a) Falls Trennschnitt erforderlich, diesen in 300-500 mm Abstand vom Hirnende oder in Brettmitte durchführen und Querriegel von 15-20 mm Stärke entnehmen.
- 4b) An der frischen Schnittstelle mit dem Handfeuchtemeßgerät durch seitliches Einstechen. Holzfeuchte (eventuell in unterschiedlichen Tiefen) bestimmen:
- 4c) Querriegel auf Oberflächen- und Innenrisse untersuchen.
Oberflächenrißtiefe bewerten.
Vorhandensein von Innenrisse notieren.
- 4d) Querriegel hinsichtlich Verfärbungen bewerten.
- 4e) Querriegel beiseite legen für die Bestimmung des Verschalungsgrades und später bei 6) fortfahren.
- 5) Bei 2) fortfahren, bis erforderlicher Stichprobenumfang erreicht ist.
- 6) Der Verschalungsgrad wird nach Abschluß aller anderen Messungen überprüft.
Aus den Querriegeln auf einer Band- oder Kreissäge oder mit einem Spaltnmesser die rechteckigen Probenkörper für die Mittenschnittprobe anfertigen.
Mittenschnittproben bei Nadelholz mindestens 24 Stunden, bei Laubholz mindestens 48 Stunden lang klimatisieren. Anschließend maximale Spaltöffnung vermessen.
- 7) Alle Bewertungsergebnisse in ein Protokollformular eintragen.
- 8) Protokollblatt auswerten und Trocknungsqualität bestimmen.
- 9) Charge für OK erklären, zurückweisen, nachtrocknen oder in niedrigere Trocknungsqualitätsklasse einstufen.