

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Forstverein
<b>Band:</b>	143 (1992)
<b>Heft:</b>	5
<b>Artikel:</b>	Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen ( <i>Fagus sylvatica L.</i> ) : Trocknungsverhalten bei Freiluftlagerung
<b>Autor:</b>	Mayrhofer, Ambros
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-765815">https://doi.org/10.5169/seals-765815</a>

### 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:** 16.01.2026

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

# **Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (*Fagus sylvatica L.*): Trocknungsverhalten bei Freiluftlagerung**

Von *Ambros Mayrhofer*

FDK 176.1 Fagus: 847.1:848.5

## **1. Einleitung**

Die vorliegende Untersuchung ist Teil eines umfassenden Gesamtprojekts, durchgeführt an 2 x 8 ausgewählten Bäumen. Eine nähere Charakterisierung derselben ist bereits durch *Bucher* und *Kučera* (1991) erfolgt.

Hier soll nun die Frage beantwortet werden, ob bzw. in welchem Mass visuell erkennbare Kronenschäden das Trocknungsverhalten des Stammholzes verändern. Insofern vermehrt Holz aus Waldschadensgebieten zur industriellen Verwertung gelangt, ist eine solche Fragestellung aus der Praxis verständlich.

Die Möglichkeiten zur direkten Veränderung trocknungsrelevanter Parameter – vor allem im schon gebildeten Holz – dürften jedoch nur gering sein. Eine verminderte Schutz- und Konservierungsfunktion des geschädigten Baumes für sein Holz beeinträchtigt in erster Linie die Holzqualität, aber nicht unbedingt das Trocknungsverhalten an sich; dies gilt insbesondere für Verfärbungen und die Feuchteverteilung im frischen Holz.

Schwerpunktmaßig wurde die Wasserabgabe untersucht, ergänzend dazu Aufzeichnungen über das Werfen, das Biegen und die Rissbildung vorgenommen. Über das Schwindungsverhalten gibt ein anderes Teilprojekt Auskunft (*Popper* und *Eberle*, 1992). Untersuchungen über die Querzugeigenschaften sind im Gesamtprojekt nicht enthalten. Ein Vergleich des Farbverhaltens entfiel, weil diesbezüglich die Anfangsbedingungen zu unterschiedlich waren: fünf der acht geschädigten Buchen wiesen im untersuchten Stammabschnitt Farbkernholz auf, die gesunden Buchen waren frei davon.

## **2. Versuchsdurchführung**

### *2.1 Zuschnitt*

Als Ausgangsmaterial für die Freilufttrocknung diente pro Baum je ein etwa 1,25 m langer Stammabschnitt aus ungefähr 3 bis 4 Meter Höhe. Daraus wurden ein Tag nach dem Fällen bei der Firma R. Schaub, Andelfingen, mittels Bandsäge im Parallelschnitt unbesäumte Bretter (mit Rinde) von 25 mm Dicke zugeschnitten. Die Schwarten und gegebenenfalls noch ein angrenzendes Brett wurden ausgeschieden.

### *2.2 Stapelung und Probenbezeichnung*

Gleichentags erfolgte die Stapelung auf zwei Reihen Stapellatten (Höhe 15 mm, Breite 25 mm), die möglichst nahe an den Hirnenden angeordnet waren, ruhend auf zwei zugehörigen, 0,55 m hohen Sockeln aus Schaumbeton. Innerhalb des Stapels wurde eine stammweise Anordnung der Bretter – wie bei Blockware – gewählt. Die Bretterpakete von vier Bäumen (gleicher Fälltermin, gleicher Standort) bildeten jeweils einen separaten Stapel nach dem Schema: zwei nebeneinander, zwei übereinander.

Die insgesamt vier Stapel (I bis IV) wurden, beginnend am 31. Mai 1988, im zeitlichen Abstand von jeweils einer Woche auf dem Gelände der ETH-Hönggerberg auf einem freien Stück Wiese errichtet. Sie bildeten eine Reihe parallel zur Längsrichtung der Bretter in etwa ost-westlicher Erstreckung und mit 1,7 m breiten Zwischenräumen. Pro Fälltermin wurden je zwei gesunde bzw. geschädigte Bäume aufgearbeitet. Die zugehörigen Bretterpakete kamen im Stapel diagonal gegenüber und von Stapel zu Stapel versetzt zu liegen. Am 8. Juli 1988 erfolgte zwecks Regenschutz die Montage von leichten und einfach zu fixierenden Stapelabdeckungen aus transparenten, glasfaserverstärkten Polyesterwellplatten.

### *2.3 Aufzeichnungen*

#### *2.3.1 Wasserabgabe und Rissbildung*

Beginnend mit 31. Mai 1988/7. Juni 1988/14. Juni 1988/21. Juni 1988 für die Stapel I/II/III/IV wurde in zunächst kürzeren, dann längeren Zeitintervallen die Masse der Einzelbretter mit einer Waage bestimmt, dazu auf der Oberseite (also nur einseitig) der Bretter bestehende bzw. neu entstandene Risse und deren Längenwachstum mit Wachskreide markiert. Dabei handelte es sich in aller Regel um bezüglich der Brettdicke durchgehende Risse, die an den Hirnenden ihren Anfang genommen hatten. Für diese Aufgaben

mussten die Stapel jeweils vollständig abgebaut und in gleicher Weise wieder aufgebaut werden.

### 2.3.2 Werfen (Querkrümmung) und Biegen (Längskrümmung der Seite)

Das Verformungsverhalten der Bretter wurde nicht fortlaufend untersucht, sondern lediglich einmal hinsichtlich Werfen und Biegen messtechnisch erfasst, und zwar für die Stapel I und II am 1. Dezember 1988 und für die Stapel III und IV am 2. Dezember 1988 – unmittelbar nach dem Zuschnitt waren keine Verformungen ersichtlich. Als Messwert diente der Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Brettobерfläche und einer 1 m (Biegen) bzw. 0,2 m (Werfen) langen Messlatte. Diese wurde in axialer Richtung (Biegen) bzw. im rechten Winkel dazu (Werfen) und symmetrisch über dem Mittelpunkt aufgelegt. Gemessen wurde jeweils auf der dem Krümmungsmittelpunkt des Brettes zugewandten Seite. Lag das Brett mit dieser Seite nach unten gekehrt im Stapel, erhielt der Messwert ein negatives Vorzeichen.

### 2.3.3 Enddarrprobe

Am 2. Dezember 1988 wurden die Mittelbretter (stehende Jahrringe) hinsichtlich der Feuchteverteilung über Länge und Breite in einem 7 x 7 Messstellen umfassenden Raster genau ausgewertet. Damit konnte die optimale Schnittführung für eine möglichst repräsentative Enddarrprobe bei allen übrigen Brettern ermittelt werden. Die Entnahme dieser Darrproben geschah für die Stapel I/II/III/IV am 15. Dezember 1988/9. Januar 1989/10. Januar 1989/4. Januar 1989. Im Gegensatz zu einer Anfangsdarrprobe spricht für eine Enddarrprobe nicht zuletzt die Möglichkeit, die Probenbretter bis zuletzt in ihrer gesamten Dimension und unversehrt (Rissaufzeichnungen!) untersuchen zu können. Da das Klima nicht geregelt wird, ist die Kenntnis der Anfangsfeuchte bei Versuchsbeginn noch nicht nötig.

### 2.3.4 Klima

Zur Aufzeichnung des Freiluftklimas stand ab 18. Juni 1988 eine automatische Messstation, aufgebaut von Herrn H. Grunow, ETH Zürich, zur Verfügung. Die Aufnehmer für relative Luftfeuchte, Temperatur und Windgeschwindigkeit befanden sich in der Mitte eines angrenzenden, überdachten Freiluftlagerplatzes in etwa 3 m Höhe; am gleichen Ort in etwa 1 m Höhe war ein Thermohygrograph aufgestellt, mit dem von Versuchsbeginn an Aufzeichnungen vorgenommen wurden. In der Nähe des Stapels II befand sich die Niederslagsmesseinrichtung. Das Dach des Freiluftlagers bewirkte besonders für Stapel I in den Morgenstunden eine länger dauernde Beschattung.

### **3. Auswertung**

#### *3.1 Methodische Grenzen*

Bei der Freilufttrocknung wird Wasser einerseits im Holz von innen an dessen Oberfläche bewegt und andererseits von dort an die Umgebungsluft abgegeben, bis eine Ausgleichsfeuchte erreicht wird. Der Wassertransport wird also nur zum einen Teil von den holzspezifischen Eigenschaften beeinflusst, zum anderen Teil jedoch von der jeweils herrschenden Witterung. Demzufolge beeinflussen die Holzeigenschaften den Verlauf der Gesamtholzfeuchte nur insoweit, als nicht die Witterung den begrenzenden Faktor darstellt, was im Bereich oberhalb Fasersättigung bei Windstille durchaus der Fall sein kann.

Bezüglich der Möglichkeit, Unterschiede im Trocknungsverhalten im Zuge einer Freilufttrocknung feststellen zu können, gilt nun die gleiche Überlegung. Das Ergebnis dieses Versuches kann deshalb nicht ohne weiteres auf die Bedingungen einer technischen Trocknung übertragen werden; dort sollte nämlich die Belüftung in der Regel nicht begrenzend wirken. Das Verhalten der Feuchteverteilung über die Brettdicke oder die Brettbreite wurde nicht ermittelt, es wurde lediglich die Gesamtfeuchte bestimmt. Verhalten sich nur die äussersten Jahrringe unterschiedlich, verschwindet diese Differenz bei einer stammweisen Betrachtung mehr oder minder; bei anderen Verarbeitungsformen als Schnittholz, zum Beispiel Schälfurnier, bleibt sie aber erhalten.

#### *3.2 Klima*

Relative Luftfeuchte und Temperatur folgen in der Regel einem ausgeprägten Tagesrhythmus. Die täglichen Schwankungen der Holzausgleichsfeuchte betragen bis 10% (absolut) und auch darüber (*Abbildung 1*). Beim Wind kann ebenfalls ein Tagesrhythmus festgestellt werden, wenngleich nicht so regelmässig und mit starken Schwankungen der täglichen Maximalwerte. Daraus resultierende Schwankungen im Trocknungsverlauf bleiben bei einem minimalen Messintervall von drei Tagen unbekannt.

Eine unterschiedliche Anfangsholzfeuchte stellt für den Trocknungsvergleich eine besondere Schwierigkeit dar. Unter der Annahme desselben Trocknungsverhaltens nähern sich die Holzfeuchtwerte der anfänglich unterschiedlich feuchten Proben in jedem Fall asymptotisch an, die Trocknungskurven schneiden einander in keinem Fall. Nur bei Einbringen in ein Konstantklima lassen sich zudem die Trocknungskurven durch Verschieben entlang der Zeitachse weitgehend zur Deckung bringen. In etwas eingeschränkter Form ist diese Aussage auch bei gleichförmigem Wechselklima

zulässig. Bei anderen als den genannten Klimaverläufen ist ein Zur-Deckung-Bringen nur mehr partiell möglich.

Unter der Annahme eines unterschiedlichen Trocknungsverhaltens bei nach wie vor gleicher Holzausgleichsfeuchte kann es zwischen den Trocknungskurven der anfänglich unterschiedlich feuchten Proben zu Überschneidungen kommen. Auch bei Einbringen in ein Konstantklima lassen sich die Trocknungskurven durch Verschieben entlang der Zeitachse nicht mehr zur Deckung bringen.

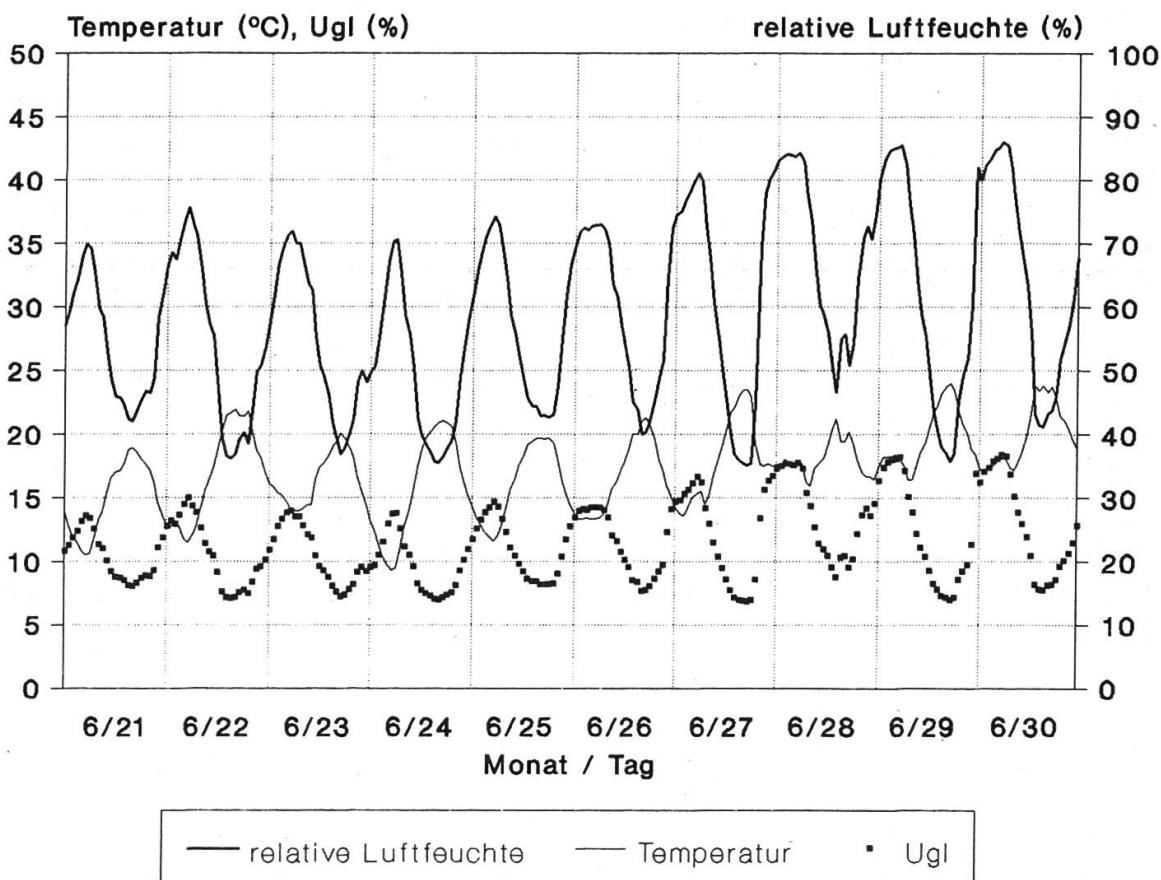


Abbildung 1. Ausschnitt des Klimaverlaufs am Versuchsort im Juni 1988. Stundenmittelwerte für Temperatur, relative Luftfeuchte und Holzausgleichsfeuchte ( $u_{\text{gl}}$ ).  $u_{\text{gl}}$ -Berechnung nach Zuritz et. al. (1979), zitiert in Avramidis (1989).

### 3.3 Wasserabgabe

Abbildung 2 gibt einen Überblick über den Holzfeuchteverlauf der einzelnen Stapel (Mittelwerte aus je vier Bäumen). Aufgrund der termingleichen Eintragung («Absolutzeit») sind die Anfangspunkte der Trocknungskurven in wöchentlichem Abstand versetzt. Zum Vergleich ist die aus den Tagesmittelwerten für relative Luftfeuchte und Temperatur (Aufzeichnungen des Thermohygrographen) berechnete Holzausgleichsfeuchte ( $u_{\text{gl}}$ ) eingetragen.

Ersichtlich werden deutliche Anfangsunterschiede der beiden Standorte (siehe auch Abbildung 3, Zeitpunkt 0), ein rascher Trocknungsfortschritt und ein unterschiedlicher Verlauf der einzelnen Kurven, der durch die Schwankungsbreite der Witterung verursacht ist. Bei termingleicher Betrachtungsweise sollte zumindest ein gleichgestalteter Verlauf feststellbar sein. Demgegenüber wirkt das relativ lange Messintervall – minimal drei Tage – verzerrend.

Die Montage der Stapelabdeckungen darf nicht falsch als  $u_{gl}$ -Erniedrigung interpretiert werden. Bei früherer Montage wäre es lediglich möglich gewesen, die Auswirkungen der vorangehenden Niederschlagsphase abzuschwächen. Der Effekt liegt also in einer Beschleunigung bzw. Ermöglichung des Ausgleichs (*Erreichen der Holzausgleichsfeuchte*).

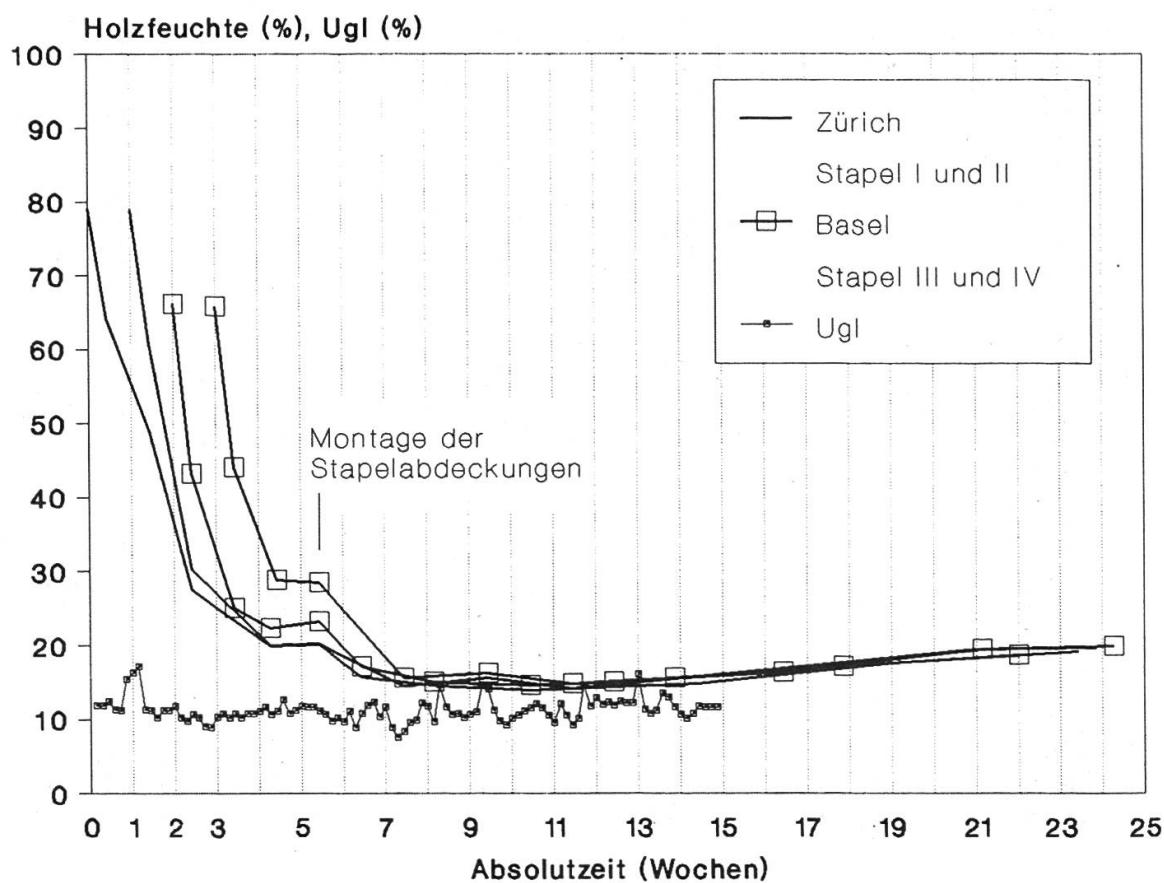


Abbildung 2. Holzfeuchteverlauf der einzelnen Stapel (25 mm dicke Bretter). Mittelwerte aus je vier Bäumen (zwei gesunde und zwei geschädigte Exemplare vom gleichen Standort). «Absolutzeit» bedeutet termingleiche Eintragung; die Stapel I bis IV wurden, beginnend mit 31. Mai 1988, in wöchentlichem Abstand errichtet. Zum Vergleich ist die aus den Tagesmittelwerten für relative Luftfeuchte und Temperatur berechnete Holzausgleichsfeuchte ( $u_{gl}$ ) eingetragen.

Abbildung 4 zeigt am Beispiel von Stapel I die Holzfeuchte der einzelnen Bretter in der Stapelposition. Man sieht, dass zu Beginn die Seitenbretter deutlich höhere Werte aufweisen. Der Unterschied zwischen Mittelbrett und

äusserstem Brett geht bis 35 Absolutprozent. Die Betrachtung des Trocknungsfortschritts in der gewählten Darstellungsform liefert folgendes Bild: Die Verteilung gleicht sich mehr oder minder aus (nach 3 Tagen, nach 10 Tagen), kehrt sich anschliessend um – die Mittelbretter haben jetzt deutlich höhere Werte (nach 10 Tagen, nach 17 Tagen) – und gleicht sich schliesslich wieder aus (nach 73 Tagen).

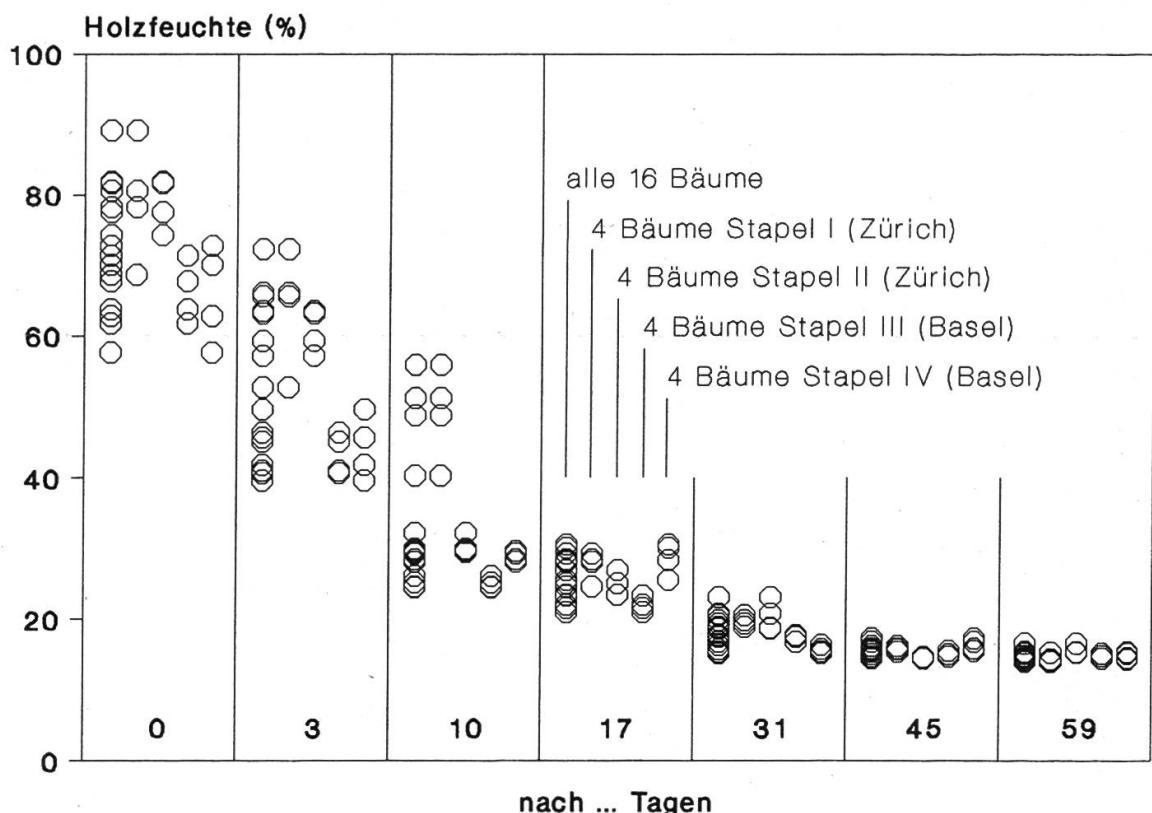


Abbildung 3. Holzfeuchte der einzelnen Bretterpakete (1 je Baum), gruppiert nach Standort und Stapel.

Die Unterschiede im Trocknungsverhalten sind also innerhalb eines Bretterpaketes desselben Baumes beträchtlich. Der Grund für ein solches Verhalten liegt in der unterschiedlichen Jahrringstellung (stehende/liegende Jahrringe). Bei der Stammittelwertbildung dürfen nicht einfach die Holzfeuchtwerte der Einzelbretter gemittelt werden, sondern es muss ein mit der Darrmasse des Einzelbrettes gewichteter Mittelwert errechnet werden. Mit anderen Worten, es müssen zunächst die Massen gemittelt werden, bevor die Feuchte berechnet wird, oder es muss die gesamte Feuchtmasse zur gesamten Darrmasse in Beziehung gesetzt werden.

Abbildung 5 zeigt die Gegenüberstellung der beiden Gruppen «gesund» bzw. «geschädigt» (Mittelwerte aus je acht Bäumen). Da es sich hier um zeitgleiche Eintragungen handelt, haben die Trocknungskurven nun einen gemeinsamen Beginn. Ersichtlich werden Anfangsunterschiede, die Annähe-

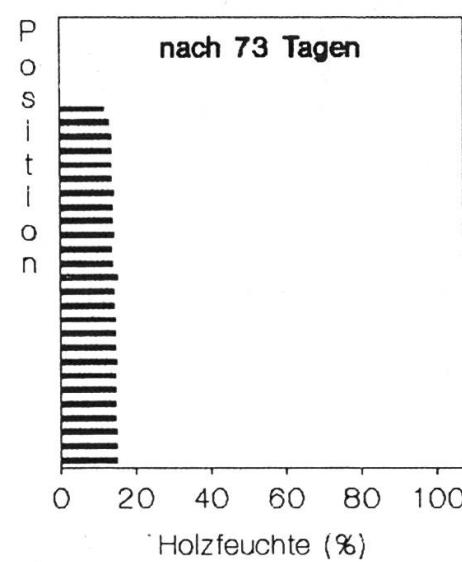
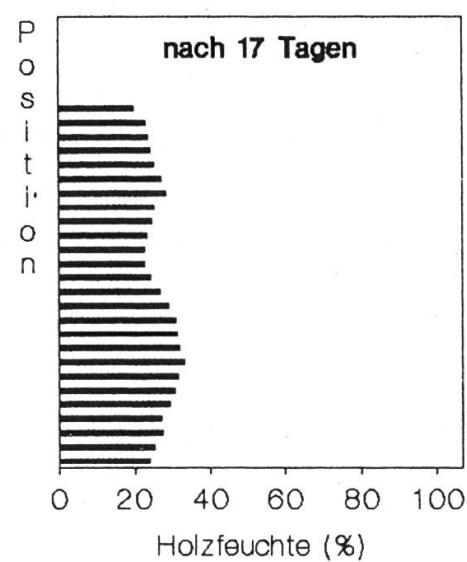
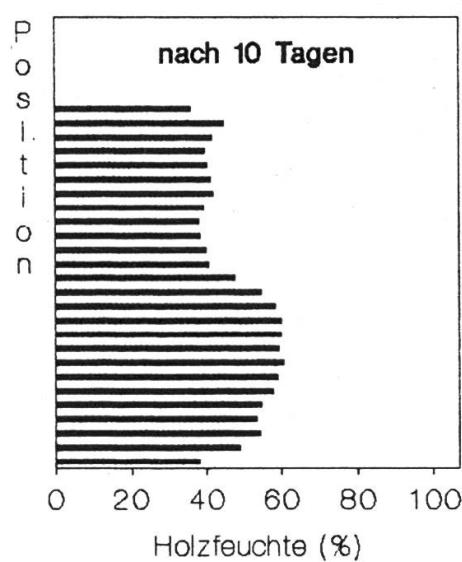
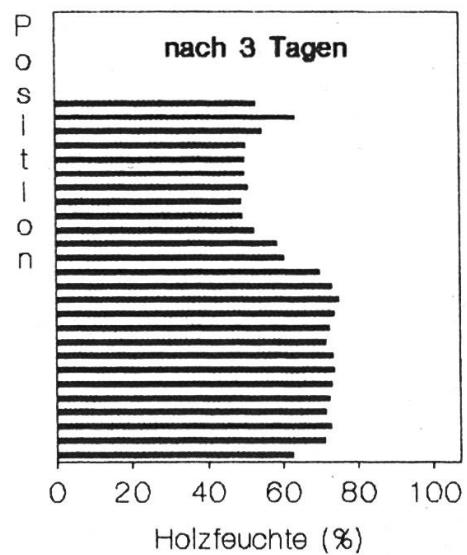
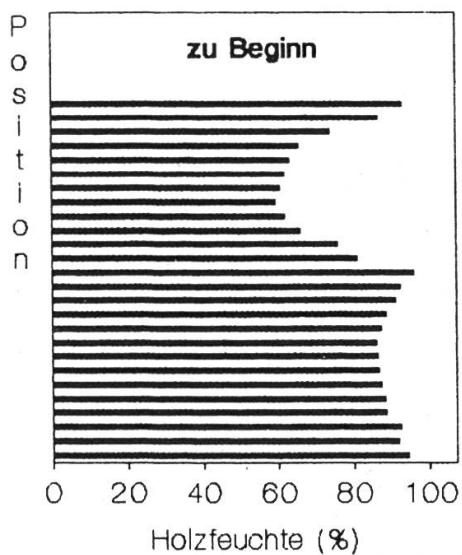


Abbildung 4. Holzfeuchte der Einzelbretter in der Stapelposition (Anordnung wie bei Blockware): Stapel I, halbseitig, zwei Bretterpakete über-einander.

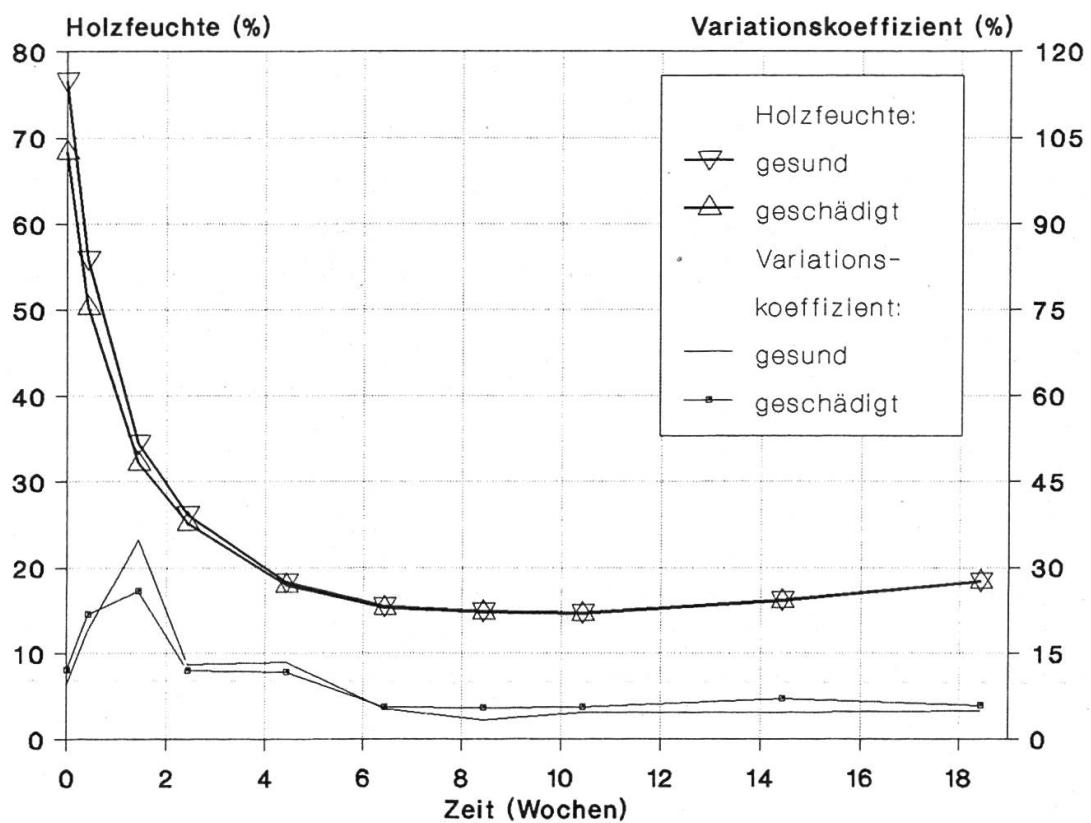


Abbildung 5. Holzfeuchteverlauf der beiden Gruppen «gesund» bzw. «geschädigt». Mittelwerte aus je acht Bäumen. Aufgrund der zeitgleichen Eintragung haben die Trocknungskurven gegenüber Abbildung 2 nun einen gemeinsamen Beginn.

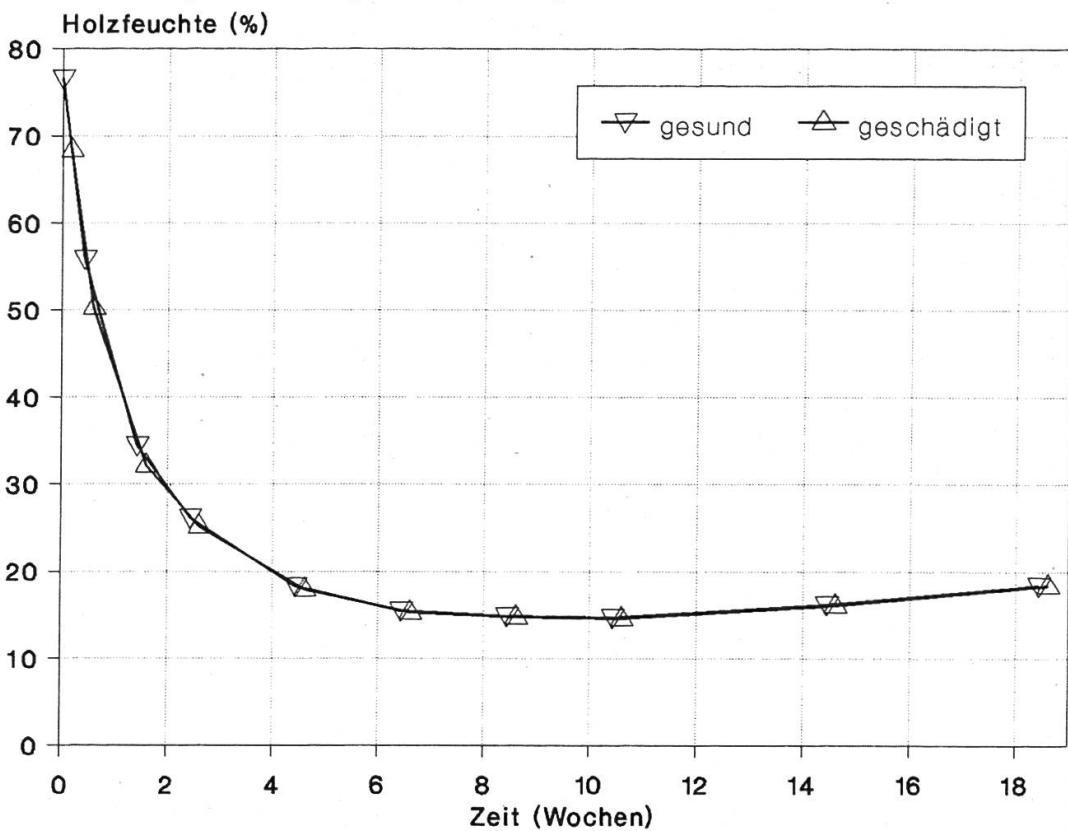


Abbildung 6. Vergleich der Trocknungskurven der beiden Gruppen «gesund» bzw. «geschädigt» durch Verschieben entlang der Zeitachse, Zeitversatz 0,17 Wochen.

rung der Kurven im Verlauf der Trocknung und eine systematische Wiederbefeuchtung nach Durchlaufen eines Minimums. Ausgehend von etwa 70% Anfangsfeuchte werden nach zwei Wochen etwa 30%, nach vier Wochen etwa 20% und nach acht Wochen schliesslich etwa 15% (Minimum) erreicht. Auffallend ist der gegenüber *Abbildung 2* geglättete Verlauf; selbst die Ecke bei der Montage der Stapelabdeckungen verschwindet. Ein Vorteil der asynchronen Versuchsdurchführung ist es, dass unterschiedliche Klima miteinbezogen werden und somit ein breiteres Klimaspektrum abgedeckt wird.

Nachteilig wirkt sich jedoch aus, dass die Varianz der zu vergleichenden Gruppen zu einem guten Teil durch die Schwankungsbreite der Witterung bedingt ist (siehe auch *Abbildung 3*, besonders auffällig ist Stapel I nach 10 Tagen). Der für einen statistischen Mittelwertvergleich relevante Anteil kann deshalb nur geschätzt werden. Man könnte den anfänglichen Variationskoeffizienten extrapolieren oder zwischen dem Anfangswert und dem Wert im Bereich minimaler Holzfeuchte (relativ gemeinsamer Ausgleichsbereich) interpolieren. Zudem sind in der Anfangsvarianz schon die Standortsunterschiede enthalten; die Beschränkung auf einen standortsinternen Vergleich steht in Konflikt mit einer Halbierung der Probenzahl. Eine durchaus plausible Variante wäre die Mittelung der gruppen- und standortsspezifischen Varianz unter Beibehaltung der gruppenspezifischen Probenzahl.

Ungeachtet dieser Überlegungen kann hinsichtlich der Anfangsfeuchte für die Gruppe der gesunden Buchen ein signifikant höherer Wert (einseitiger t-Test, Alpha = 5%) nachgewiesen werden. Trotz Halbierung der Probenzahl bleibt innerhalb des Standortes Zürich dieser Unterschied signifikant, innerhalb des Standortes Basel ist er sogar hoch signifikant (einseitiger t-Test, Alpha = 1%). Das lässt vermuten, dass die Standortsdifferenzierung stärker ist als die Differenzierung aufgrund des Gesundheitszustandes.

Die gute Glättung der Mittelwertkurven deutet darauf hin, dass mittelfristig das Freiluftklima in etwa einem konstanten Wechselklima entspricht. Kurzfristige Änderungen im Trocknungsverlauf aufgrund von Niederschlägen (vor Montage der Stapelabdeckungen) werden durch den wöchentlichen Versatz gut verteilt. Ein Vergleich der beiden Kurven durch Verschieben entlang der Zeitachse ist deshalb möglich. *Abbildung 6* zeigt die beiden Kurven nach Ausgleich der Anfangsunterschiede praktisch deckungsgleich. Für den aufsteigenden Ast des Feuchteverlaufs ist die Verschiebung nicht mehr relevant, da sich die beiden Kurven ab dem Minimum ohnehin schon decken.

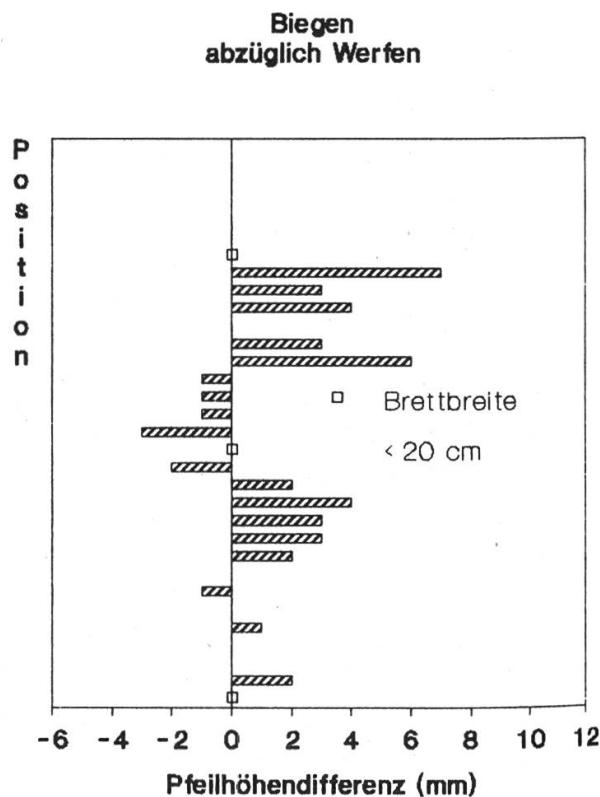
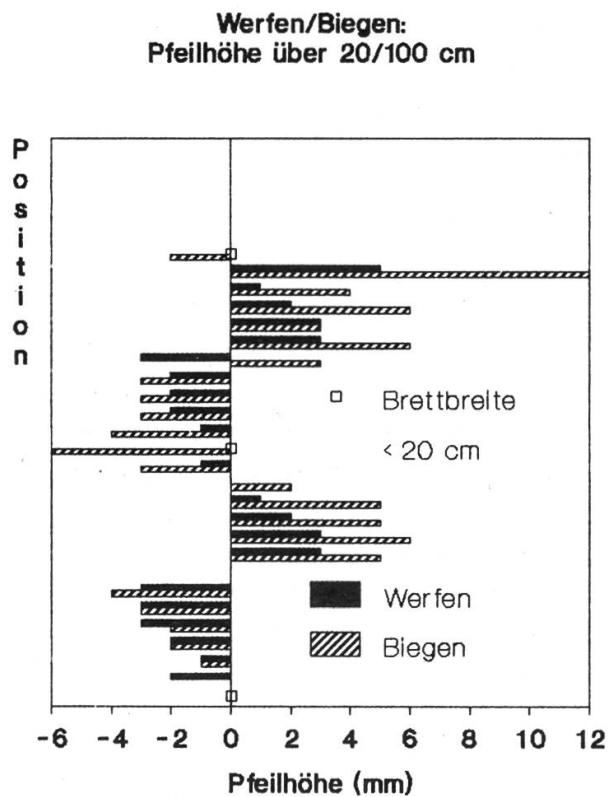
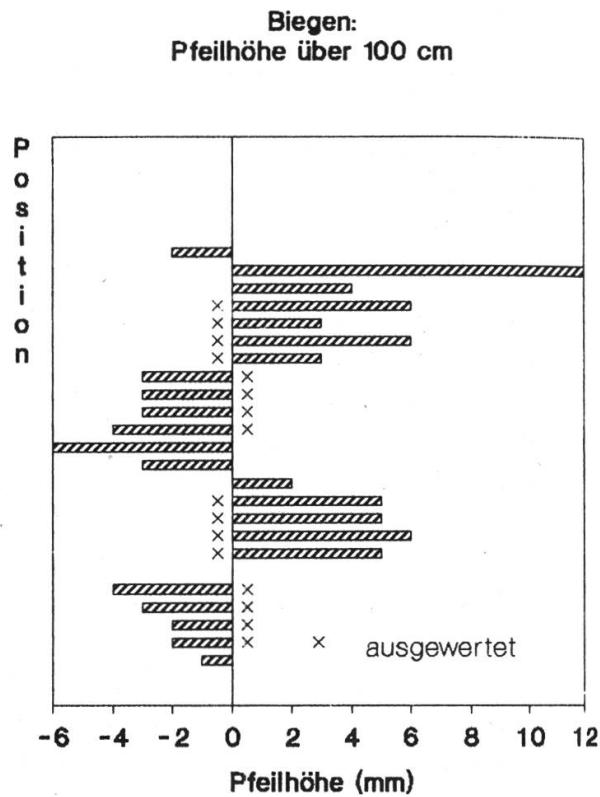
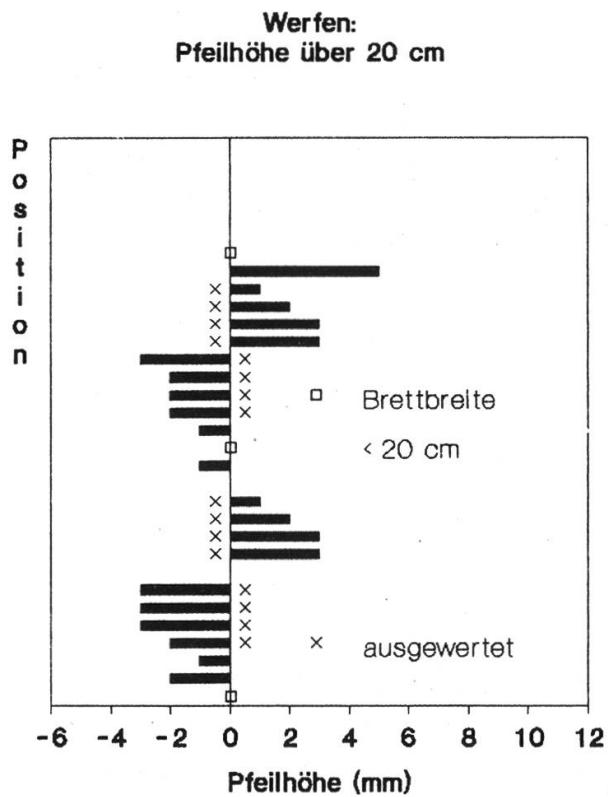
Signifikante Unterschiede im Trocknungsverhalten zwischen gesunden und geschädigten Buchen können also nicht festgestellt werden. Dass sich die beiden Kurven im Bereich des Minimums und der anschliessenden Wiederbefeuchtung bereits ohne Verschiebung decken, weist auf gleiche Ausgleichsfeuchte – zumindest im beobachteten Feuchtebereich – hin. Die Grösse eines

Fehlers zweiter Art kann folgendermassen abgeschätzt werden: im Falle einer Normalverteilung bzw. t-Verteilung ist er in etwa gleich dem Fehler erster Art, wenn sich wahrer und geschätzter Mittelwert um die Breite des Vertrauensintervalls unterscheiden. Für eine t-Verteilung mit 14 Freiheitsgraden beträgt die Breite des 95%-Vertrauensintervalls das 4,3fache der geschätzten Standardabweichung; der aus der Differenzenverteilung gewonnene Wert hierfür entspricht im Bereich des Holzfeuchteminimums  $+/-5$  bis  $+/-6$  Prozent des Mittelwertes. Durch Erhöhen der Probenzahl kann dieser Bereich weiter eingeengt werden. Bei Mittelung der gruppen- und standortspezifischen Varianz unter Beibehaltung der gruppenspezifischen Probenzahl ergibt sich bei Versuchsbeginn derselbe Prozentsatz.

### 3.4 Werfen (*Querkrümmung*)

Der «Motor» für die Verformungen im Zusammenhang mit der Schnitholztrocknung ist die Schwindungsanisotropie. Diese tritt beim Werfen am augenscheinlichsten zutage, wobei die marknahen Bretter infolge der stärker gekrümmten Jahrringe bestrebt sind, spitzere Winkel zu bilden als die markfernen Seitenbretter. Während sich ein Kernbrett (Mark enthaltend) nicht wirft, zeigen die beiden Mittenbretter bei kernengetrennter Einschnittweise maximales Werfen in spiegelbildlicher Ausprägung. Aufgrund der Verformungsbehinderung im Stapel kann nicht erwartet werden, dass die Messwerte für das Werfen generell dem beschriebenen Muster entsprechen. Breitere Bretter werden über längere Hebelarme am Werfen behindert und marknahe Bretter enthalten mit grösserer Wahrscheinlichkeit Risse schon zu Beginn der Trocknung.

Da die Anzahl Bretter je Stamm zwischen 9 und 18 variiert, muss für einen einigermassen objektiven Vergleich eine gleiche Anzahl von marknahen Brettern herangezogen werden. Dass nicht immer streng kernengetrennt eingeschnitten wurde, wirkt dabei erschwerend; Kernbretter ohne Werfen wurden deshalb nicht berücksichtigt. Für die Mittelwertbildung pro Stamm wurden daher je  $2 \times 4$  marknahe Bretter (*Abbildung 7, «Werfen»*) ausgewertet, wobei zunächst in Absolutwerte umgerechnet wurde. In zwei Fällen musste die Anzahl halbseitig auf drei reduziert werden. Zwischen den Mittelwerten der gesunden und geschädigten Buchen, 2,42 mm und 2,56 mm Pfeilhöhe über 20 cm (Standardabweichung der Einzelwerte 0,23 mm und 0,35 mm), sind keine signifikanten Unterschiede (zweiseitiger t-Test, Alpha = 5%) feststellbar. Das 95%-Vertrauensintervall für eine zufällige Mittelwertsdifferenz beträgt  $+/-0,32$  mm.



*Abbildung 7.* Werfen und Biegen der Einzelbretter in der Stapelposition (Anordnung wie bei Blockware): Stapel I, halbseitig, zwei Bretterpakete übereinander. Für die Mittelwertbildung pro Stamm wurden je 2 x 4 marknahe Bretter ausgewertet, Kernbretter ohne Werfen wurden nicht berücksichtigt.

### 3.5 Biegen (Längskrümmung der Seite)

Bei lediglich 25 mm dicken Buchenbrettern ist ein Stapellattenabstand von etwa 1,2 m für die Praxis viel zu gross. Allerdings ist dann das Werfen in Brettmitte nicht so stark behindert, somit im messbaren Bereich und auch für einen Vergleich zugänglich. Im Bereich der Stapellatten ist das Werfen am stärksten behindert und nicht zuletzt wegen vorhandener Mittenrisse nur selten messbar.

Betrachtet man die Werte für Werfen und Biegen der Einzelbretter in der Stapelposition (zum Beispiel Stapel I, *Abbildung 7*), so erkennt man vor allem vorzeichenmässig eine auffallende Parallelität. Daraus ist zu schliessen, dass ein beträchtlicher Anteil des Biegens durch die *unterschiedliche* Behinderung des Werfens entlang des Brettes verursacht wird. Unter der Annahme der völligen Behinderung des Werfens im Bereich der Stapellatten zeigt *Abbildung 7*, «Biegen abzüglich Werfen», eine bereinigte Darstellung des Biegens. Hier wird zudem deutlicher sichtbar, dass das Biegen nach unten (Kriechverformung unter Eigengewicht) im allgemeinen überwiegt.

Einzelne Werte für Seitenbretter sind auffallend hoch und stehen wahrscheinlich in Zusammenhang mit Zugholzaufkommen bzw. krummlinigem Faserverlauf. Obwohl nicht zwingend, wurde das Biegen analog dem Werfen ausgewertet. Die Mittelwerte der gesunden und geschädigten Buchen, 3,05 mm und 3,06 mm Pfeilhöhe über 100 cm (Standardabweichung der Einzelwerte 0,69 mm und 0,88 mm), sind praktisch identisch. Das 95 %-Vertrauensintervall für die Mittelwertsdifferenz beträgt  $\pm 0,85$  mm.

### 3.6 Reissen

Eine Beurteilung der Rissbildung beim Trocknen ist nur unter Berücksichtigung der beim Fällen und Ablängen der Stämme entstandenen Kernrisse einigermassen plausibel. Es stellt sich die Frage, ob die bei Trocknungsbeginn vorhandenen Risse den weiteren Rissfortschritt teilweise vorwegnehmen oder praktisch nicht beeinflussen oder sogar begünstigen. Risse bis lediglich 5 cm Endlänge wurden nicht berücksichtigt.

*Tabelle 1* zeigt für die gesunden und geschädigten Buchen die Mittelwerte, die Variationskoeffizienten, sowie Grösst- und Kleinstwerte der Gesamtrisslänge, der Rissanzahl und der mittleren Risslänge zu Beginn der Trocknung und nach Stillstand des Rissfortschritts. Auffallend sind die geringen, statistisch (einseitiger t-Test, Alpha = 5%) nicht signifikanten Unterschiede zwischen den zu vergleichenden Gruppen bei der mittleren Risslänge. Die Zunahmen von 2 cm und 0,7 cm während der Trocknung sind unerheblich. Für eine differenzierte Betrachtung kann man sich also auf die Gesamtrisslänge oder die Rissanzahl beschränken. Bei der Rissanzahl sind

die Unterschiede zwischen gesunden und geschädigten Buchen deutlicher, aber dennoch statistisch (einseitiger t-Test, Alpha = 5%) nicht gesichert.

*Tabelle 1.* Parameter zur Beurteilung der Rissbildung im Schnittholz gesunder und geschädigter Buchen (je 8 Bäume). Pro Baum wurde ein 1,25 m langer Stammabschnitt in 25 mm dicke Bretter aufgetrennt; die Einzelwerte der Tabelle beziehen sich jeweils auf ein solches komplettes Bretterpaket. Anfang . . . zu Beginn der Trocknung, Ende . . . nach Stillstand des Rissfortschritts.

	gesund			geschädigt		
	Anfang	Ende	Differenz	Anfang	Ende	Differenz
<b>Gesamtrisslänge (cm)</b>						
arithmetischer Mittelwert	323	484	162	239	422	184
Variationskoeffizient (%)	52	47	58	81	67	57
Kleinstwert	50	84	34	53	103	50
Größtwert	541	713	297	589	881	314
<b>Rissanzahl</b>						
arithmetischer Mittelwert	14.3	20.9	6.6	10.9	17.9	7.0
Variationskoeffizient (%)	43.1	42.0	60.3	44.9	45.2	67.0
Kleinstwert	4.0	6.0	2.0	6.0	8.0	0.0
Größtwert	23.0	32.0	11.0	18.0	30.0	12.0
<b>Mittlere Risslänge (cm)</b>						
arithmetischer Mittelwert	21.6	22.3	0.7	19.9	21.9	2.0
Variationskoeffizient (%)	30.4	25.1	276.6	42.2	33.8	162.4
Kleinstwert	12.5	14.0	- 2.2	8.8	12.9	- 2.2
Größtwert	28.4	30.1	3.7	32.7	36.7	7.8

Generell ist die brettweise erfasste Anzahl Risse bei dickeren Stämmen grösser (mehr und breitere Bretter), dies sowohl am Anfang als auch am Ende. Zudem zeichnet sich ein Standortsunterschied ab (mehr Risse am Standort Basel), der jedoch wegen der beschriebenen Durchmesserabhängigkeit verwischt wird (Mittelwertsdifferenz nicht signifikant). Bedingt durch die nicht ausgeglichenen Durchmesserverteilung zeichnet sich dieser Unterschied auf die Gegenüberstellung der Mittelwerte von gesunden und geschädigten Buchen ab. Weil das Reissen als Brettmerkmal erfasst wurde, die Verteilung der Kernrisse auf die Bretter je nach Einschnittlege jedoch sehr unterschiedlich sein kann, ist ein diesbezüglicher zufälliger Einfluss nicht ganz auszuschliessen.

Die absolute Differenz zwischen Ende und Anfang ist ebenfalls bei dickeren Stämmen generell grösser. Sie zeigt keine Standortsunterschiede (*Abbildung 8*). Bei den geschädigten Buchen ist sie eventuell geringfügig höher, aufgrund der etwas geringeren Durchmesser ist aber der Mittelwert kompensiert. Im Durchschnitt haben von den am Ende bestehenden Rissen schon mehr als die Hälfte zu Beginn der Trocknung bestanden.

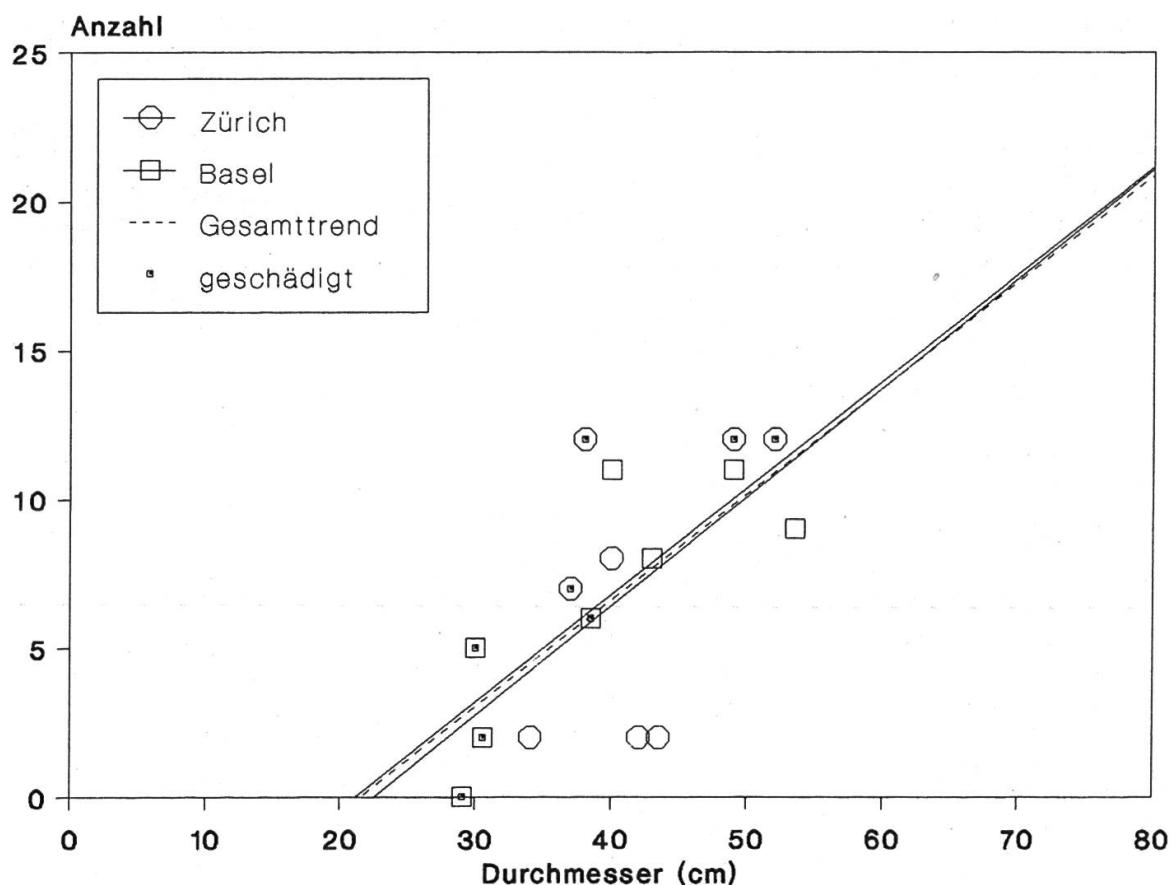


Abbildung 8. Zunahme der Rissanzahl während der Trocknung in Abhängigkeit vom Stamm-durchmesser (Gesamtrend), gruppiert nach Standort (Trendlinien für Zürich und Basel) und Gesundheitszustand (ohne Trendlinien); die Einzelwerte beziehen sich jeweils auf ein komplettes Bretterpaket.

## Résumé

### Comparaison des propriétés du bois de hêtres sains et endommagés (*Fagus sylvatica L.*): Comportement au séchage en empilage à l'air libre

Pour chaque arbre, une bille de 1,25 m a été prélevée et coupée en planchettes de 25 mm d'épaisseur. Les différents stades du taux d'humidité du bois de chaque planchette ont été mis en évidence par une série de pesées se terminant par celle du bois totalement sec. Des données concernant le déjettement (courbure transversale), la courbure (courbure longitudinale des côtés) et la formation de fissures ont été établies. La comparaison des huit arbres sains et des huit arbres endommagés n'a pas révélé, mis à part le taux d'humidité initial, de différences significatives. Les paramètres pour la formation des fissures présentent une variance particulièrement importante.

Traduction: Stéphane Croptier

### *Literatur*

- Avramidis, St.* (1989): Evaluation of «three-variable» models for the prediction of equilibrium moisture content in wood. *Wood Sci. Technol.*, 23: 251–258.
- Bucher, Hans Peter; Ladislav J. Kučera* (1991): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (*Fagus sylvatica L.*): Feuchtegehalt und Feuchteverteilung, Vorkommen von Farbkernholz. *Schweiz. Z. Forstwes.* 142, 5: 415–426.
- Popper, Rudolf; Gerhild Eberle* (1992): Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (*Fagus sylvatica L.*): Physikalisch-mechanische Eigenschaften. *Schweiz. Z. Forstwes.* 143, 5: 333–338.

*Verfasser:* Dipl.-Ing. Ambros Mayrhofer, Departement Wald- und Holzforschung, Professur Holztechnologie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich.