

# Trocknungs- und Witterungsverhalten von mondphasengefälltem Fichtenholz (*Picea abies* Karst.)<sup>1</sup>

ERNST ZÜRCHER

**Keywords:** Moon phases; felling date; Norway spruce; wood properties; drying; shrinkage; weathering; decay. FDK 161 : 231.41 : 322 : 812

**Abstract:** In order to investigate the significance of the moon phases at the felling date on wood properties of Norway spruce, 30 trees from the same growth site were felled at six different dates during waxing/ascending, and waning/descending moon cycles, respectively. The present work deals especially with the effect on wood-water-relations of the analysed samples, as well as with the effect on some wood properties after weathering. The results show significant differences in the second half of the experimental felling period.

**Abstract:** Um die Bedeutung der Mondphasen am Fällzeitpunkt für die Holzeigenschaften von Fichte zu untersuchen, waren 30 Bäume vom gleichen Standort an sechs verschiedenen Daten bei zunehmenden/aufsteigenden, bzw. abnehmenden/absteigenden Mondzyklen gefällt worden. Der vorliegende Aufsatz befasst sich speziell mit dem Effekt auf die Holz-Wasser-Relation der analysierten Proben sowie mit dem Effekt auf einige Holzeigenschaften nach Bewitterung. Die Auswertung zeigt signifikante Unterschiede in der zweiten Hälfte der experimentellen Fällperiode.

## 1. Kontext

Eine kürzlich erschienene Publikation über alte Holzregeln, kritisch geprüft und neu interpretiert, kommt zur Schlussfolgerung, dass «der Einfluss von Mond und Gestirnen zum Zeitpunkt der Schlägerung auf die Qualität des Holzes (...), zumindest mit einer für praktische Zwecke ausgelegten Messgenauigkeit, nicht nachweisbar (ist)» (FELLNER & TEISCHINGER 2001). Die detaillierten Darstellungen und Interpretationen bezüglich «Mondholz» basieren unter anderem auf drei gezielten Untersuchungen, die kurz nacheinander durchgeführt wurden (TRIEBEL 1998, SEELING & HERZ 1998, RÖSCH 1999). Die Synthese daraus lautet: «Weder beim Schwind- noch beim Trocknungsverhalten trat ein Zusammenhang mit der Wahl des Fällzeitpunktes zutage».

Der vorliegende Aufsatz stützt sich auf das Datenmaterial von RÖSCH (1999), welches mit einem neuen statistischen Lösungsansatz bearbeitet wurde. Die Auswertung eines ersten Teils dieser Daten wurde im Rahmen eines internationalen Symposiums in Montreal publiziert (ZÜRCHER & MANDALLAZ 2001; s. auch ZÜRCHER 2001). Dabei wurde der statistisch signifikante Zusammenhang zwischen dem mondphasenbezogenen Fällzeitpunkt im Winter und dem generellen Trocknungs- und Schwindverhalten und den Enddichten des Holzes deutlich veranschaulicht. Die Materialtests ergaben zudem bedeutende, gleichlaufende Variationen der Druckfestigkeiten. Die Resultate von TRIEBEL (1998) und diejenigen von SEELING & HERZ (1998) konnten zum Teil in diese Befunde integriert werden.

Hier folgen nun weitergehende Analysen über das Trocknungsverhalten dieses Materials, insbesondere über das Verhältnis zwischen freiem und an die Zellwand gebundenem Wasser, im Sinn der aufgestellten Hypothese, wonach hier eventuell eine mondphasenbezogene Variation stattfinden könnte (ZÜRCHER 2000). Ein Teil der Proben wurde während zweieinhalb Jahren der Witterung ausgesetzt und danach auf Zustand, Feuchtegehalt, Druckfestigkeit und Deformation unter Druckbelastung dahingehend geprüft, ob die am frischen Holz beobachteten Variationen auch nach so langer Zeit unter schwierigen Bedingungen feststellbar sind, als Ausdruck einer dauerhaften Prägung.

## 2. Einleitung

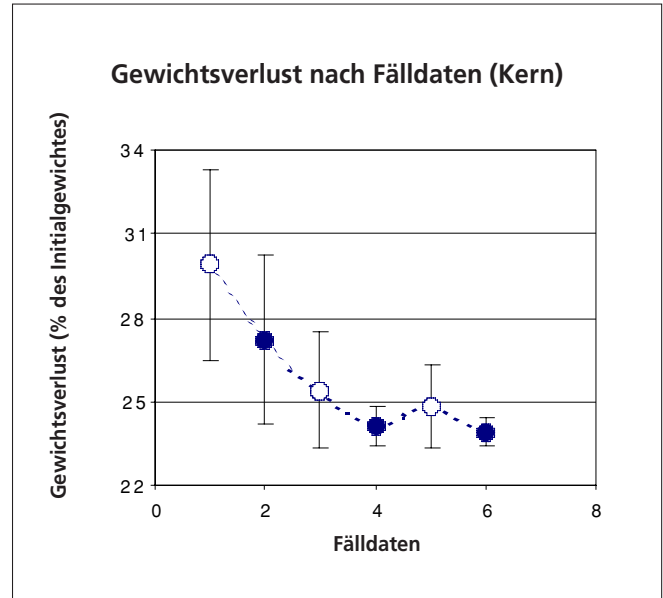
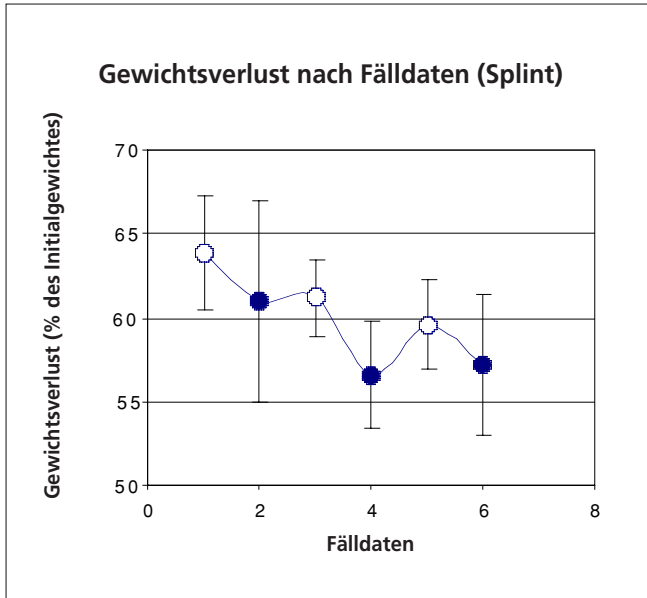
In einem früheren Bericht, der in der Zeitschrift *Nature* publiziert wurde, konnte eine reversible Fluktuation von Stamm-

durchmessern unter kontrollierten Bedingungen, synchron mit dem circadianen synodischen Mondrhythmus, beschrieben werden (ZÜRCHER *et al.* 1998). Auf dieser Basis wurden weitere Forschungen über lunar-korrelierte Phänomene im Holz realisiert, speziell im Zusammenhang mit alten forstwirtschaftlichen Bräuchen, die auf verschiedenen Kontinenten aus alten Kulturen stammen. Diese alten Holzfällerregeln wurden vor allem für Zentral-Europa detailliert beschrieben (HAUSER 1981, BROENDEGAARD 1985) und sind bei Ethno-Botanikern und Baumbiologen für Südamerika, Südostasien und Afrika bekannt.<sup>2</sup> Laut mehrerer dieser lokalen, zum Teil noch praktizierten Regeln müssten die Bäume speziell während der abnehmenden Mondphase oder beim Neumond im Dezember bis Januar gefällt werden. Das Holz soll dann schneller trocknen und resistenter werden gegenüber Pilz- und Insektenbefall und somit für Bauzwecke speziell geeignet sein. In den Tropen und für andere Pflanzentypen scheinen allerdings auch andere Mondsituationen günstig zu sein: Palmblätter für den Hausbau gelten, bei Vollmond geerntet, als sechs- bis zehnmal dauerhafter als Neumondblätter (VOGT *et al.* 2002).

Die allgemeine Annahme war also, die beobachteten Durchmesser-schwankungen und die postulierten Holzeigen-schaftsvariationen könnten auf einen reversiblen Prozess bei der Wasserkomponente zurückzuführen sein. Danach könnte der Anteil an zellwandgebundenem Wasser (Quellung bzw. Schwindung bewirkend) im Vergleich zum freien Wasser (oberhalb vom Fasersättigungspunkt, leicht zu entfernen, schwindungsneutral) systematisch im Rhythmus der Mondphasen variieren. Speziell zu prüfen war, ob ein solcher (hypothetischer) Prozess nach dem (synodischen) Monatsmassstab auch nach längerer Bewitterung einen Einfluss auf das Trocknungsverhalten und auf die damit verbundenen Holzeigenschaften ausüben könnte.

<sup>1</sup> Im Rahmen des Peer-review-Verfahrens ist dieser Aufsatz von den Begutachtern aus wissenschaftlichen Gründen sehr kritisch aufgenommen worden. In der weiteren Diskussion hat sich jedoch gezeigt, dass die Mehrheit der Begutachter, bei aller Kritik, einer Veröffentlichung zustimmen kann. Da es sich um ein sehr kontroverses Thema handelt und der Autor in der Debatte eine zentrale Rolle spielt, habe ich mich entschlossen, den Aufsatz nach einigen Anpassungen zur Publikation anzunehmen. Eine rege Diskussion wird erhofft (Jean-Pierre Sorg, Redaktor).

<sup>2</sup> Persönliche Mitteilungen Balik, M.J. & Peters, C.M., Institute of Economic Botany, The New York Botanic Garden, Bronx, New York, 1998, und Oldeman, R.A.A., Prof. dr. ir., LUW-Hutan Lestari Team, Wageningen, 1999.



**Abbildung 1:** Variation des Gewichtsverlustes nach Fälldaten (Splintholz: links, Kernholz: rechts). Mittelwerte mit Standardabweichungen.  
 Figure 1: Variation of the weight loss according to felling dates (sapwood: left, heartwood: right). Mean values and standard deviations.

Die Untersuchung wurde sowohl mit Splintholzproben durchgeführt (im Zusammenhang mit dem Prozess, der hinter den Stammdurchmesserschwankungen steht), als auch mit Kernholzproben (um die traditionellen Regeln zu testen, die von zyklisch ändernden Holzeigenschaften ausgehen, ohne Unterscheidung zwischen Splint- und Kernholz).

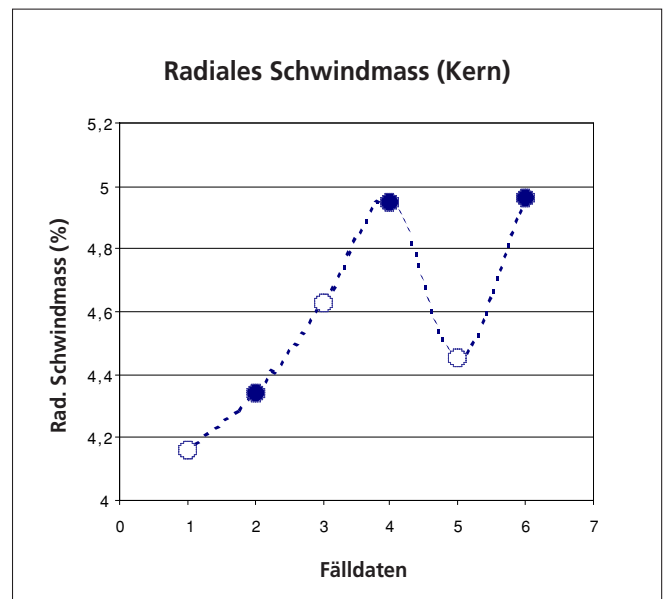
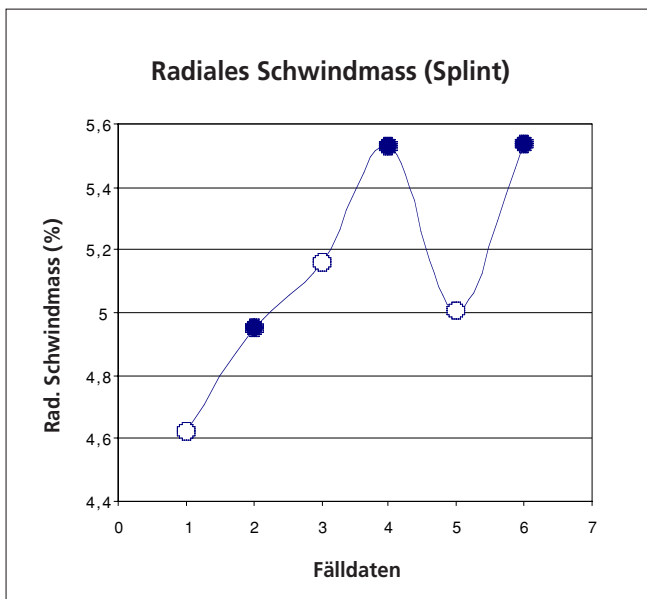
### 3. Material und Methoden

Das Versuchsprinzip bestand in der Auswahl von zwei (mehrfach) polar entgegengesetzten Fällsituationen mit Wiederholungen. So wurden in der Winterperiode 1998 bis 1999 (November bis Januar) sechs Fällzeitpunkte ausgewählt: drei vor Vollmond (VM) (synodischer Rhythmus), gleichzeitig im aufsteigenden Zyklus (tropischer Rhythmus, ebenfalls in einigen Regeln erwähnt) und in der gelegentlich erwähnten Tierkreisconstellation der Fische/*Pisces* (siderischer Rhythmus), und drei vor Neumond (NM), gleichzeitig im absteigenden Zyklus und in der entgegengesetzten Constellation des Lö-

wen/Leo. Die Daten waren: 2.11.1998, 12.11.1998, 28.11.1998, 10.12.1998, 28.12.1998 und 6.1.1999 mit Baumfällung jeweils am Vormittag.

Bei jedem Datum wurden fünf Fichten (*Picea abies* Karst.) mit Durchmesser über 40 cm aus einem gleichförmigen und etwa gleichaltrigen Bestand des Lehrwaldes der ETH Zürich am Üetliberg (rund 650 m ü.M.) gefällt, insgesamt 30 Bäume. Von jedem Baum wurden prismatische Proben (30x30x60 mm) gewonnen, aus den vier Himmelsrichtungen (oder in der Nähe davon im Fall von Druckholz) im Splint- und im äusseren Kernbereich, mit jeweils acht axialen Wiederholungen. Pro Baum waren dies 64 Proben, also 1920 Proben für die ganze Untersuchung. Das Material wurde noch am Tag der Fällung zu den adäquaten Standards ausgeformt.

Das Initialgewicht und die genauen Ausgangsdimensionen, die Anzahl Jahrringe wurden bestimmt, der Gewichtsverlust unter standardisierter, langsamer Trocknung, die Schwindung etappenweise während des Trocknungsvorganges, der Feuchtegehalt, das Endgewicht und die absolut tro-



**Abbildung 2:** Variation des radialen Schwindmasses nach Fälldaten (Splintholz: links, Kernholz: rechts).  
 Figure 2: Variation of the radial shrinkage according to felling dates (sapwood: left, heartwood: right).

**Tabelle 1: Daten und Messresultate für Splintholz- und Kernholzproben (auf Grund fehlerfreier Proben).**

Einheiten für Initialdichte und Darrdichte: g/cm<sup>3</sup>; für Gewichtsverlust, radiales Schwindmass, relatives Feuchtgewicht bewittert und relative Länge nach Druckversuch: %; für Druckfestigkeit verwittert: N/mm<sup>2</sup>; gebundenes Wasser: ohne Einheiten. Anzahl Proben im Trocknungsversuch: 128 bis 144 pro Fälldatum; Witterungsversuch: 20 pro Fälldatum. Mittelwerte, (Standardabweichungen).

*Table 1: Data and experimental results for sapwood and heartwood samples (based on samples without defaults).*

*Initial density and dry density: g/cm<sup>3</sup>; weight loss, radial shrinkage, relative humid weight after weathering, relative length under compression test after weathering: %; compression strength after weathering: N/mm<sup>2</sup>; bound water: without units. Number of samples in the drying test: 128–144 per felling date; Weathering test: 20 per felling date. Mean values, (standard deviations).*

**Splintholzwerte**

Fällzeitpunkt	1	2	3	4	5	6
Datum	2.11.1998	12.11.1998	28.11.1998	10.12.1998	28.12.1998	6.1.1999
Situation	2 T. vor VM	7 T. vor NM	5 T. vor VM	8 T. vor NM	5 T. vor VM	11 T. vor NM
Initialdichte	1,08 (0,02)	1,05 (0,04)	1,06 (0,04)	1,03 (0,04)	1,00 (0,05)	1,02 (0,05)
Gewichtsverlust	63,8 (3,4)	61,0 (6,0)	61,2 (2,3)	56,6 (3,2)	59,6 (2,7)	57,2 (4,2)
Schwindmass	4,62 (0,70)	4,95 (1,09)	5,16 (0,71)	5,53 (1,03)	5,01 (0,90)	5,54 (0,81)
gebundenes Wasser	34,75 (5,48)	39,17 (7,53)	41,04 (3,83)	43,18 (6,42)	40,25 (6,22)	42,29 (4,72)
Darrdichte	0,451 (0,037)	0,475 (0,062)	0,480 (0,035)	0,521 (0,037)	0,467 (0,013)	0,509 (0,050)
rel. Feuchtgewicht verwittert	42,77 (4,34)	49,57 (12,28)	50,27 (5,90)	58,28 (7,45)	55,39 (5,29)	58,12 (7,79)
Druckfestigkeit verwittert	29,55 (5,04)	32,66 (6,95)	35,78 (5,87)	37,68 (5,89)	32,99 (4,33)	38,67 (7,35)
Länge nach Druckversuch	97,23 (4,15)	97,78 (1,56)	96,23 (2,80)	98,22 (0,63)	97,23 (2,74)	98,25 (1,39)

**Kernholzwerte**

Fällzeitpunkt	1	2	3	4	5	6
Datum	2.11.1998	12.11.1998	28.11.1998	10.12.1998	28.12.1998	6.1.1999
Situation	2 T. vor VM	7 T. vor NM	5 T. vor VM	8 T. vor NM	5 T. vor VM	11 T. vor NM
Initialdichte	0,49 (0,06)	0,47 (0,04)	0,52 (0,05)	0,53 (0,03)	0,47 (0,03)	0,51 (0,04)
Gewichtsverlust	29,9 (3,4)	27,2 (3,0)	25,4 (2,1)	24,1 (0,7)	24,8 (1,5)	23,9 (0,5)
Schwindmass	4,16 (0,87)	4,34 (0,80)	4,63 (0,84)	4,95 (0,79)	4,45 (0,67)	4,96 (0,50)
gebundenes Wasser	35,94 (5,92)	38,00 (6,08)	39,19 (5,01)	40,86 (4,52)	37,92 (4,39)	40,52 (2,74)
Darrdichte	0,389 (0,042)	0,388 (0,031)	0,443 (0,043)	0,467 (0,034)	0,403 (0,027)	0,445 (0,041)
rel. Feuchtgewicht verwittert	86,13 (3,50)	87,94 (4,40)	89,52 (3,54)	92,00 (1,15)	90,59 (3,61)	91,15 (2,57)
Druckfestigkeit verwittert	33,06 (5,44)	31,68 (5,39)	42,57 (4,09)	42,12 (2,61)	33,38 (4,86)	37,53 (6,12)
Länge nach Druckversuch	92,62 (5,71)	93,82 (6,19)	95,09 (3,38)	95,22 (3,97)	95,68 (5,49)	97,37 (1,48)

ckene Masse (zur Bestimmung der Darrdichte) wurden nach DIN-Normen (DIN 1991) 52182, 52183 und 52184 ermittelt (RÖSCH 1999). Die vergleichende Schätzung des Anteils an gebundenem Wasser erfolgte nach der von BARISKA & RÖSCH (2000) vorgeschlagenen Methodik: mit Hilfe der Steilheit der letzten Trocknungsphase im Verhältnis zum Schwindmass (als Winkelmass angegeben).

Ein Witterungsversuch (Auflegen der Proben auf einem schrägen, westexponierten Dach) wurde mit Hilfe einer kleinen Serie von Material (20 Proben pro Fälldatum, insgesamt 120) vom Herbst 1999 bis zum Frühjahr 2002 durchgeführt. Nach einer zweiwöchigen Lagerung in geschlossenen Gefässen bei Zimmertemperatur (zur Förderung von Schimmelpilzen) wurde zunächst der Zustand bezüglich Pilzbefall evaluiert. Das relative Probengewicht (Verhältnis zum Probengewicht frisch bei der Fällung) wurde im feuchten Zustand, nach Lagerung im Normklima (20 °C, 65% relative Luftfeuchtigkeit) und nach Darrtrocknung ermittelt. Die Druckfestigkeit wurde parallel zur Achse nach DIN 52185 getestet. Die Deformation nach dem Druckversuch wurde im Verhältnis zum Ausgangsmass bestimmt. Als statistische Bearbeitung wird die Signifikanz der Unterschiede (nach SACHS 1982) zwischen den Fälldaten 3 bis 6 angegeben, wo die systematischen Variationen in der Regel am deutlichsten sind.

## 4. Resultate und Diskussion

Die Kenndaten und Ergebnisse sind in *Tabelle 1* zusammengestellt, getrennt für Splintholz- und Kernholzproben.

### 4.1 Trocknungsverhalten

In Anbetracht der Arbeitshypothese wurde die Initialdichte der Proben (frisch nach Fällung) als Referenzgrösse gewählt, trotz möglicher schwacher Variationen des globalen Wassergehaltes im Splintholz des Baumkollektivs während der Versuchsperiode (die entsprechenden Klimadaten wurden erhoben). Hingegen darf in dieser Hinsicht und für diese Zeitspanne das Kernholz als praktisch konstant betrachtet werden.

Global betrachtet, ist die Initialdichte der «Vollmondserien» (VM) der Splintholzproben mit 1,050 g/cm<sup>3</sup> nur leicht (1,7%) höher als die Initialdichte der «Neumondserien» (NM), welche 1,032 g/cm<sup>3</sup> beträgt. Die entsprechenden Werte für das Kernholz liegen ebenfalls nahe aneinander, mit 0,491 g/cm<sup>3</sup> (VM) um 2,0% tiefer als 0,501 g/cm<sup>3</sup> (NM). Jede der zwölf Probenserien folgt einer verifizierten, normal verteilten Konfiguration.

Durch den Trocknungsprozess bedingt, war der mittlere relative Gewichtsverlust der VM-Splintholzproben mit 61,8% um 5,8% höher als der mittlere relative Gewichtsverlust der NM-

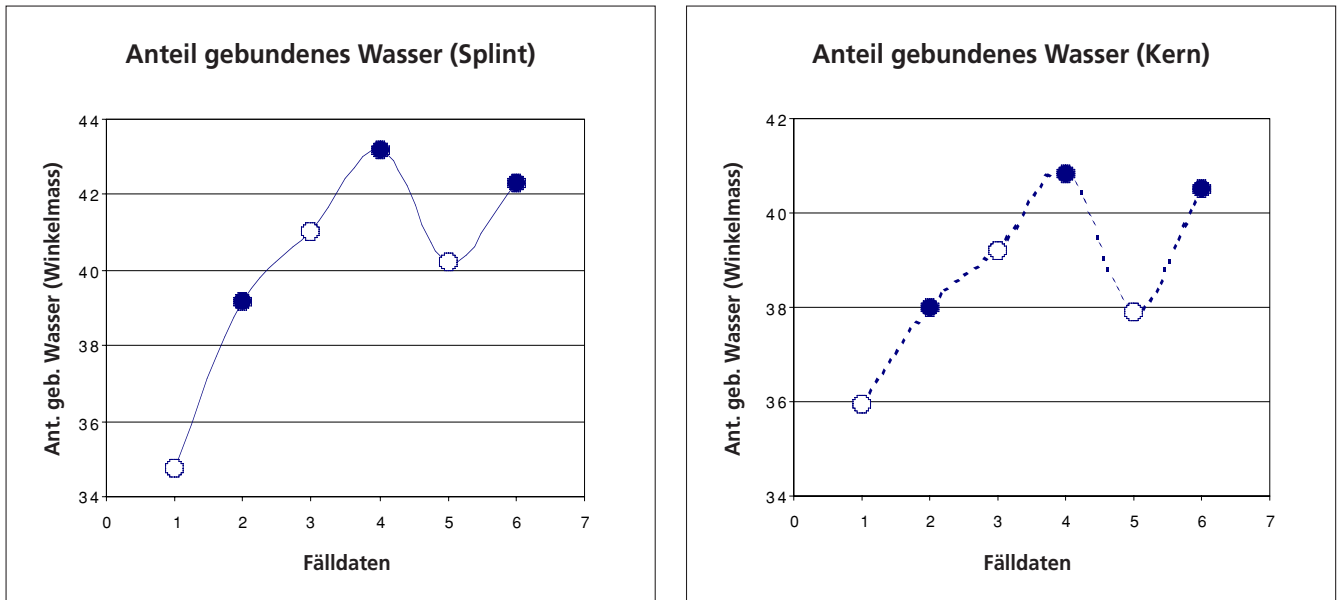


Abbildung 3: Variation des Anteils an gebundenem Wasser nach Fälldaten (Splintholz: links, Kernholz: rechts).

Figure 3: Variation of the proportion of bound water according to felling dates (sapwood: left, heartwood: right).

Splintproben (58,4%). Beim Vergleich der Werte für die einzelnen Fälldaten kann festgestellt werden, dass dieser Unterschied vor allem durch die systematischen Schwankungen zwischen Voll- und Neumondwerten bedingt ist. Diese Schwankungen überlagern deutlich einen allgemeinen jahreszeitlichen Trend (Abbildung 1 links).

Mit einem tieferen Initialdichtebereich als Ausgangslage (wegen des schwächeren Wassergehalts) ist der mittlere relative Gewichtsverlust der VM-Kernholzproben mit 26,4% ebenfalls leicht höher als für die NM-Proben (25,1%). In der Graphik ist wie für den Splint der allgemeine «Saisontrend» besonders deutlich (Abbildung 1 rechts). Hier ist allerdings die mondbezogene Variation nur bei den Fälldaten (3) 4 bis 6 zu beobachten.

Als Konsequenz des gesamten Wasserverlustes bis zum Darrzustand sind auch Variationen der Schwindmasse zu verzeichnen. In der Untersuchung wurden Radial-, Tangential- und Längsschwindmass erfasst; als messtechnisch zuverlässigste Grösse sind hier die Werte der radialen Schwindung wiedergegeben. Bei den Splintholzserien war das mittlere radiale Schwindmass bei VM 4,90%, vergleichsmässig 7,9% tiefer als für die NM-Proben (5,32%). Hier ist vom Fälldatum 3 bis 6 eine verstärkte alternierende Tendenz zwischen VM- und NM-Werten zu beobachten (Abbildung 2 links).

Bei den Kernholzproben sind ähnliche Tendenzen festzustellen, auf einem etwas tieferen Bereich: das globale VM-Schwindmass von 4,43% liegt 6,7% tiefer als das NM-Schwindmass (4,75%). Hier erscheinen die systematischen Fluktuationen ebenfalls deutlich erst bei den Daten 3 bis 6 (Abbildung 2 rechts).

Interessanterweise ist der jahreszeitliche wie auch der mondphasenbezogene Verlauf der Schwindung demjenigen des Wasser- oder Gewichtsverlustes entgegengesetzt (sowohl bei Splint- wie auch bei Kernholzproben): Systematisch ist bei hohem Wasserverlust ein tiefes Schwindmass, bei tieferem Wasserverlust ein höheres Schwindmass zu beobachten. Dieser Befund scheint zunächst im Widerspruch zu sein gegenüber der wissenschaftlich belegten Erfahrung, dass bei einer Holzart das Schwinden proportional zum Wasserverlust abläuft.

Wenn wir jedoch den letzten Trocknungsabschnitt genauer untersuchen mit Hilfe des «Winkels A2» als Mass für das gebundene Wasser (BARISKA & RÖSCH 2000), so werden die Va-

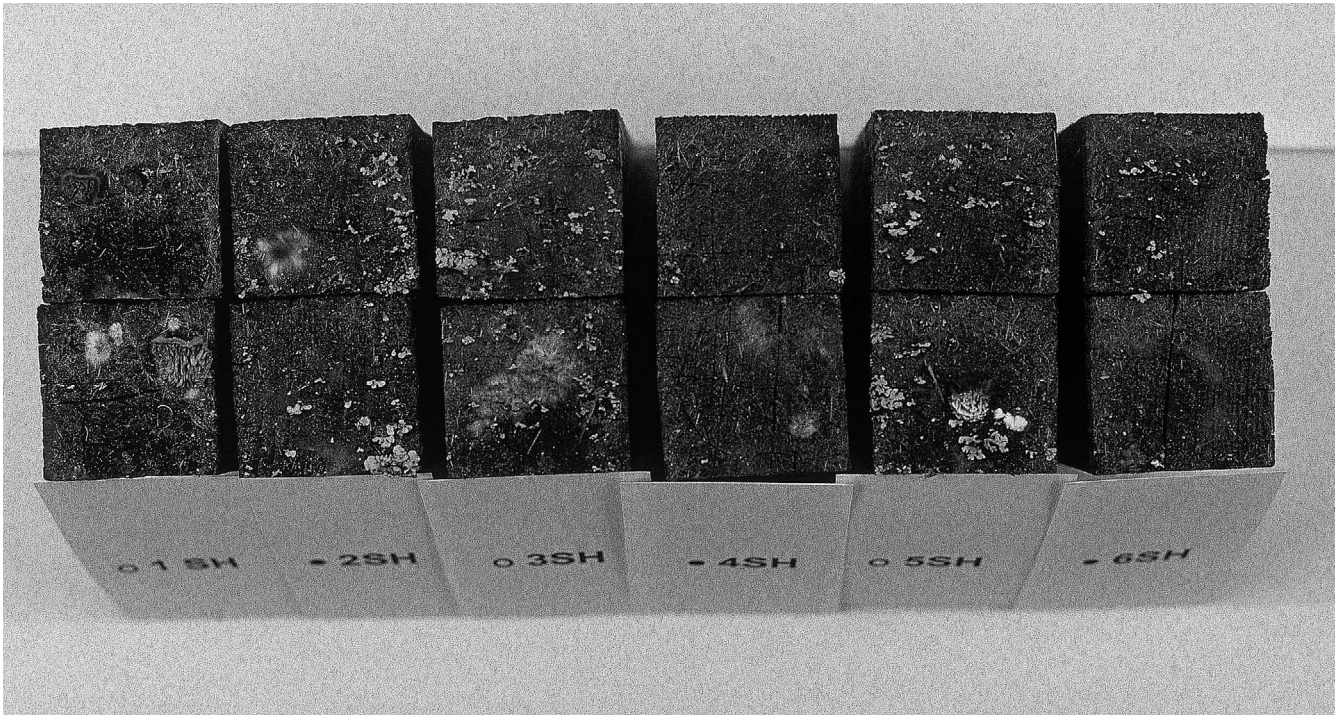
riationen im radialen Schwinden verständlich: der Anteil an gebundenem Wasser schwankt diesmal systematisch, mondbezogen, im gleichen Sinn wie das Schwindmass. Bei den Splintholzproben liegt der Mittelwert für die VM-Serie mit 38,7 um 6,9% tiefer als für die NM-Serie (41,5) (Abbildung 3 links). Dasselbe allgemeine Verhältnis gilt auch für das Kernholz, wo der mittlere VM-Wert (37,7) um 5,3% tiefer liegt als der mittlere NM-Wert (39,8) (Abbildung 3 rechts). Dies bestätigt auf graphische Weise, differenziert nach Fälldaten, was BARISKA & RÖSCH (2000) auf Grund der Gewichtung der Einflussvariablen feststellten: «... Anders verhält es sich mit dem Verdampfen des gebundenen Wassers (A2). Hier scheint der Fällzeitpunkt ( $G_{\text{ünstig}}/U_{\text{ngünstig}}$ ) bezüglich Mondphasen eine ausschlaggebende Rolle zu spielen.»

Ebenso wichtig ist die Feststellung, dass der Anteil an gebundenem Wasser sowohl im generellen Trend wie auch nach der Mondphasendifferenzierung gegenüber dem globalen Gewichts- oder Wasserverlust spiegelbildlich verläuft. Dadurch bestätigt sich die eingangs formulierte Hypothese, wonach das Verhältnis vom gebundenen Wasser zum frei tropfbaren Wasser systematisch im Zusammenhang mit den Mondphasen am Fällzeitpunkt variiert.

Zudem war berechnet worden, dass ein wechselnder, signifikanter Teil an gebundenem Wasser im Laufe der Darrtrocknung bei 103 °C offensichtlich im Zellwandgefüge zurückgehalten wird (basic density; ZÜRCHER & MANDALLAZ 2001). Dies würde erklären, wieso der Heizwert (KJ/kg) bei mondphasengefällten Fichten in einer anderen Untersuchung statistisch signifikant variiert (SEELING 2000), dies mit tieferen Werten bei höheren Dichten.

Gewichts- oder Wasserverlust, verbunden mit entsprechender Schwindung, führen zu einer Veränderung der Holzdichte. Am Schluss des Trocknungsvorgangs stellt die Darrdichte eine zentrale Kenngrösse dar, mit welcher die meisten physikalischen und mechanischen Eigenschaften des entsprechenden Holzes korreliert sind.

In diesem Versuch haben der unterschiedliche Gewichtsverlust und das unterschiedliche Schwinden zwischen VM- und NM-Proben einen systematischen Einfluss auf die Darrdichte. Im Splint besitzen somit die VM-Proben zusammengefasst eine Darrdichte von 0,466 g/cm<sup>3</sup>, um 7,2% tiefer als diejenige der NM-Proben (0,502 g/cm<sup>3</sup>); am Schluss des Trocknungsprozesses hat sich das initiale Dichteverhältnis also um-



**Abbildung 4:** Splintholz-Proben nach Bewitterung. Von Fällzeitpunkt 1 (links) bis Fällzeitpunkt 6 (rechts).

**Figure 4:** Sapwood samples after weathering. From felling date 1 (left) to felling date 6 (right).

gedreht. Daran sind vor allem die systematischen und signifikanten Schwankungen bei den Fällungen 3 bis 6 beteiligt.

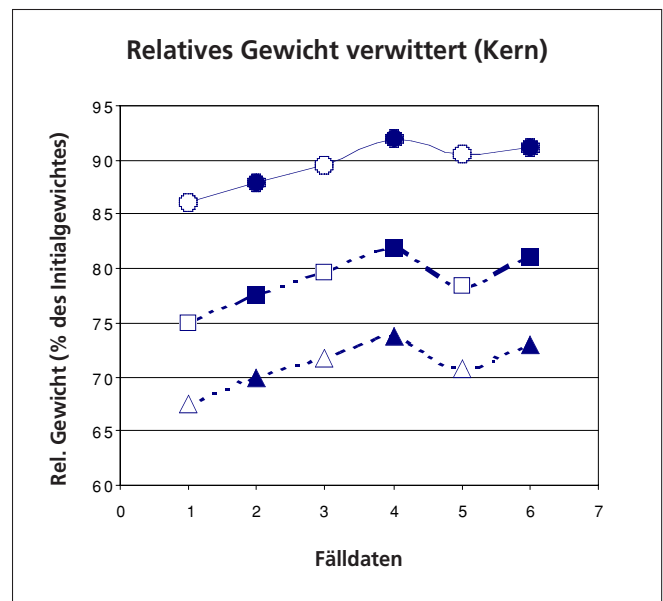
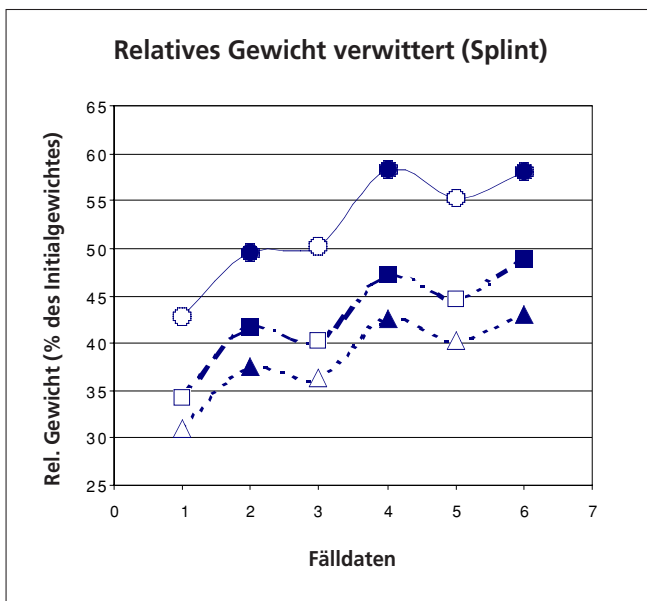
Im Kernbereich liegen die Werte gesamthaft etwas tiefer, aber in einem ähnlichen Verhältnis wie beim Splint: die VM-Proben mit einer Darrdichte von  $0,412 \text{ g/cm}^3$  sind durch den Trocknungsvorgang um 4,8% leichter als die NM-Proben ( $0,433 \text{ g/cm}^3$ ) geworden. Auch hier sind die stärksten systematischen Unterschiede für die Fällungen 3 bis 6 zu verzeichnen.

Diese Gleichläufigkeit der fällzeitbedingten Splint- und Kernholz-Werte kommt zur vollen Geltung dank der Berechnung des Verhältnisses zwischen Darrdichte und Initialdichte (als «relative Darrdichte», in %), wodurch die kleinen, materialbedingten Ausgangsvariationen eliminiert werden. Hier

sind ausnahmslos die NM-Werte absolut oder relativ höher als die VM-Werte (ZÜRCHER & MANDALLAZ 2001).

#### 4.2 Witterungsverhalten

Nach der Bewitterung unter natürlichen Bedingungen waren die Kernholzproben (zehn pro Fällzeitpunkt, d.h. zwei pro Baum, aus der Nord- und Südseite, insgesamt 60 Proben) im äusseren Erscheinungsbild relativ ähnlich und frei von Zerfallssymptomen. Hingegen war bei der gleichen Konfiguration und Menge an Splintholzproben festzustellen, dass Fruchtkörper des Zaunblättlings (*Gloeophyllum sepiarium*) auf einen fortgeschrittenen Zellwandabbau hindeuten und



**Abbildung 5:** Variation des relativen Gewichts verwittert, nach Fälldaten (Splintholz: links, Kernholz: rechts). Von oben nach unten: im feuchten Zustand, klimatisiert (23 °C, 50% relative Luftfeuchtigkeit), darrtrocken.

**Figure 5:** Variation of the relative weight after weathering, according to felling dates (sapwood: left, heartwood: right). Top: humid samples, middle: conditioned (at 23 °C, 50% relative humidity), bottom: oven-dried.

ausschliesslich auf Proben der «Vollmondserie» (Fällzeitpunkt 1 und 5) zu finden waren. Der Bewuchs mit Flechten sowie mit zuletzt «gezüchteten» Schimmelpilzen war deutlich spärlicher bzw. nicht vorhanden bei den Neumond-Proben der Fällzeitpunkte 4 und 6. Eine gezielte Auswahl der jeweils zwei am stärksten befallenen Splintholzproben pro Fällzeitpunkt zeigt *Abbildung 4*.

Das Gewicht jeder bewitterten Probe im feuchten Zustand wurde im Verhältnis zum Initialgewicht am Zeitpunkt der Fällung (mehr als drei Jahre früher) bestimmt, als «relatives Feuchtgewicht verwittert». Die obere Kurve der *Abbildung 5* gibt die Abfolge der Mittelwerte wieder (siehe entsprechende Daten in *Tabelle 1*). Darunter stehen die Relativwerte nach Klimatisierung und parallel dazu dasselbe nach Darrtrocknung (nicht in *Tabelle 1* aufgeführt), um die Relevanz der Tendenzen zu prüfen. Für die Splintholzproben tritt die mondbezogene Variation deutlich in Erscheinung, eine allgemeine jahreszeitliche aufsteigende Tendenz überlagernd, und dies in allen drei Zuständen mit derselben Deutlichkeit. Bei den Kernholzproben wird diese Alternanz erst vom Fällzeitpunkt (3) 4 sichtbar und bleibt ebenfalls erhalten im klimatisierten und im darrtrockenen Zustand.

Die technologische Konsequenz der relativen Unversehrtheit bezüglich Pilz- oder Flechtenbefall der Neumond-Splintproben aus den Fällungen vom Dezember bis anfangs Januar erscheint deutlich an den entsprechenden Druckfestigkeiten. Bei den bewitterten Splintproben liegen die Maximalwerte bei NM-Fällzeitpunkt 4 und 6. Diese Werte liegen 12,4%, bzw. 14,7% höher als die mittlere Druckfestigkeit vom VM-Fällzeitpunkt 5 (*Abbildung 6* links). Ähnlich liegen die Druckfestigkeitswerte der verwitterten Kernholzproben aus den NM-Fällungen 4 und 6: um 20,8% bzw. 11,1% höher als der Mittelwert der VM-Fällung 5. Bei den Serien 1 bis 3 liegen hier jedoch weniger gleichmässige Verhältnisse als für die Splintholzproben vor.

### 4.3 Statistische Auswertung

In *Tabelle 2* wird eine einheitliche Analyse der erhaltenen Unterschiede zwischen den Fälldaten wiedergegeben, mit Einschränkung auf den Abschnitt Fällzeitpunkt 3 bis Fällzeitpunkt 6, wo die mondbezogenen Variationen graphisch ge-

nerell am offensichtlichsten sind. Der generelle jahreszeitliche Trend wird hier nicht speziell berücksichtigt.

**Tabelle 2: Vergleich der Mittelwerte (bezüglich Differenz) für die Fällzeitpunkte 3, 4, 5 und 6: berechnete t-Werte und deren Signifikanz. FZP = Fällzeitpunkt.**

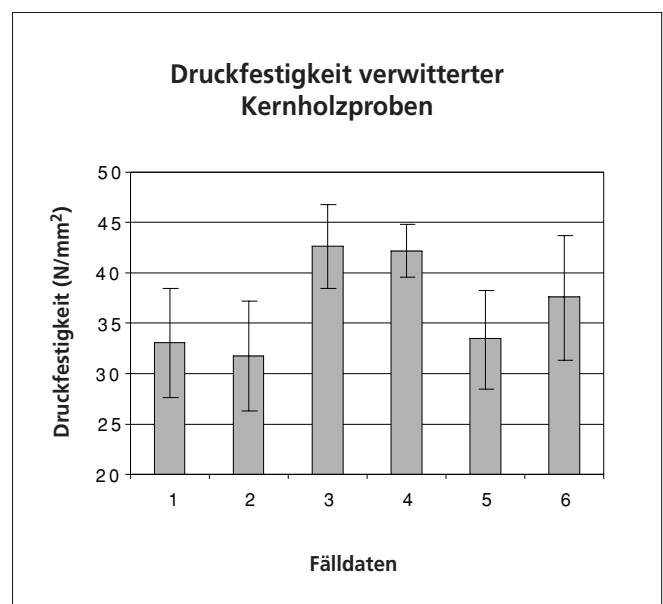
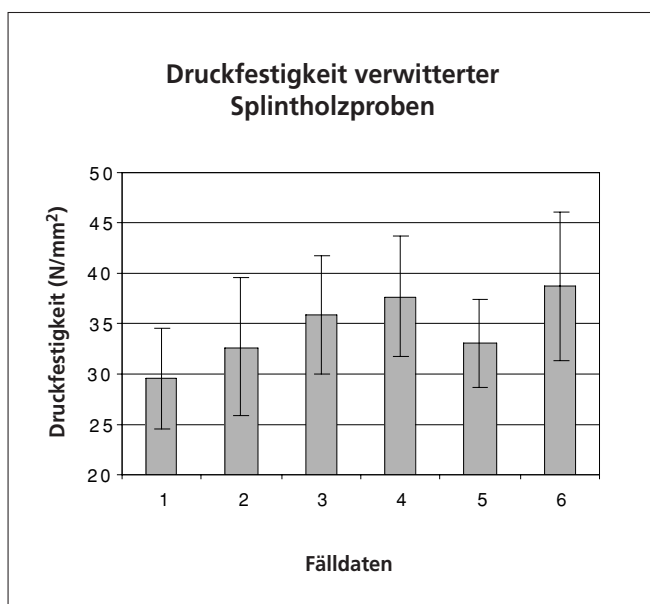
*Table 2: Comparison of the mean values and their differences for the felling dates 3, 4, 5 and 6: calculated t-values and their significance. FZP = felling date.*

Splintholz		FZP3 – FZP4	FZP4 – FZP5	FZP5 – FZP6
Kernholz	S	8,71: ***	5,31: ***	3,59: ***
	K	4,98: ***	3,76: ***	5,04: ***
Gewichtsverlust	S	2,21: *	2,82: **	3,26: **
	K	2,40: *	4,31: ***	5,36: ***
Schwindmass	S	2,13: *	2,43: *	1,94: (*)
	K	2,14: *	4,16: ***	4,42: ***
gebundenes Wasser	S	2,67: *	1,00: ---	0,92: ---
	K	2,11: *	1,17: ---	0,40: ---
rel. Feuchtgewicht verwittert	S	0,72: ---	2,03: (*)	2,11: *
	K	0,29: ---	5,01: ***	1,68: ---
Druckfestigkeit verwittert	S	2,19: *	1,11: ---	1,05: ---
	K	0,08: ---	0,21: ---	0,94: ---

Referenz-t-Werte für Trocknungsverhalten Splint (n=56), Trocknungsverhalten Kern (n=77), Witterungsverhalten Splint und Kern (n=10):

t<sub>0,05</sub> (5% Irrtumswahrscheinlichkeit, \*): 1,982, 1,976, 2,101  
 t<sub>0,01</sub> (1% Irrtumswahrscheinlichkeit, \*\*): 2,621, 2,609, 2,878  
 t<sub>0,001</sub> (0,1% Irrtumswahrscheinlichkeit, \*\*\*): 3,381, 3,357, 3,922

Bei der vollständigen Probenausstattung des Teils «Trocknungsverhalten» kommt die Signifikanz der mondphasenbezogenen Variationen klar zum Ausdruck. Die tiefere Signifikanz der Unterschiede im Teil «Witterungsverhalten» ist auf den sehr kleinen Probenumfang zurückzuführen. Die Tendenzen sind jedoch auch hier deutlich und kohärent (mit Ausnahmen bei der Druckfestigkeit und bei den Probenlängen im Kernholz, s. *Abbildungen 6* und *7*).



**Abbildung 6: Variation der Druckfestigkeit verwittert, nach Fälldaten (Splintholz: links, Kernholz: rechts). Mittelwerte mit Standardabweichungen.**

*Figure 6: Variation of the compression strength after weathering, according to felling dates (sapwood: left, heartwood: right). Mean values and standard deviations.*

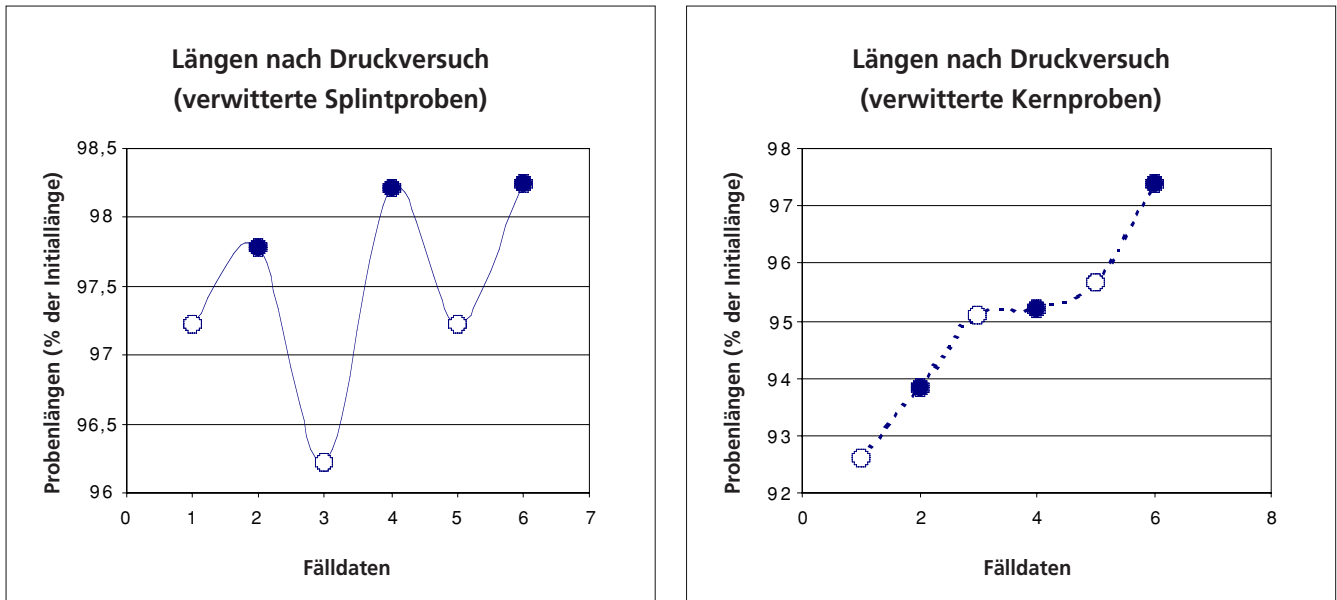


Abbildung 7: Variation der relativen Probenlängen nach Druckversuch verwittert, nach Fälldaten (Splintholz: links, Kernholz: rechts).  
 Figure 7: Variation of the relative sample length under compression test after weathering, according to felling dates (sapwood: left, heartwood: right).

## 5. Allgemeiner Kommentar

Es ist davon auszugehen, dass während der Versuchsperiode (und besonders in dieser Jahreszeit mit baumphysiologischem Stillstand) keine namhaften kurzfristigen und reversiblen Wassergehaltsänderungen im Stammkörper stattfinden; diese Annahme gilt speziell für den Kernbereich. In dieser Hinsicht ist der deutlich unterschiedliche Gewichtsverlust bezüglich Fällzeitpunkt nicht als Konsequenz einer unterschiedlichen Initialfeuchte zu interpretieren, sondern als Folge einer leichteren globalen Wasserabgabe im Trocknungsprozess für die Vollmondproben, verglichen mit einer erschwerten Wasserabgabe bei den Neumondproben. Diese Interpretation wäre konsistent mit dem kürzlich entdeckten Phänomen der circadianen «Baumgezeiten», das unter konstanten Bedingungen messbar ist.

Bemerkenswert ist einerseits, dass sich die beim Trocknungsprozess gemessenen Schwindmasse ebenfalls (besonders nach dem Fällzeitpunkt 3) deutlich unterscheiden und dies sowohl für die Splintholz- wie auch für die Kernholzproben simultan. Ähnliche Gleichläufigkeiten der Schwindungsvariation von Splint- und Kernholzserien hatte BURMESTER (1978a, b) aus der jahreszeitlichen Perspektive besonders in der Winterperiode beschrieben, das Phänomen aber auf Reservestoffvariationen zurückführend. In unserem Fall tritt mit der mondphasenbezogenen Reversibilität ein neuer Aspekt hinzu. Andererseits ist die Tatsache interessant, dass an den Daten mit den grösseren Gewichts-(Wasser-)Verlusten geringere Schwindmasse auftreten und umgekehrt, ebenfalls in reversibler Form, sowohl im Splint wie im Kern: Mit dieser speziellen Versuchsanordnung werden Werte und Verhältnisse erhalten, die von der allgemeinen Regel abweichen, wonach das Schwindmass einfach proportional zur Wasserabgabe ist. Das gleiche Phänomen tritt bei TRIEBEL (1998) auf: In seiner zweiten Versuchsperiode (Neumond Dezember 1997 bis Vollmond Januar 1998) haben alle Vollmondprobekörper (Splint und Kern) einen höheren Wasserverlust gezeigt als die Neumondprobekörper und dennoch ein signifikant tieferes Schwindmass. Auch bei SEELING & HERZ (1998) zeigen die Vollmondsplintproben von Januar 1998 einen höheren Wasserverlust als die vorhergehenden und die nachfolgenden Neu-

mondproben und weisen dennoch ein deutlich tieferes Schwindmass auf.

Diese Feststellungen und die rechnerische Bestimmung des relativen Anteils an gebundenem Wasser weisen darauf hin, dass die Holz-Wasser-Relation eine reversible, mondphasen-abhängige Modifikation erfährt, in Form einer zyklischen Variation im Verhältnis «chemisch und physikalisch gebundenes Wasser / frei tropfbares Wasser», d.h. im genauen Wert der Fasersättigungsfeuchtigkeit. Eine Verschiebung zu Gunsten des freien Wassers bei Vollmond ermöglicht einen höheren Wasserverlust, durch ein tieferes Schwinden begleitet; bei Neumond ist das Wasser hingegen eher in der Zellwand gebunden, was beim Trocknungsvorgang ein stärkeres Schwinden zur Folge hat. Dass der Fasersättigungspunkt auch im Kernholz im Lauf des Jahres stark variieren kann (mit Minimalwert im Dezember) hat ebenfalls BURMESTER (1978a) an der Eiche dargestellt. Die vorliegende Untersuchung mit Berücksichtigung der Mondperiodik liefert nun differenzierende Elemente.

Der geringere Wasserverlust verbunden mit einem höheren Schwindmass bei den Neumondserien verglichen mit den Vollmondserien für Splint und Kern ergeben systematisch höhere Darrdichtewerte. Dies ist eine zentrale Feststellung, weil dadurch (besonders für Dezember bis Januar) eine traditionelle Fällregel bestätigt wird, die lautet: «Weiches Holz bei Zunahme – Hartes Holz bei Abnahme» (Bois tendre en cours – Bois dur en décours; BÉNICHOU 1989). Danach wurde festes und dauerhaftes Bauholz bei abnehmendem Mond geschlagen und leicht brennbares Holz bei zunehmendem Mond (auf Altfranzösisch: «Le point de la Lune est remarquable, pour en croissant tailler le bois de chauffage, et en décours celui des bastimens»; SERRES 1600).

Was die Druckfestigkeit frischer sowie bewitterter Proben betrifft, ist bemerkenswert, dass die NM-VM-Unterschiede oder -Verhältnisse überproportional zu denjenigen der Darrdichten liegen: Hier öffnet sich eine interessante materialkundliche Frage, welche nun offensichtlich mit der traditionell erwähnten höheren Dauerhaftigkeit von «Neumondholz» zusammenhängt. Der Witterungsversuch, obschon mit einer kleinen Probenzahl durchgeführt, zeigt in deutlicher Weise das Vorhandensein einer lang dauernden, fällzeitpunktbedingten Prägung des Holzes auch in dieser Hinsicht. Im Sinn

einer solchen Langzeitprägung liegen der analytische Befund und die Interpretation von VOGT *et al.* (2002): Die reversiblen und signifikanten Variationen in der chemischen Zusammensetzung von Palmblättern erklären deren unterschiedliche Dauerhaftigkeit.

Die aufgezeigten mondbezogenen Variationen der Holzeigenschaften im frischen und bewitterten Zustand, in ihren Teilaspekten und in ihrer bleibenden Prägung stimmen auf einer feineren Zeitskala mit den Schlussfolgerungen von GÄUMANN (1930) und von BAVENDAMM (1974) überein. Aufgrund dieser Autoren ist der Einfluss der Fällzeit auf die Dauerhaftigkeit des Splint- und Kernholzes nicht in einem unterschiedlichen Gehalt an Zellinhaltsstoffen zu begründen, sondern vielmehr in einem unterschiedlichen kolloid-chemischen Verhalten der Zellwände selbst.

Schliesslich ergibt sich aus diesen Untersuchungen und aus dem Vergleich mit den erwähnten zwei anderen unabhängigen Arbeiten auf diesem Gebiet, dass die alte Regel, wonach «um Weihnachten gegen Neumond gefälltes Holz besonders hart wird», wahrscheinlich auf einer fundierten Beobachtung ruht. In diesem Sinn muss betont werden, dass unsere Daten nur für die zweite Hälfte der Untersuchungsperiode die traditionellen Fällregeln deutlich bestätigen können.

## 6. Schlussbemerkungen

Mit dem vorliegenden Aufsatz wird ein wissenschaftlich noch nicht bekanntes Phänomen beschrieben, welches jedoch seit langem und in verschiedenen Kulturen immer wieder erwähnt wird. Dies muss als ein erster Schritt betrachtet werden – die Prozesse, die zu diesem Phänomen führen und die entsprechenden Bedingungen müssten nun in gezielten, tiefergehenden Untersuchungen geklärt werden.

Eine bemerkenswerte Tatsache ist, dass sich diese Vorgänge nicht nur auf den peripheren, wassergesättigten und lebenden Splint beschränken. Sie sind auch im inneren, trockeneren und aus den Lebensprozessen ausgeschiedenen Kernbereich (in jedoch geringerem Ausmass) zu beobachten. Somit müsste die Suche der verantwortlichen Prozesse auch nicht lebende Gewebe berücksichtigen.

Der Autor ist sich bewusst, dass diese Resultate und Interpretationen bestimmte, in der heutigen Holzphysik verbreitete Ansichten in Frage stellen. Dies soll jedoch als Anregung für weitergehende Forschungen und eine offene Diskussion gelten.

## Zusammenfassung

Als Ergänzung zu einer generellen Studie mit statistischer Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Fälldatum der Bäume (gewählt in Bezug auf die traditionell erwähnten Mondzyklen) und den Haupteigenschaften des Holzes untersucht der vorliegende Aufsatz im Speziellen die Variationen der Holz-Wasser-Relation und präsentiert die Auswirkungen einer längeren Aussetzung an die Witterung auf eine Probenreihe aus dem Hauptversuch.

Für das Splint- wie für das Kernholz stellt sich heraus, dass in der zweiten Hälfte der Versuchsperiode das Verhältnis zwischen dem Anteil an freiem Wasser (leicht extrahierbar) und dem Anteil an gebundenem Wasser (an die Zellwand gebunden, für das Schwinden beim Trocknen verantwortlich) systematisch und signifikant bezüglich Fälldatum variiert. Die Einwirkung der Witterung lässt offensichtlich den anfangs beobachteten signifikanten Effekt des Fällzeitpunktes nicht verschwinden: Sowohl im feuchten Zustand wie auch im klimati-

sierten und darrtrockenen Zustand bleibt eine systematische Variation im relativen Gewicht der Proben sichtbar (für alle sechs Fälldaten im Splint, für die zweite Hälfte im Kern). Für die Druckfestigkeit war der «Mondphaseneffekt» nur in der zweiten Hälfte der experimentellen Fällperiode noch sichtbar. Die relative Deformation alternierte in ihrer Amplitude deutlich nur bei den druckgetesteten Splintholzproben. Die Besiedelung durch Pilze und Flechten der wetterexponierten, später luftdicht-feuchteexponierten Splintproben war deutlich geringer für Bäume, die bei abnehmendem/absteigendem Mond im Dezember und anfangs Januar gefällt wurden. Diese Resultate werden mit Ergebnissen aus analogen Untersuchungen verglichen und werden in den wissenschaftlichen Kontext gestellt, der die eingangs aufgestellte Hypothese unterstützt.

## Summary

### Drying and weathering behaviour of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) wood felled according to moon phases

In addition to a general study with statistical analysis of the relation between felling date (chosen in function of the lunar cycles according to forestry traditions) and the main physical properties of wood, the present publication deals in detail with some aspects of the wood-water-relation, and presents the effects of a prolonged weathering on samples issued from the main trial.

For both sapwood and heartwood, it appears that in the second half of the tested period, the proportion of free water (easily extractible) compared to the bound water (which in association with the cell wall causes shrinkage during the drying process) varies systematically and significantly, depending on the felling date. The physical effect of the weather exposure apparently did not cancel out the significant differences initially observed: whether in a humid state as conditioned or oven-dried, a systematic alternance in the relative weight of the samples remained visible (for all six dates in sapwood samples/only for the second half in heartwood samples). The «lunar effect» on compression strength of weathered samples remained only in the second half of the experimental period. The relative deformations of the compression-tested weathered samples showed a systematic variation in sapwood only. The decay symptoms (fungi, moulds, lichens) were clearly reduced on sapwood samples from December and January felling dates at waning/descending moon. These results are compared to similar studies and placed into a scientific context in accordance with the initial hypothesis.

## Résumé

### Comportement au séchage et aux intempéries du bois d'épicéa (*Picea abies* Karst.) abattu selon les phases lunaires

En complément d'une étude générale avec analyse statistique de la relation entre la date de coupe des arbres (choisie en fonction des cycles lunaires souvent mentionnés dans les traditions) et les propriétés physiques principales du bois, le présent article étudie en détail les variations de la relation eau-bois, et présente les effets d'une exposition prolongée aux intempéries d'un lot d'échantillons issu de l'essai principal.

Pour le bois d'aubier comme pour le bois parfait, il apparaît que dans la seconde moitié de la période étudiée, le rapport entre la part d'eau libre (facilement extractible) et celle d'eau



liée (associée à la paroi cellulaire et provoquant le retrait lors du séchage) varie de façon systématique et significative en fonction de la date d'abattage. L'action des intempéries n'efface apparemment pas l'effet significatif de la date d'abattage observé initialement: autant à l'état humide qu'à l'état climatisé ou anhydre, une alternance systématique dans le poids relatif des échantillons est restée visible (sur l'ensemble des 6 dates pour l'aubier, sur la seconde moitié seulement pour le bois parfait). Pour la résistance à la compression, «l'effet lunaire» n'est resté apparent que pour la seconde moitié de la période d'abattage expérimentale. Les déformations relatives des échantillons soumis à ce test alternaient clairement en amplitude pour le bois issu de l'aubier seulement. La colonisation (champignons, moisissures, lichens) des échantillons d'aubier exposés aux intempéries puis à une atmosphère confinée humide fut nettement plus faible pour le bois d'arbres abattus en lune décroissante/descendante de décembre et de début janvier. Ces résultats sont comparés à des essais analogues et placés dans le contexte scientifique allant dans le sens de l'hypothèse de travail initialement formulée.

- VOGT, K.A.; BEARD, K.H.; HAMMANN, S.; O'HARA PALMIOTTO, J.; VOGT, D.J.; SCATENA, F.N.; HECHT, B.P. 2002: Indigenous Knowledge Informing Management of Tropical Forests: The Link between Rhythms in Plant Secondary Chemistry and Lunar Cycles. *Ambio* 31, 6: 485–490.
- ZÜRCHER, E.; CANTIANI, M.-G.; SORBETTI-GUERRI, F.; MICHEL, D. 1998: Tree stem diameters fluctuate with tide. *Nature* 392, 6677: 665–666.
- ZÜRCHER, E. 2000: Mondbezogene Traditionen in der Forstwirtschaft und Phänomene in der Baumbiologie. *Schweiz. Z. Forstwes.* 151, 11: 417–424.
- ZÜRCHER, E.; MANDALLAZ, D. 2001: Lunar Synodic Rhythm and Wood Properties: Traditions and Reality. In: *L'arbre 2000 The Tree*. 4th International Symposium on the Tree, 20–26 August, 2000. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal Botanical Garden, Isabelle Quentin Editeur, Montréal: 244–250.
- ZÜRCHER, E. 2001: Lunar Rhythms in Forestry Traditions – Lunar-Related Phenomena in Tree Biology and Wood Properties. *Earth, Moon and Planets* 85–86: 463–478.

## Literatur

- BARISKA, M.; RÖSCH, P. 2000: Fällzeit und Schwindverhalten von Fichtenholz. *Schweiz. Z. Forstwes.* 151, 11: 439–443.
- BAVENDAMM, W. 1974: Die Holzschäden und ihre Verhütung. WVG, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 136 S.
- BÉNICHOU, H. 1989: *Vivre et comprendre les rythmes de la lune*. Editions Séléne, Paris, 101 p.
- BROENDEGAARD, V.J. 1985: Pflanzen im Brauchtum, in der Geschichte und der Volksmedizin. Kapitel 5. Holzeinschlag und Mondphase - Aberglaube oder Volksweisheit? Verlag Mensch und Leben, Berlin, Bd. 6: 82–92.
- BURMESTER, A. 1978a: Jahreszeitliche Schwankung des Schwind- und Quellvermögens von Eichenholz im lebenden Baum. *Holz als Roh- und Werkstoff* 36: 157–161.
- BURMESTER, A. 1978b: Jahreszeitliche Änderung physikalischer Holzeigenschaften in einem Eichenbaum (*Quercus robur* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff* 36: 315–321.
- DIN 1991: Normen über Holz. Deutsches Institut für Normung e.V., DIN-Taschenbuch 31. 6. Aufl., Beuth, Berlin.
- FELLNER, J.; TEISCHINGER, A. 2001: Alte Holzregeln – Von Mythen und Brauchbarem über Fehlinterpretationen zu neuen Erkenntnissen. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien, 160 S.
- GÄUMANN, E. 1930: Untersuchungen über den Einfluss der Fällzeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. 2. Teil. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins Nr. 5, 155 S.
- HAUSER, A. 1981: Bauernregeln – Eine schweizerische Sammlung mit Erläuterungen. 3. erw. Aufl., Artemis Verlag, Zürich u. München, 720 S.
- RÖSCH, P. 1999: Untersuchung über den Einfluss des Fällzeitpunktes bezüglich Mondphasen. Diplomarbeit an der Professur Holzwissenschaften, ETH-Zürich, 42 S. mit 19 S. Anhang.
- SACHS, L. 1982: Statistische Methoden. 5. Neubearb. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u.a., 124 S.
- SEELING, U. 2000: Ausgewählte Eigenschaften des Holzes der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Fällung. *Schweiz. Z. Forstwes.* 151, 11: 451–458.
- SEELING, U.; HERZ, A. (1998): Einfluss des Fällzeitpunktes auf das Schwindungsverhalten und die Feuchte des Holzes von Fichte (*Picea abies*) – Literaturübersicht und Pilotstudie. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., Institut Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft. Arbeitspapier 2–98, 66 S.
- SERRES, O. DE 1600: *Le Théâtre d'agriculture et mesnage des champs*. Jamet-Métayer, Paris, 1400 S.
- TRIEBEL, J. 1998: Mondphasenabhängiger Holzeinschlag – Literaturbetrachtung und Untersuchung ausgewählter Eigenschaften des Holzes von Fichten (*Picea abies* Karst.). Diplomarbeit, Institut für Forstbenutzung und Forsttechnik, TU Dresden, 108 S.

## Dank

Abschliessend wird Herrn Patrick Rösch für die freundliche Übergabe des umfangreichen Proben- und Datenmaterials im Sinn einer vertiefenden Weiterbehandlung gedankt.

## Autor

Dr. ERNST ZÜRCHER, Schweizerische Hochschule für die Holzwirtschaft, SH-Holz, Solothurnstrasse 102, CH-2504 Biel, Tel. 032 344 03 67, Fax 344 92 12, E-Mail: ernst.zuercher@swood.bfh.ch, Internet: <http://www.swood.bfh.ch>.