**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal =

Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 138 (1987)

Heft: 11

**Artikel:** Das Wasserhaushalt unterschiedlich vitaler Fichten und Tannen

Autor: Schnell, Günter R. / Arnold, Martin / Sell, Jürgen

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-766074

#### 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:** 01.12.2025

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

# Der Wasserhaushalt unterschiedlich vitaler Fichten und Tannen<sup>1</sup>

Von Günter R. Schnell, Martin Arnold und Jürgen Sell (EMPA-Abt. Holz, CH-8600 Dübendorf)

Oxf.: 811.51:812.2:174.7

## 1. Einleitung

Bei der Auswahl der Probestämme für das Sanasilva-Teilprojekt «Holzqualität» wurde die Qualität der Bäume — wie heute üblich — nach dem Kronenbild beurteilt. Bei der anschliessenden umfangreichen Untersuchung zeichnete sich erwartungsgemäss ein Zusammenhang zwischen dem Kronenbild und der Wasserversorgung im Stamm ab. (*Chalk et al.* 1956, *Gibbs* 1939, *Langner* 1932, *Smith et al.* 1966, und andere). Es ist bekannt, dass für das Baumwachstum ungünstige Faktoren (flachgründiger-nährstoffarmer Boden, untergeordnete soziale Stellung des Baumes, trockene Witterungsperioden usw. den Verkernungsvorgang des Holzes fördern, dadurch die Splintfläche verringern und so die Wasserleitung im Stamm vermindern. Nach *Trendelenburg* und *Mayer-Wegelin* (1951) verkernen Nadelhölzer bei guter Wasserversorgung weniger rasch.

Wegen möglicher Auswirkungen des Wassergehaltes der ausgewählten Stämme auf die Holzqualität wurde beschlossen, die Ermittlung wichtiger Splintdaten in die Untersuchung einzubeziehen. Dabei war es nicht das Ziel, die Ursachen der unterschiedlichen Splintmerkmale klären zu helfen, sondern diese Unterschiede quantitativ darzustellen. Es waren Parallelen zu verschiedenen neueren Untersuchungen zu ziehen, die bereits vergleichsweise geringe Wassergehalte und/oder Splintbreiten kranker Bäume feststellten (Azmutat et al. 1986, Bauch 1986, Frühwald 1986, Frühwald et al. 1984, Hapla 1986, Kucera 1984, Rademacher et al. 1986, Schulz 1986).

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Untersuchung im Rahmen des Programmes Sanasilva, Teilprojekt «Holzqualität» (Schnell et al. 1987).

### 2. Material und Methoden

# 2.1 Herkunft des Probenmaterials

Das Probenmaterial, insgesamt 162 Bäume, entstammt Fichten-/Tannenbeständen aus den Waldungen der Gemeinden Lenz und Malans (GR, alpine Standorte), Bilten (GL, voralpin), Buchs—Rohr—Suhr (AG, Mittelland) und Lausanne (VD, Jorat-Colline). Pro Standort standen Stammabschnitte von je 10 gesunden und kranken Fichten und Tannen zur Verfügung, von denen jeweils ein Abschnitt von 80 cm Länge und eine Stammscheibe von 10 cm Dicke aus dem Erdstamm (unterer Stammabschnitt; Brusthöhe bis 5 m Stammhöhe) sowie eine Scheibe von 10 cm Dicke aus dem Wipfelbereich untersucht wurden. Die Probenentnahme erfolgte an frisch gefällten Bäumen vom Dezember 1984 bis Februar 1985 und vom November 1985 bis Februar 1986. Weitere Charakteristika der Standorte und der untersuchten Bäume sind der *Tabelle 1* zu entnehmen.

## 2.2 Bestimmung des absoluten Wassergehaltes

Die Bestimmung des absoluten Wassergehaltes waldfrischen Holzes machte die umgehende Verarbeitung der Stammscheiben erforderlich und erfolgte jeweils an vier Querschnittsstreifen; diese Streifen entsprachen vier senkrecht zueinander stehenden Stammradien, wobei im Falle von unrunden Stämmen der längste Radius jeweils miteinbezogen wurde (Abbildung 1). Auf diese Weise konnte die Exzentrizität des Stammes in die Bestimmung des Wassergehaltes einbezogen werden.

Die vier Probestreifen pro Stammscheibe wurden scheibenweise gespalten, im Splintbereich in 2 bis 5 mm dicke, im Kernbereich in 10 bis 20 mm dicke Probestücke, an denen umgehend der Wassergehalt nach DIN 52 183 (Prüfung von Holz: Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes) im Darrverfahren bestimmt wurde. Um die Splint-/Kerngrenze möglichst genau zu erfassen, wurde stets versucht, eine Spaltung zwischen der dunkel kontrastierten Splintzone mit hohem Wassergehalt und der hell erscheinenden, trockenen Kernzone zu legen. Da diese Grenze aber nicht unbedingt in einer longitudinalen Ebene verläuft, wiesen die Proben im Bereich der Splint-/Kerngrenze oft sowohl Splintwie Kernanteile und dementsprechend uneinheitliche Wassergehaltsverteilungen auf. Noch problematischer war die Erfassung des Überganges vom Splint zum Kern bei Weisstannenholz mit Nasskernbildung.

Tabelle 1. Bestandesbeschreibung und Kenndaten der Probebäume.

		Alpen		Voralpen	Mittelland	Jorat (Hügelland)
Standort Höhe ü. M. Exposition Topographie Geologie	(m)	Ta Malans/GR 810 bis 1000 SW Hang kalkreicher Bündnerschiefer tiefgründige Renzina	Fi Lenz/GR 1430 W Ebene Schotter flachgründige Renzina	Ta und Fi Bilten/GL 1200 NW Kuppe, Mulde Hang, Ebene Nagelfluh flach- bis tief- gründiger Mergel	Ta und Fi Buchs-Rohr-Suhr/AG 370 bis 390 W bis NW Ebene Niederterrassen- Schotter mittelgründige kalkarme	Ta und Fi Lausanne/VD 740 bis 780 SSO Ebene Molasse mittelgründige leicht podsolige
Niederschlag Durchschnitts- temperatur	(mm/Jahr) (°C/Jahr)	1066	1133	1834 6,7	Braunerde 1061 8,3	saure Braunerde 1084 9,6
Bestandes- charakteristika Betriebsform Entwicklungs- stufe Baumarten- Mischung		Hochwald Altholz 95% Ta 5% Bu, BAh	Mittelwald BH II Altholz 100% Fichte	Hochwald Altholz 50% Fi, 50% Ta	Hochwald BH II, Altholz 90% Fi, 5% Ta 5% Bu, BAh, Es	Hochwald BHI+II Altholz 50% Fi, 50% Ta

Tabelle 1. Bestandesbeschreibung und Kenndaten der Probebäume (Forts.).

		Alpen	,	Voralpen	Mittelland	Jorat (Hügelland)
Probebäume Alter	(Jahre)			-		
Fichte, gesund			140 bis 195	115 bis 200	70 bis 75	80 bis 100
Fichte, krank			135 bis 205	90 bis 170	75 bis 125	75 bis 100
Tanne, gesund		50 bis 80		100 bis 175	80 bis 100	75 bis 180
Tanne, krank	,	55 bis 125		100 bis 140	75 bis 100	85 bis 105
Höhe	(m)					
Fichte, gesund			20 bis 25	20 bis 33	29 bis 38	29 bis 36
Fichte, krank				bis	bis	bis
Tanne, gesund		25 bis 32		bis	bis	bis
Tanne, krank		23 bis 34		bis	bis	bis
Brusthöhen-	,					
durchmesser	(cm)					
Fichte, gesund			37 bis 50	bis		bis
Fichte, krank			bis	bis		bis
Tanne, gesund		43 bis 66		44 bis 61	37 bis 58	34 bis 75
Tanne, krank		30 bis 74		bis		bis
Kronenanteil	(%)					
Fichte, gesund			61 bis 90	bis	bis	bis
Fichte, krank			45 bis 87	bis	bis	bis
Tanne, gesund		30 bis 84		30 bis 58	52 bis 73	40 bis 94
Tanne, krank		22 bis 69		bis		16 bis 83
Probenentnahme			A			
Höhe im unteren						*
Stammbereich	(m)	2,0	1,0  bis  2,0	1,0  bis  4,0	1,0	1,0

BAh Bergahorn, Bu Buche, Es Esche, Fi Fichte, Ta Weisstanne

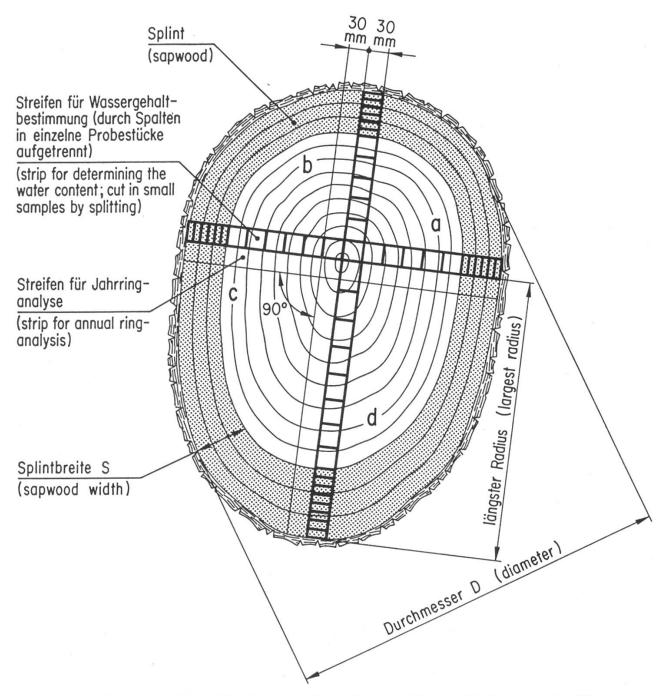


Abbildung 1. Entnahmeschema für die vier radialen Probestreifen zur Bestimmung des Wassergehaltes im Darrverfahren.

# 2.3 Bestimmung der Splintkenndaten

Aus der Verteilung des absoluten Wassergehaltes über den Stammradius kann die Splintbreite und die kreisäquivalente oder ellipsenäquivalente Splintfläche berechnet werden. Dabei ist von Bedeutung, wo die Splint-/Kerngrenze angenommen wird. Die stets zweigipfligen Häufigkeitsverteilungen (Abbildung 2) des Wassergehaltes der Einzelproben lassen die Splint-/Kerngrenze als Grenze der beiden Verteilungskomponenten (Kern- bzw. Splintwassergehalt) bei rund 100 % erkennen.

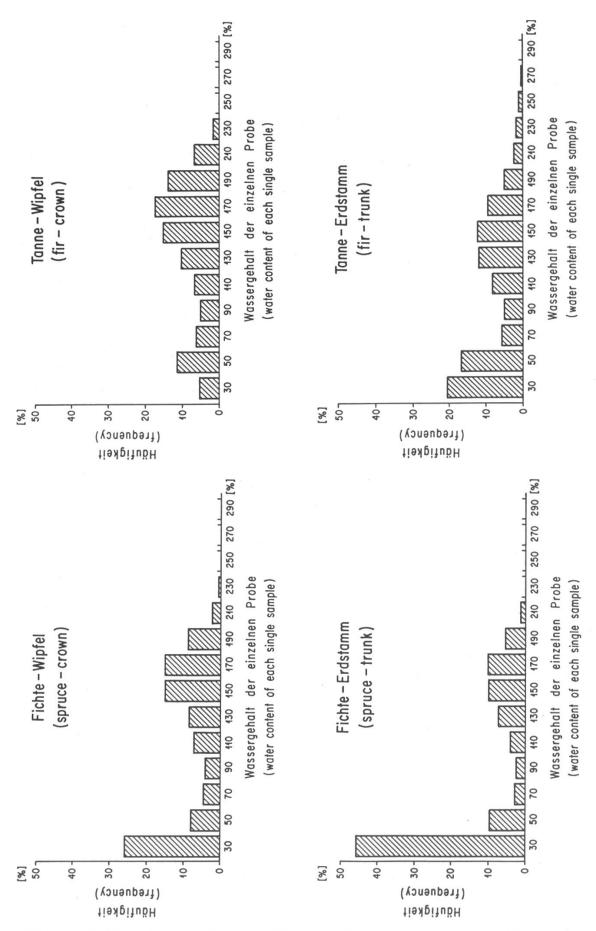


Abbildung 2. Häufigkeitsverteilung der Wassergehaltswerte der gespaltenen Einzelproben aller untersuchten Bäume.

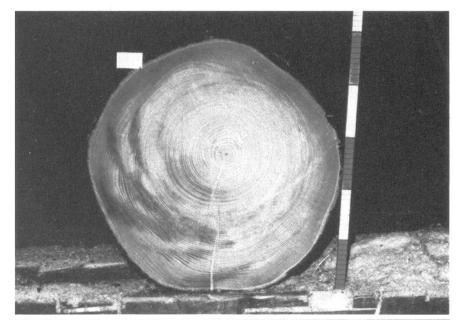


Abbildung 3: Querschnitt mit undeutlicher Splint-/Kerngrenze.



Abbildung 4: Splint-/Kerngrenze unmittelbar nach dem Trennschnitt markiert.

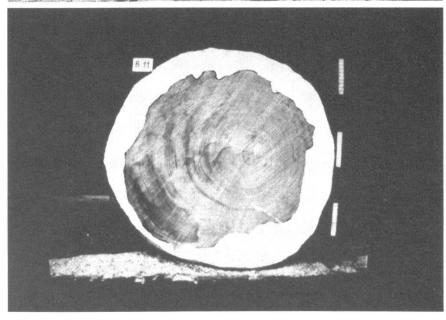
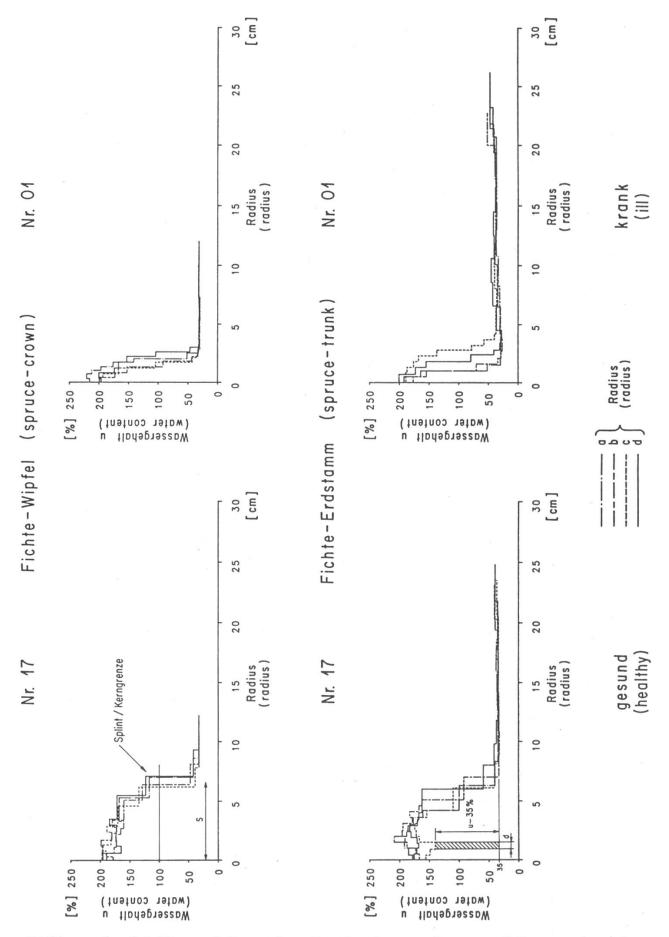
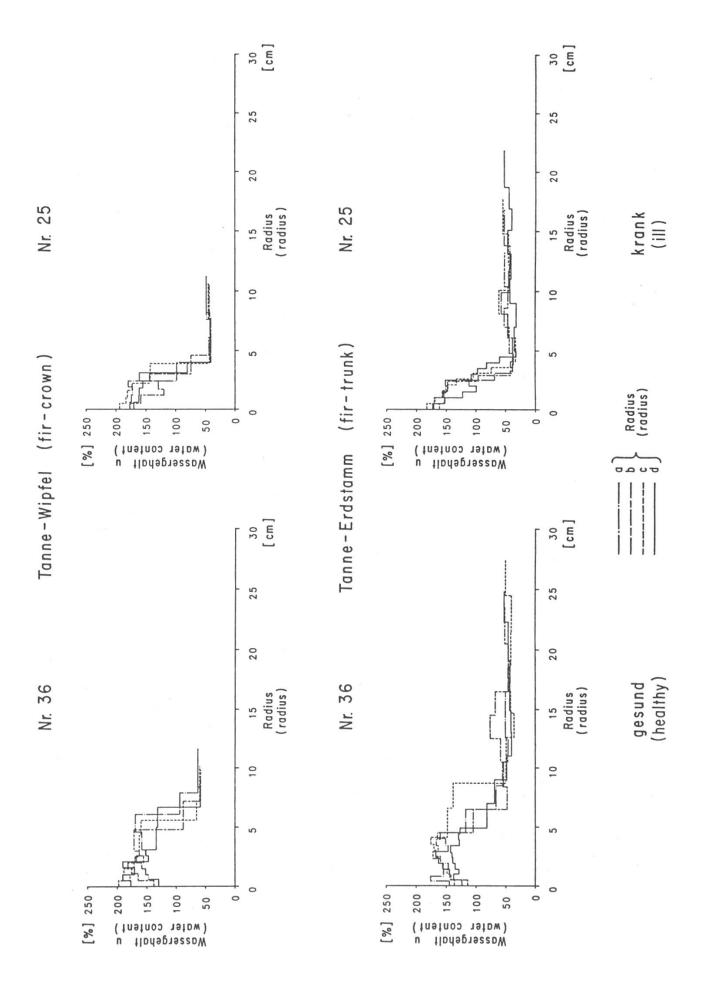


Abbildung 5:
Querschnitt von
Abbildung 4 mit der
Grauwertdetektion des
Splintes auf dem Monitor
des Bildanalysegerätes.

Abbildungen 3 bis 5: Erdstammquerschnitte frisch gefällter Fichten.



Abbildungen 6 und 7. Wassergehaltsverteilung über dem Stammradius ausgewählter gesunder und kranker Fichten und Tannen.



Die Distanz vom Kambium bis zur Splint-/Kerngrenze wird ins Verhältnis zum gesamten Stammradius gesetzt und mit «relative Splintbreite S<sub>rel</sub>» (%) bezeichnet. Weitere wichtige Grössen für die Wasserversorgung des Baumes sind die absolute und relative Splintfläche. Die kreisäquivalente Splintfläche wird ins Verhältnis zur gesamten Querschnittfläche gesetzt und im folgenden mit «relative Splintfläche AD\_rel» bezeichnet.

Mit geringerem Arbeitsaufwand ergeben sich vergleichbare Ergebnisse bei der bildanalytischen Auswertung von Fotographien (Farbdiapositiven) von Stammquerschnitten (*Arnold et al.* 1986). Voraussetzung hierfür ist, dass die Bilder unmittelbar nach dem Fällen oder nach dem Auftrennen frischer Stammabschnitte aufgenommen werden und die Splint-/Kerngrenze deutlich auf der Probe markiert ist. Beim Fotographieren sollten Objektive mit Brennweiten von über 50 mm eingesetzt werden, um Parallaxen zu vermeiden. Mit dem automatischen Bildanalysator «Quantimet 900» (Bauart Cambridge Instruments) liess sich die «relative Splintfläche AB,rel» (Bildmessung) des durch den hohen Wassergehalt dunkler gefärbten Splintes einfach messen; allerdings ist der Kontrast (Grauwert-Unterschied) zwischen Splint und Kern doch oft nicht gross genug, weshalb die Splint-/Kerngrenze auf dem Monitor mit dem «Light pen» nachmarkiert werden musste (*Abbildung 3* bis 5).

Die Wasserleitaktivität des Splintes ist noch weitergehend durch Verknüpfen der Messgrössen Wassergehalt und Splintanteil zu charakterisieren. Wir summierten die Produkte des Wassergehaltes u und der rel. Dicke d (in % des Radius) der einzelnen, aus den vier radialen Streifen gespaltenen Proben über die gesamte Splintbreite und mittelten die vier Werte. Die Summe ( $\Sigma$  u · d) entspricht annähernd dem Flächenintegral der Verteilungskurve des Wassergehaltes über der Splintbreite.

Zur Berechnung der Summe  $\Sigma$  u · d, die eigentlich die Menge des Flüssigwassers in den Zell-Lumina des Splints charakterisiert, wurde zuvor die (gemessene) durchschnittliche Kernholzfeuchte von 35 % (dies entspricht ungefähr der Fasersättigungsfeuchte) subtrahiert. Hierdurch verminderte sich auch der Berechnungsfehler der Grösse  $\Sigma$  u · d, der durch die meist nicht ganz genau erfassbare Splintgrenze entstand (vgl. *Abbildung 6* und 7).

Eine weitere Möglichkeit zur Verknüpfung der Grössen «Splintfläche» und «Wassergehalt» ist das Produkt der «rel. Fläche A» und des «mittleren Wassergehaltes ū» des Splints. Die Grösse A · ū hat den Vorteil, mit geringem Aufwand berechnet werden zu können. Vor allem lassen sich hiezu auch die mit dem Bildanalysator von den Stammscheiben ermittelte «rel. Splintfläche» AB,rel» einsetzen; ferner genügt es, den Wassergehalt an einem vom Kern abgetrennten Splintabschnitt (unmittelbar nach der Fällung) zu bestimmen.

# 3.1 Wassergehalt

Auf frischen Stammquerschnitten von Fichten und Tannen lag die Grenze zwischen dem nassen und darum dunkleren Splint und dem trockenen, hellen Kern im Bereich eines Wassergehaltes von 100 % (siehe oben). Dieser Befund darf allerdings nicht verallgemeinert werden. Vielmehr steht aufgrund umfangreicher älterer Untersuchungen fest, dass der Wassergehalt, vor allem im kernnahen Splint der Nadelhölzer, in starkem Masse von der Jahreszeit beziehungsweise vom Klima des Standortes abhängt (Burmester 1980, Huber 1956, Langner 1932, und andere). Im Rahmen neuerer vergleichender Untersuchungen von Holz geschädigter und gesunder Fichten haben Frühwald et al. (1984) und Rademacher et al. (1986) andere mittlere Wassergehalte als wir gemessen. Diese Autoren stellten in ihren Untersuchungen an sehr kranken Fichten (Schadklasse 3) im inneren Splintbereich einen — im Vergleich zu gesunden Bäumen - um rund ein Drittel bis die Hälfte verminderten Wassergehalt fest; dadurch lag auch der mittlere Splint-Wassergehalt kranker Bäume deutlich tiefer als bei gesunden Vergleichsindividuen. Demgegenüber betrug die mittlere Differenz der Wassergehalte des Splintes bei den von uns untersuchten Bäumen weniger als ein Zehntel, mit einer Schwankungsbreite von 2 bis 15 %. Für diese abweichenden Befunde mögen unterschiedliche Standort-Charakteristiken und Fälldaten ausschlaggebend sein. Vermutlich trug dazu aber auch die Tatsache bei, dass ein erheblicher Teil der von den genannten Autoren untersuchten Bäume unmittelbar nach einem extrem trockenen Sommer im Winter 1983/1984 gefällt worden waren, unsere Bäume hingegen im Winter 1984/1985 und 1985/1986, als sich die Wasserversorgung des Stammes – nach Perioden mit normalem oder sogar hohem Niederschlag — wieder stabilisiert hatte.

Die gemittelten Wassergehalte des Splintholzes im Erdstamm der Probebäume der vier Standorte unterschieden sich bemerkenswert wenig:

- gesunde Fichten: 154 % < u < 176 % (wobei der kleinste Wert im Mittelland und der grösste im Jorat-Colline gefunden wurde);
- kranke Fichten: 150 % < u < 156 % (Alpen bzw. Voralpen);
- gesunde Tannen: 141 % < u < 164 % (Jorat-Colline bzw. Alpen);</li>
- kranke Tannen: 135 % < u < 151 % (Mittelland bzw. Voralpen).

Der Splint im Wipfelbereich der Fichten wies an den vier Standorten sehr ähnliche Wassergehalte wie im Erdstamm auf, während der Wassergehalt im Splint der Weisstannenwipfel bei allen Standorten um rund 10 bis 20 % höher lag als im Splint der Erdstammabschnitte.

Die Streuung der Wassergehalte innerhalb der einzelnen Kollektive war bei vielen Standorten nicht sehr gross. Die überwiegend geringen Unterschiede der Wassergehalte zwischen den gesunden und den kranken Bäumen sind bei den meisten Standorten statistisch nicht gesichert (*Tabellen 2* bis 4).

Tabellen 2 und 3. Zusammenstellung aller ermittelten Splintdaten. Tabelle 2 = Fichte, Tabelle 3 = Tanne. Fichte Wipfel

$M\epsilon$	Messgrössen		Proben-	Wassergehalt	halt	Splintbre	ite	Splintfläc	he			Wasser	Wasserversorgung	gung	
			Scheiben- Durchmesser	im Splint		(Darrver, absolut	fahren) relativ	(Darrver) absolut	fahren) relativ	(Bildanalyse) relativ	se)	im Splint	nt		
Kollektive		и	$D$ (cm) $\bar{\mathbf{x}}$ s	ū (%) x̄ s	u <sub>max</sub> (%) $\bar{\mathbf{x}}$ s	$\begin{array}{ccc} S_{abs} & S_{rel} \\ (cm) & (\%) \\ \overline{x} & s & \overline{x} & s \end{array}$	$\begin{array}{c} S_{rel} \\ (\%) \\ \overline{x} \end{array} s$	$\begin{array}{ccc} A_{D,abs} & A_{D,rel} \\ (cm^2) & (\%) \\ \overline{x} & s & \overline{x} & s \end{array}$	$_{\overline{X}}^{\mathrm{AD,rel}}$	$\begin{array}{c} A_{B,rel} \\ (\%) \\ \bar{x} \end{array} s$		$\sum_{\mathbf{X}} d* (u \%)$	1-35)	$\Sigma d* (u-35)  A_{D,rel} * \bar{u}$ $(\%*\%) \qquad (\%*\%)$ $\bar{x} \qquad S \qquad \bar{x} \qquad S$	No.
Standort Alpen	Vitalität gesund krank	10	10 16,6 1,3 10 16,9 1,5	158 15 155 20	177 17 171 19	2,4 0,4 1,4 0,5	28,8 3,9 16,0 5,7	106 21 66 25	48,8 5,2 29,3 9,2		2	3736 2113	708	7738 1 4619 10	1181
Voralpen		13	gesund 13 21,7 1,7 krank 8 19,2 1,8	165 16 148 20	196 18 179 29	4,9 1,5 2,4 1,1	45,2 12,4 24,7 11,6	256 70 121 45	68,4 14,4 42,0 15,6	1 1		5945 1 3163 1	1915 1645	11432 30	3045 2952
Mittelland gesund 10 19,6 2,4 krank 10 19,7 2,1	gesund krank	10	19,6 2,4 19,7 2,1	154 14 147 17	179 15 196 17	4,2 0,6 3,2 0,5	43,6 5,7 33,0 5,8	206 48 166 34	67,8 6,1 54,2 8,1	1 1		5444 3970	889	10461 1. 7990 10	1389
Jorat- Colline	gesund krank	10	gesund 10 19,9 3,0 krank 10 19,8 2,9	166 18 156 24	202 26 198 30	4,7 1,3 3,4 0,6	47,5 15,1 34,6 8,3	220 70 173 42	70,6 16,5 56,8 10,8	11		6431 2 4388 1	2321	11890 3: 8887 2:	3564 2266

Fichte Erdstamm

$M\epsilon$	Messgrössen		Proben- Scheiben- Durchmes	103	Wassergehalt im Splint	halt	Splintbrei (Darrver)	ite (ahren)		Splintfläche (Darrverfah	äche erfahrer rola		(Bildan	alyse)	Wasserve im Splint	Wasserversorgung im Splint	Bun	
Kollektive		и	$D$ (cm) $\bar{x}$		$u = \frac{u}{\bar{x}}$ s	$u_{max} = 0$ $(\%)$ $\overline{x}$	$S_{abs}$ $S_{rel}$ $(cm)$ $(\%)$ $\bar{x}$ $s$ $\bar{x}$ $s$	$S_{rel}$ (%)		$\begin{array}{lll} absolut & retain \\ A_{D,abs} & A_{D,rel} \\ (cm^2) & (\%) \\ \overline{x} & s & \overline{x} & s \end{array}$	$A_{D,1}$ $(\%)$ $\bar{\mathbf{x}}$		A B, rel $ \frac{A_{B,rel}}{\bar{x}} $ S	S	$\sum_{\substack{(\%, \%) \\ \bar{\mathbf{x}}}} d* (u-35)$		$A_{D,rel} * \bar{\mathbf{u}} \ (\%*\%) \ \bar{\mathbf{x}} \ \mathbf{s}$	ū s
Standort	Vitalität									,								
Alpen	gesund 10 37,3 3,6	10	37,3		161 15 182	182 14	3,6 0,7	19,3 4,1		n=735,1 379 85 34,8	5 34,8	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	=735,9	5,1	2517	592	5626	1217
	krank	10	10 31,6 4,5		150 17	170 20	2,1 1,1	13,2		201 12.	2 24,3	11,8 n= 10,1	= 5 25,0	7,/	1675	773	3740	1744
Voralpen	gesund 13 48,1 11,4 krank 8 37,6 8,8	13	48,1		163 15 156 14	197 18 179 16	4,6 2,3 2,4 1,1	18,5	6,9	671 406 276 180	6 33,4 0 23,1	t 11,1 l 7,5	30,9	8,0	2394 1530	1098	5570 3557	2257 1084
Mittelland gesund 10 39,3 4,4 krank 10 45,1 6,3	gesund krank	10	39,3 45,1		154 21 150 10	184 21 191 16	4,5 1,4 4,4 1,0	22,5 19,7	6,9	487 165 567 169		39,7 10,8 35,4 6,4	38,1	7,3	2697	873 397	6147 5289	1937
Jorat- Colline	gesund 10 45,6 8,4 krank 10 34,2 7,4	10	45,6 34,2		176 11 151 22	207 16 180 30	4,9 1,7 3,1 1,0	21,9	6,3	650 273 314 159		37,3 10,3 32,3 5,6	38,4	9,9	2893	899 557	6592 4942	1940

Tanne Wipfel

Me	Messgrössen		Proben- Scheiben-	Wassergehalt im Splint	halt	Splintbrei (Darrvert	te (ahren)	Splintfläc (Darrverf	he 'ahren')	(Bilda)	(Bildanalyse)	Wasserversorgung im Splint	Suns
Kollektive		и	$\begin{array}{ccc} Durchmesser \\ D \\ (cm) \\ \overline{x} & s \end{array}$	ū (%) x̄ s	u <sub>max</sub> (%) <u>x</u> s	$\begin{array}{cccc} absolut & retativ \\ S_{abs} & S_{rel} \\ (cm) & (\%) \\ \overline{x} & s & \overline{x} & s \end{array}$	$S_{rel} (\%)$ $\bar{x}$ s	$\begin{array}{cccc} absolut & retain \\ A_{D,abs} & A_{D,rel} \\ (cm^2) & (\%) \\ \overline{x} & s & \overline{x} & s \end{array}$	$A_{D,rel} (\%)$ $\bar{x}$ S	$A_{B,rel} \ (\%)$ $\bar{x}$	S	$\sum_{\substack{(\%*\%)\\ \bar{\mathbf{x}}}} d* (u-35)$	$A_{D,rel}*ar{f u} \ (\%*\%) \ ar{f x}$
Standort Alpen	Vitalität gesund krank	10	10 18,5 3,2 10 19,1 1,9	178 12 154 14	209 13 185 17	5,4 0,8 4,3 0,9	59,6 7,8 44,9 10,1	225 74 197 37	82,9 6,5 68,7 10,8	1.1	1.1	8214 1054 5522 1017	14716 1405 10537 1462
Voralpen	gesund krank	10	10 23,1 2,5 10 21,9 2,0	169 18 180 25	198 16 213 18	6,2 0,9 4,4 1,3	54,5 10,5 39,6 9,7	325 51 242 74	78,3 10,0 62,7 11,4		1.1	7241 1566 5841 1980	13207 2068 11442 3236
Mittelland gesund krank		10	10 23,9 3,4 10 22,9 3,9	166 18 144 23	203 26 182 27	4,9 1,1 4,2 0,6	41,8 11,5 37,5 7,9	285 59 246 59	65,0 13,6 60,4 9,7	1 1	1.1	5438 1569 4322 1065	10711 2461 8687 1821
Jorat- Colline	gesund krank	10	10 20,5 3,2 10 20,5 2,9	159 19 164 16	195 22 203 18	5,4 1,1 4,6 0,9	54,0 13,9 45,1 9,9	250 56 228 61	77,1 13,3 69,0 10,9	1 [	1 1	6664 2023 5963 1292	12288 2762 11251 1847

Tanne Erdstamm

Me	Messgrössen		Proben- Scheiben-	-1	Wassergehalt im Splint	ialt	Splintbrei. (Darrverf	te 'ahren'		Splintfläche (Darrverfahren)	thren)		Bildan	alyse)	Wasserve im Splint	Wasserversorgung im Splint	Bun	
Kollektive		и	$\begin{array}{c} D & \\ D \\ (cm) \\ \overline{x} & \\ \end{array}$		<i>u</i> (%) <u>x</u> s	umax (%) X S	$\begin{array}{cccc} absolat & retain \\ Sabs & Srel \\ (cm) & (\%) \\ \overline{x} & S & \overline{x} & S \end{array}$	$S_{rel}$ (%)		$A_{D,abs}$ $(cm^2)$ $\bar{\mathbf{x}}$	$A_{D,rel}$ (%) $\bar{\mathbf{x}}$		$A_{B,rel}$ $(\%)$ $\bar{\mathbf{x}}$		$\sum_{i} d* (u-35)$ $= (\%*\%)$ $= \overline{x}$	u-35)	$A_{D,rel} * u$ $(\% * \%)$ $\bar{x}$	n s
Standort	Vitalität																	
Alpen	gesund 10 42,2 3,6	10	42,2		164 10	202 15	6,2 1,2	29,0	4,8	29,0 4,8 703 174 49,8	= 8 48,9 49,8	7,6 n=8 44,7	844,7	8,2	3793	704	8182	1294
	krank	10	10 34,6 11,9		144 20	177 27	3,5 1,0	20,7	6,9	349 197	36,9	0,3 n= 10,8	0,820	0,/	2309	654	5251	1391
Voralpen	gesund krank	10	10 51,9 6,2 10 36,9 5,2		157 20 151 23	189 21 183 21	7,3 1,9 4,2 2,3	28,0	6,7 1023 9,6 441	1023 307 441 267	47,8 9,8 38,5 14,5	9,8	47,4 9,4 37,1 12,6	9,4 12,6	3482 2647	1121	7596 5992	2133 2733
Mittelland gesund 10 45,4 5,3 krank 10 46,9 4,7	gesund krank	10	45,4		144 14 135 22	182 21 169 24	6,1 1,4 3,6 2,1	26,8 15,0	6,1	754 200 489 291	46,3 8,7 27,2 13,0	8,7	45,5	9,4	2996 1666	694 954	6628 3770	1288
Jorat- Colline	gesund krank	10	10 44,8 15,3 10 42,8 8,2		141 18 139 12	173 22 174 17	7,9 2,8 5,2 1,2	35,5 24,5	5,5 1 4,9	5,5 1003 673 4,9 629 235	58,2 43,0	7,1	58,9	10,3	3945 2612	729	8157 5983	1152

Tabelle 4. Irrtumswahrscheinlichkeiten gemäss U-Test nach Wilcoxon für die Unterschiede der Splintdaten gesunder und kranker Bäume in den Tabel-len 2 und 3.

Fichte											
Me	Messgrössen	Proben- Scheiben- Durchmesser	Wassergehalt im Splint	ıalt	Splintbre (Darrver)	ite fahren) rolativ	Splintfläc (Darrver,	che fahren) rolativ	(Bildanalyse)	Wasserversorgung im Splint	gung
Kollektive		D (cm) α	ü (%) α	u <sub>max</sub> (%)	Sabs Srel (cm) (%) $\alpha \alpha \alpha \alpha$	$S_{\rm rel}$ (%)	AD, abs AD, rel $(cm^2)$ $(\%)$	$A_{D,\mathrm{rel}}$ (%)	ABrel	$\sum_{(\%, \%)} d* (u-35)$ $(\%, \%)$ $\alpha$	$A_{D,rel} * \ddot{\mathrm{u}} \ (\%*\%) \ lpha$
Standort Alpen	Stammbereich Wipfel Erdstamm	0,544 0,013	0,940	, 1 I	0,001	0,0004	0,005	0,0003	1 1	0,002	0,001
Voralpen	Wipfel Erdstamm	0,005	0,046 0,294	1.1	0,001	0,002	0,001	0,001	ΙΙ	0,003	0,003
Mittelland Wipfel Erdstar	Wipfel Erdstamm	0,940 0,038	0,623	1 1	0,001	0,001	0,076 0,791	0,001	1 1	0,005	0,005
Jorat- Colline	Wipfel Erdstamm	0,850 0,011	0,162 0,014	1 [	0,017	0,031 0,162	0,212 0,009	0,031 0,162		0,064 0,045	0,054

Tanne											
M	Messgrössen	Proben- Scheiben-	Wassergehalt im Splint		Splintbrei (Darrverf	te ahren)	Splintfläc (Darrver)	he fahren)	(Bildanalyse)	Wasserversorgung im Splint	rgung
Kollektive	-	Durchmesser D (cm)	ū (%) α	u <sub>max</sub> (%)	$S_{abs}$ $(cm)$	$S_{abs}$ $S_{rel}$ $A_{\Gamma}$ $A_{\Gamma}$ $(cm)$ $(\%)$ $(cr)$ $(\alpha)$	$\begin{array}{c} absolut \\ A_{D,abs} \\ (cm^2) \\ \alpha \end{array}$	absolut relativ relative relative $A_{D,abs}$ $A_{D,rel}$ $A_{B}$ $(cm^2)$ $(\%)$ $(\%)$	relativ Ab,rel (%)	$\sum_{n} d*(u-35)$ (%*%)	$A_{D,rel}*ar{\mathrm{u}}\ (\%*\%)$
Standort Alpen	Stammbereich Wipfel Erdstamm	0,256 0,021	0,003	- L 1	0,011	0,005	0,308	60000	1 1	0,0003	0,0003
Voralpen	Wipfel Erdstamm	0,520	0,427	[ ]	0,004	0,009	0,014	0,009	1 [	0,054	0,162 0,186
Mittelland Wipfel	Wipfel Erdstamm	0,472 0,520	0,038 0,162	1.1	0,103	0,273	0,186	0,273	1 1	0,054	0,054
Jorat- Colline	Wipfel Erdstamm	0,970 0,850	0,427 0,571	1 1	0,121 0,028	0,162 0,0008	0,385	0,162 0,001	1 1	0,473	0,427

## 3.2 Splintbreite und Splintfläche

Auf allen vier Standorten ist die mittlere absolute Splintbreite S — ebenso die rel. Splintfläche AD,rel — sowohl im Erdstammabschnitt wie im Wipfelbereich bei den kranken Fichten und Tannen geringer als bei den gesunden Vergleichsbäumen (Abbildungen 8 bis 11). So beträgt der Bereich der Splintbreite S und rel. Splintfläche AD,rel im Erdstamm:

```
- bei gesunden Fichten 3,6 cm < S< 4,9 cm bzw. 33 % < AD,rel< 40 % (Alpen) (Jorat) (Voralpen) (Mittelland) - bei kranken Fichten 2,1 cm < S< 4,4 cm bzw. 23 % < AD,rel< 35 % (Alpen) (Mittelland) (Voralpen) (Mittelland)
```

Diese Unterschiede des Splintanteiles gesunder und kranker Bäume sind statistisch gesichert, ausgenommen bei den Mittelland-Fichten, wo kein Unterschied der absoluten Splintbreite besteht. Im Wipfelbereich der Fichten sind die Unterschiede der Splintbreiten gesunder und kranker Bäume noch deutlicher als im Erdstamm (nun auch bei den Mittelland-Fichten).

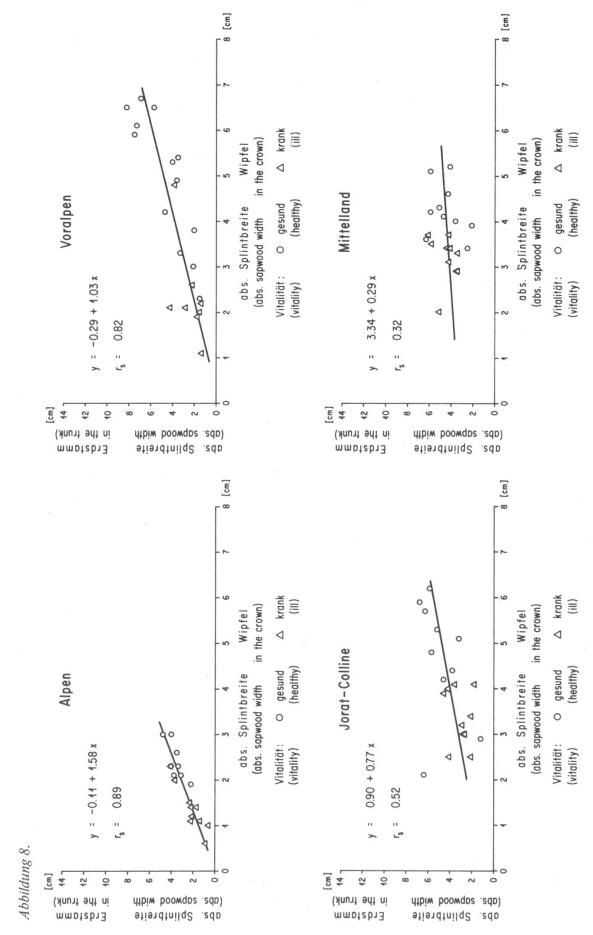
Die Splintbreiten S und rel. Splintflächen AD, rel der gesunden ebenso wie der kranken Weisstannen waren auf allen Standorten deutlich grösser als bei den entsprechenden Fichtenkollektiven; sie betrugen im Erdstamm:

```
- bei gesunden Tannen 6,1 cm < S< 7,9 cm bzw. 46 % < AD,rel< 58 % (Mittelland) (Jorat) (Mittelland) (Jorat) - bei kranken Tannen 3,5 cm < S< 5,2 cm bzw. 27 % < AD,rel< 58 % (Alpen) (Jorat) (Mittelland) (Jorat)
```

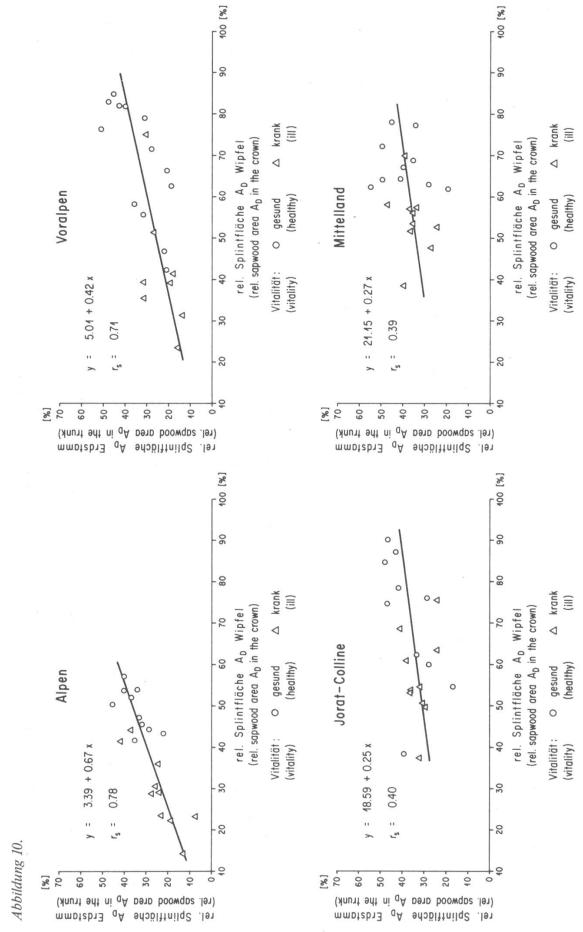
Diese Unterschiede sind auf allen Standorten überwiegend hoch gesichert. Geringere Unterschiede in den Splintbreiten waren dagegen im Wipfel gesunder und kranker Tannen zu verzeichnen, sie sind daher teilweise nicht gesichert (Mittelland und Jorat-Colline), vgl. *Tabellen 2* bis 4.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das — gegenüber den gesunden Vergleichsbäumen — grösste Defizit des für den Wasserhaushalt massgebenden Splintanteiles der kranken Fichten auf dem alpinen und auch voralpinen Standort ermittelt wurde; etwa 40 bis 50 % geringere Splintbreiten und um rund 30 bis 40 % kleinere relative Splintflächen im Erdstamm wie im Wipfel. Am geringsten war das Defizit des Splintanteiles bei den kranken Fichten vom Mittelland-Standort.

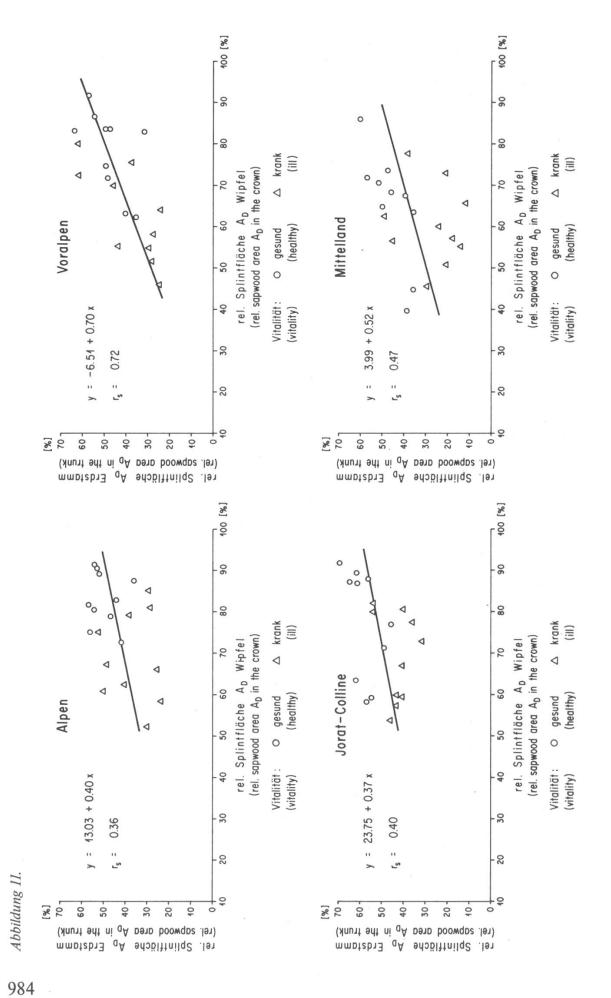
Die kranken Tannen hatten im Erdstamm gegenüber den gesunden Vergleichsbäumen auf allen Standorten um rund 35 bis 45 % geringere absolute Splintbreiten und um 20 bis 40 % geringere relative Splintflächen; im Wipfelbereich betrug das Defizit der Splintbreite 15 bis 30 % und das der relativen Splintfläche knapp 10 bis 20 %. Auch bei der Tanne traten die grössten Defizite auf dem Alpen- und dem Voralpenstandort auf.



Abbildungen 8 und 9. Zusammenhang zwischen den absoluten Splintbreiten von Erdstamm und Wipfel aller Probenkollektive; Abbildung 8 = Fichte, Abbildung 9 = Tanne.



Abbildungen 10 und 11. Zusammenhang zwischen den rel. Splintflächen  $A_{D, rel}$  von Erdstamm und Wipfel aller Probenkollektive; Abbildung 10 = Fichte, Abbildung 11 = Tanne.



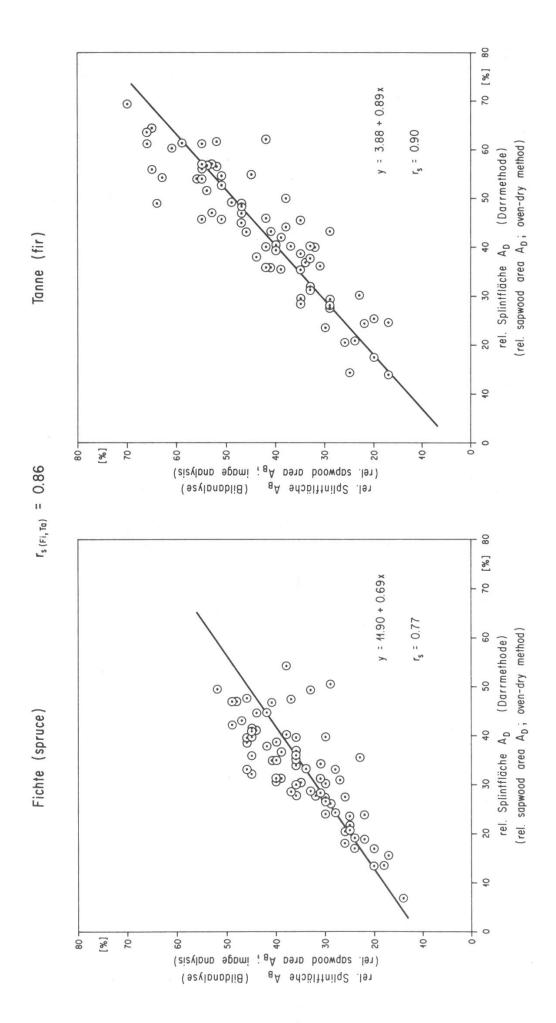


Abbildung 12. Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Splintflächen aus Darrverfahren und Bildanalyse.

Im grossen und ganzen gleichartige Ergebnisse über den Splintanteil gesunder und kranker Fichten und Tannen erbrachte die Bildanalyse der relativen Splintflächen AB,rel. Die Übereinstimmung der mit dem Darrverfahren gemessenen rel. Splintfläche AD,rel ist recht gut (Abbildung 12). Durch einige Massnahmen, zum Beispiel durch Markierung der Splint-/Kerngrenze auf frischen Stammquerschnitten mit einem wasserfesten Farbstift (Abbildung 4), liesse sich die Korrelation noch verbessern.

# 3.3 Statistische Untersuchung der Gruppenbildung gesund/krank mit den Messgrössen «Wassergehalt» und «Splintfläche»

Um den gemeinsamen Einfluss der Messgrössen «Wassergehalt» und «Splintfläche» hinsichtlich der Gruppenbildung «gesund/krank» zu erfassen, wurde mit diesen Grössen aus Erdstamm und Wipfel eine Diskriminanzanalyse durchgeführt.

Da streng genommen nicht alle Voraussetzungen zur Durchführung der Diskriminanzanalyse als gegeben angesehen werden konnten, wurde keine quantitative Beurteilung der «Trennstärken» vorgenommen, sondern in jedem Standortkollektiv lediglich die Reihenfolge der vier Messgrössen nach ihren Einzel-Trennstärken bestimmt (*Tabelle 5*). Daraus ergab sich die interessante Erkenntnis, dass bei der Fichte auf allen Standorten die relative Splintfläche des Wipfels den stärksten Beitrag zur Gruppentrennung «gesund/krank» liefert. Mit dieser Trenngrösse allein kann praktisch die gleiche Trennschärfe wie mit allen vier Grössen gemeinsam erreicht werden. Bei der Tanne teilen sich dem-

*Tabelle 5.* Ergebnisse der Diskriminanzanalyse: Rangliste der Messgrössen nach ihren Trennstärken (gesund/krank) in den einzelnen Standortskollektiven.

<sup>4. =</sup> schlechteste Trennstärke der 4 Messgrössen

	Messgrössen	Wassergehal im Splint	lt	Splintfläche (Darrverfah) relativ	ren)
Kollektive		ū (%) Erdstamm	Wipfel	A <sub>D,rel</sub> (%) Erdstamm	Wipfel
Baumart	Standort			8 8	
Fichte	Alpen	4.	3.	2.	1.
	Voralpen	2.	3.	4.	1.
	Mittelland	2.	3.	4.	1.
	Jorat-Colline	1.	2.	2.	1.
Tanne	Alpen	4.	1.	3.	2.
	Voralpen	4.	1.	3.	1.
	Mittelland	4.	2.	1.	4.
	Jorat-Colline	2.	2.	1.	4.

<sup>1. =</sup> beste Tennstärke der 4 Messgrössen

gegenüber die einzelnen Messgrössen den Trennungseinfluss; es erscheint keine allein dominant. Für den Splintwassergehalt ergab sich in unserer Untersuchung eher eine untergeordnete Bedeutung.

Da die Vitalität der Bäume vor allem anhand des Kronenbildes beurteilt wurde, ist es gut erklärbar, dass die Messgrössen des Wipfels die Kollektive «gesund» und «krank» besser differenzieren als die entsprechenden Werte des Erdstammes. Trotz der offensichtlich vorherrschenden Bedeutung der Splintfläche im Wipfelbereich für das Erscheinungsbild der Fichten bestätigt die Diskriminanzanalyse auch, dass die synergistische Bedeutung von Wassergehalt und Splintanteil — besonders bei der Tanne — beachtet werden muss. Aus diesem Grunde haben wir beide Messgrössen in einem weiteren Auswertungsschritt miteinander verknüpft.

## 3.4 Verknüpfung der Splintdaten «Wassergehalt» und «Splintbreite»

Ausser Splintanteil und Wassergehalt haben auch noch andere Grössen einen bedeutenden Einfluss. So ist die relative Wasserleitfläche wichtig (wasserleitende Fläche bezogen auf die Trockenmasse oder Oberfläche der durch sie versorgten Baumorgane), ferner die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers im kapillaren Leitsystem, die ihrerseits von vielen Faktoren abhängig ist (Huber 1956, Langner 1932, *Vité* 1958, Vité und *Rudinsky* 1959). Es war nicht Aufgabe der vorliegenden Erhebung und auch nicht möglich, diese physiologisch wichtigen Grössen zu ermitteln. Zusätzliche Aussagen über die Wasserversorgung gewinnt man indessen, wenn man den Wassergehalt u mit der Splintfläche A multiplikativ zur Grösse «Wasserhaushalt» verknüpft (A·u; *Abbildung 13, Tabellen 2* und *3*).

Im Rahmen unserer Untersuchung erbrachte die Grösse «Wasserhaushalt» allerdings keine weitergehende Differenzierung zwischen gesunden und kranken Fichten und Tannen im Vergleich zur absoluten Splintbreite. Die Ursache hierfür liegt darin, dass — wie bereits erwähnt — der Wassergehalt des Splintes der von uns untersuchten kranken Bäume nicht signifikant niedriger lag als bei den gesunden Vergleichsbäumen und darum das Produkt S · u (bzw. A · ū) durchschnittlich nicht oder nur unwesentlich beeinflusst. Dies ist anders, wenn kranke Bäume auch ein ausgeprägtes Wassergehalts-Defizit aufweisen, wie es schon Chalk und Bigg (1956) in den USA, und neuerdings zum Beispiel Frühwald et al. (1984) und Rademacher et al. (1986) an 1982/83 und 1984 gefällten Bäumen von verschiedenen deutschen Standorten feststellten. So errechnet sich für mehrere der untersuchten deutschen Standorte ein um mehr als die Hälfte verminderter «Wasserhaushalt» der kranken gegenüber den gesunden Fichten; demgegenüber betrug das Defizit des «Wasserhaushalt» der 1984/85 und 1985/86 gefällten Fichten von den vier schweizerischen Standorten durchschnittlich nur rund 25 % (Erdstamm) und 35 % (Wipfel); Tabelle 6.

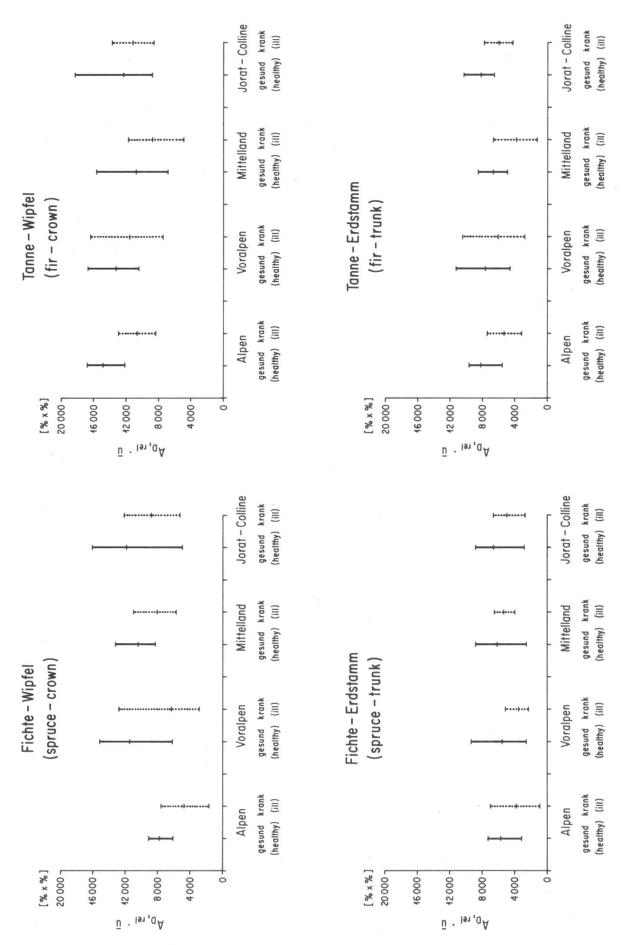


Abbildung 13. Verknüpfte Messgrösse «Wasserhaushalt»  $A_{D, rel} \cdot \bar{u}$  aller Probenkollektive (durch-schnittliche, minimale und maximale Werte).

Tabelle 6. Orientierende Gegenüberstellung des «Wasserhaushaltes» von gesunden und kranken Fichten aus der eigenen Untersuchung mit Werten (nachträglich aus publizierten Daten berechnet) aus den Untersuchungen Frühwald et al. (1984) und Rademacher et al. (1986).

Fichten (jeweils Erdstamm)		Wasse	erversorgung $A_{D,rel}\cdotar{ ext{u}}\ (\%\cdot\%)$
4 Schweizer Standorte			
	gesunde Bäume		6000
	kranke und sehr kranke Bäume		4400
zum Vergleich: aus <i>Frühwald et al.</i> , 3 Standorte			
	gesunde Bäume	rund	6500
	sehr kranke Bäume	rund	3500
aus Rademacher et al.			
	gesunde Bäume (3 Standorte) sehr kranke Bäume (5 Standorte)	rund rund	10 000 4500

Es ist im übrigen darauf hinzuweisen, dass die Werte AD, rel·ū von verschiedenen Standorten und Fälldaten nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden können, weil sie von zahlreichen, zumeist unbekannten Faktoren komplex beeinflusst und stark zeitabhängig sind. Als Vergleichsgrösse kranker und gesunder Bäume eines oder mehrerer Standorte ist der «Wasserhaushalt» geeigneter als die «Splintbreite», weil sie zugleich über Splintanteil und Splint-Wassergehalt informiert und, wie die zitierten deutschen Untersuchungen zeigen, als diagnostisches Hilfsmittel trennschärfer ist als die Einzelmessgrössen. Auf diesen Sachverhalt stützt sich auch der Vorschlag von Kucera (1986), am stehenden Baum mit Hilfe verschiedener Messmethoden Splintdaten zu ermitteln.

### 4. Zusammenfassung und Folgerungen

Jeweils 10 Stämme vitaler und geschädigter Fichten und Tannen, beurteilt nach dem Benadelungszustand der Krone, wurden in den Wintern 1984/85 und 1985/86 zur vergleichenden Untersuchung zahlreicher Holzeigenschaften und Kenngrössen auf den Standorten Alpen (Lenz und Malans), Voralpen (Bilten), Mittelland (Buchs—Rohr—Suhr) und Jorat-Colline (Lausanne) gefällt. Der vorliegende Teilbericht stellt die Ergebnisse von Messungen der Splintbreite und des Wassergehaltes des Splintholzes und daraus abgeleiteter weiterer Splintmerkmale im Erdstamm und im Wipfelbereich der Bäume dar.

Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Splintmerkmalen und dem äusseren Vitalitätsbild der Fichten und Tannen. Insbesondere war der Splintanteil der kranken Bäume erheblich geringer als bei den gesunden Vergleichsbäumen; das Defizit der durchschnittlichen absoluten Splintbreite betrug bei kranken Fichten rund 30 % im Erdstamm und 40 % im Wipfelbereich; die entsprechenden Werte bei der Weisstanne sind rund 40 % und 20 %. Die Defizite der rel. Splintfläche betrugen durchschnittlich bei Fichte 20 % (Erdstamm) und 30 % (Wipfel) bzw. bei Tanne 30 % (Erdstamm) und 15 % (Wipfel).

Der Wassergehalt des Splints gesunder und kranker Fichten und Tannen war durchschnittlich nur geringfügig und meist nicht signifikant verschieden. Aus Splintbreite und Splintwassergehalt abgeleitete Grössen, wie etwa der hier definierte «Wasserhaushalt» (Produkt der rel. Splintfläche und des Wassergehaltes), führen zu ähnlichen Aussagen wie Einzelmessgrössen. Der «Wasserhaushalt» kann mit guter Genauigkeit auch bildanalytisch aus Fotographien frischer Stammabschnitte und aus den mittels Darrverfahren bestimmter Wassergehalte ganzer Splintproben berechnet werden.

Hinweise für den Einfluss der verminderten Splintbreite kranker Bäume auf die Holzqualität ergaben sich nicht; lediglich die Tränktiefe bei der technischen Imprägnierung von waldfrischem Rundholz dürfte — entsprechend der geringeren Splintbreite — geringer sein (*Graf* 1987).

#### Résumé

# Le budget hydrique d'épicéas et de sapins de vitalité variable

A chaque emplacement 10 tiges de sapins et épicéas sains et endommagés — leur état étant évalué d'après l'apparence de leur couronne — ont été abattues durant les hivers 1984/85 et 1985/86 afin de comparer diverses caractéristiques de leur bois. Ces tiges ont été choisies dans 4 stations: dans les Alpes (Cantons des Grisons), dans les Préalpes (Canton de Glaris), dans les collines du Jorat (Canton de Vaud), et dans le Plateau (Canton d'Argovie).

Ce premier rapport donne les résultats des mesures de la largeur et de la teneur en eau de l'aubier au bas de la tige ainsi qu'au niveau de la couronne: une corrélation significative se révèle entre les caractéristiques de l'aubier et les signes visibles de vitalité aussi bien des épicéas que des sapins. Plus spécialement, la part d'aubier d'arbres endommagés est sensiblement plus petite que celle des arbres sains. La largeur moyenne de l'aubier d'arbres endommagés est réduite de 30% à la base et de 40% à la couronne pour l'épicéa, tandis que pour le sapin les valeurs sont 40% à la base et 20% à la couronne. Pour la section entière, le déficit de l'aubier est d'environ 20% à la base à 30% à la couronne pour l'épicéa, et de 30% à la base à 15% à la couronne pour le sapin. Les parts d'aubier étaient particulièrement réduites dans les tiges d'épicéa endommagées de provenance alpine et préalpine, tandis qu'elles étaient moins affectées dans les tiges du Plateau Suisse. Pour les sapins endommagés, les réductions de l'aubier étaient comparables pour toutes les provenances, à part pour les couronnes provenant des Préalpes: Pour celles-ci les mesures ont donné une réduction significativement plus grande de l'aubier.

A la différence d'autres investigations, les teneurs en eau de l'aubier n'ont démontré que peu de différences (en général pas significatives) entre les arbres sains et les arbres atteints. Le calcul de termes dérivés, tels que «le budget en eau» (= surface relative de l'aubier x teneur en eau), n'a pas donné d'informations supplémentaires. «Le budget hydrique» peut également être calculé assez précisément sur la base d'une analyse digitalisée de photographies des sections fraîchement coupées et de la détermination par séchage de leur teneur en eau.

Rien ne semble indiquer que la réduction observée de l'épaisseur de l'aubier affecte les propriétés principales du bois d'œuvre, à part éventuellement la profondeur de pénétration des traitements de préservation dans le bois frais, qui risque d'être moins profonde. Une influence sur le comportement au séchage ne peut également pas être exclue.

Traduction: F. Kropf et E. Zürcher

#### Literatur

- Arnold, M., Schnell, G. R.; Sell, J., 1986: Vergleichende Splintflächen-Bestimmung waldfrischer Nadelholz-Stammquerschnitte. Holz Roh-Werkstoff 44 (1986): p. 432 (Kurzmitt.).
- Azmutat, H., Koltzenburg, Ch., Weiss, W. J., 1986: Untersuchungen der Holzeigenschaften von Fichte und Buche aus immissionsexponierten Beständen von Hils und Solling. Holz Roh-Werkstoff 44 (1986) 8: p. 301.
- *Bauch, J.*, 1986: Biologische Eigenschaften des Holzes kranker Fichten aus Waldschadensgebieten zur Beurteilung der Schadensursachen und Schadwirkungen. Holz Roh-Werkstoff 44 (1986) 8: p. 302.
- Burmester, H., 1980: Holzfeuchtigkeit in Nadelhölzern. Jahreszeitliche Einflüsse auf die Eigenschaften des Splint- und Kernholzes von Nadelbäumen. Holz-Zbl. 106 (1980) 91: 1303 1304.
- Chalk, L., Bigg, J. M., 1956: The distribution of moisture in the living stem in Sitka spruce and Douglas fir. Forestry 29 (1956) 1:5–21.
- Frühwald, A., Bauch, J., Göttsche-Kühn, H., 1984: Holzeigenschaften von Fichten aus Waldschadensgebieten. Holz Roh-Werkstoff 42 (1984): 441–449.
- *Frühwald, A.*, 1986: Technological properties of wood from trees in polluted regions. IAWA-Bul. n. s. 7 (4): 389 397.
- Gibbs, R. D., 1939: Studies in tree physiology. Can. J. Research, series C, 17: 460-482.
- *Graf, E.*, 1987: Analyse des Einflusses des Gesundheitszustandes der Bäume auf die Imprägnierfähigkeit des Rundholzes im Wechseldruckverfahren. EMPA-Abt. Biologie, Nr. 23'1365/1 (noch unveröffentlicht).
- Hapla, F., 1986: Splint- und Kernanteile an Kiefern unterschiedlicher Immissionsschadstufen. Holz Roh-Werkstoff 44 (1986) 9: p. 361.
- *Huber, B.*, 1956: Die Gefässleitung. In *Ruhland, W.:* Handbuch der Pflanzenphysiologie Bd. III, Springer/Berlin, p. 541 582.
- Kucera, L., 1984: Waldsterben: Holzeigenschaften Holzqualität. SAH-Bull. 12, 4: 28 S.
- *Kucera, L.*, 1986: Kernspintomographie und elektrische Widerstandsmessung als Diagnosemethoden der Vitalität erkrankter Bäume. Schweiz. Z. Forstwes. *137* (1986) 8: 673 690.
- Langner, W., 1932: Die Wasserverteilung im Stammholz der Fichte und ihre Veränderungen. Bot. Archiv 34 (1932): 1–47.
- Rademacher, P., Bauch, J., Puls, J., 1986: Biological and chemical investigations of the wood from pollution-affected spruce (*Picea abies* Karst.). Holzforschung 40 (1986) 6: 331 338.
- Schnell, G. R., Arnold, M., Sell, J., 1987: Wassergehalt und Splintanteil unterschiedlich vitaler Fichten und Tannen von vier schweizerischen Standorten. EMPA-Abt. Holz, Forsch. u. Arb. Ber. Nr. 115/15.
- Schulz, H., 1986: Festigkeit und Wassergehalt in Fichten, Kiefern und Buchen unterschiedlicher Schadstufen. Holz Roh-Werkstoff 44 (1986) 8: 300 301.

- Smith, H. G., Walters, J., Welwood, R. W., 1966: Variation in sapwood sickness of Douglas fir in relation to tree and section characteristics. Forest Science I, 12: 97 103.
- Trendelenburg, R., Mayer-Wegelin, H., 1955: Das Holz als Rohstoff. Hanser/München, ed. 2, 541 pp.
- Vité, J. P., 1958: Über die transpirationsphysiologische Bedeutung des Drehwuchses bei Nadelhölzern. Forstw. Cbl. 77 (1958): 193–203.
- *Vité*, *J. P.*, *Rudinsky*, *J. A.*, 1959: The water-conducting systems in conifers and their importance to the distribution of trunk injected chemicals. Contrib. Boyce Thompson Inst. 20 (1959): 27–38.