

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 137 (1986)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Holzkundliche und holztechnologische Untersuchungen an geschädigten Fichten und Tannen  
**Autor:** Bosshard, Hans Heinrich / Kuera, Ladislav J. / Stoll, Andreas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765164>

### **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:** 15.01.2026

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

# Holzkundliche und holztechnologische Untersuchungen an geschädigten Fichten und Tannen<sup>1</sup>

Oxf.: 81:48:174.7 Picea:174.7 Abies

Von *Hans Heinrich Bosshard, Ladislav J. Kučera, Andreas Stoll und Kuros Mochfegh*  
(Aus dem Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich,  
Fachbereich Holzkunde und Holztechnologie, CH-8092 Zürich)

## 1. Einleitung

Die Holzqualität von Bäumen aus geschädigten Wäldern wird vielerorts untersucht. Die Problematik an sich ist dabei vorgegeben, und die Fragestellungen im einzelnen erfordern gleiche oder ähnliche Methoden. Dass es sich dabei trotzdem nicht um bare Wiederholungen handelt, liegt in der Natur der Sache: Die anerkannt grosse Heterogenität im Baumwachstum bedingt eine adäquate Vermannigfachung der Beobachtungen. Erst aus einer Vielzahl von übereinstimmenden Untersuchungen sind auf induktivem Wege verallgemeinernde Schlussfolgerungen zu ziehen. In diesem Sinne leistet die vorliegende Arbeit einen Beitrag zur Beurteilung der Holzqualität von Fichten (*Picea abies* Karst.) und Tannen (*Abies alba* Mill.) aus dem schweizerischen Mittelland. In den Stadtwaldungen von Baden (AG) konnten je drei Bäume von unterschiedlichem Gesundheitszustand ausgewählt werden (*Tabelle 1*). Die verfügbare Arbeitskapazität bedingte diese an und für sich geringe Stichprobengrösse. Die Auswertung der wirklich praxisbezogenen Untersuchungen hat aber gezeigt, dass die geringen Streuungen der Einzelresultate trotzdem gut gesicherte Aussagen zulassen (*Tabelle 2*). Nach dieser Erfahrung ist es somit richtig, sich an eine minimale Stichprobengrösse zu halten und dafür die Untersuchungen auf mehrere Baumarten auszudehnen. Die angewendeten Methoden entsprechen der allgemeinen Untersuchungspraxis. Es wird deshalb in dieser Arbeit nur in besonderen Fällen darauf hingewiesen, wie etwa in *Abbildung 1*, der das Vorgehen bei der Probenentnahme für die entsprechenden Experimente zu entnehmen ist. Es wird daraus ersichtlich, dass für die Untersuchungen Material aus drei verschiedenen Stammregionen gewonnen worden ist. Da sich die Resultate

<sup>1</sup> Herr Stadtoberförster G. Schoop hat uns in verdankenswerter Weise das Untersuchungsmaterial zur Verfügung gestellt. Den Herren J. Blättler (Troan AG) und J. E. Fischer (Holzhandels AG) danken wir für die Aufarbeitung der Stammabschnitte. Dank gebührt auch allen Mitarbeitern, die sich am Projekt beteiligt haben.

Tabelle 1. Merkmale des Untersuchungsmaterials.

	Fichte 1	Fichte 2	Fichte 3	Tanne 1	Tanne 2	Tanne 3
Abkürzung	F 1	F 2	F 3	T 1	T 2	T 3
Schadstufe [SANASILVA 1984]	2	2	0	3	2	0
Nadelverlust [%]	30 – 40	30 – 40	0	70	50	0
Alter	125	95	110	90	95	70
BHD [cm]	55	58	54	55	53	50
Kronenlänge in % der Baumhöhe	50	45	40	30	30	50
Soziale Stellung	frei-stehend	mit-herrschend	herrschend	herrschend	mit-herrschend	beherrscht
Druckholz	x	(x)	–	–	–	–
Verletzungen am Stamm	–	–	–	–	–	–
Rotfäule	xx	–	–	–	–	–
Mistelbefall	–	–	–	xx	xx	–
Patholog. Nasskern	–	–	–	x	x	–
Höhenlage [m.ü.M.]	450	560	490	480	480	430
Exposition	SW	eben	eben	SO	SO	eben
Boden	Braunerde Bachnähe	Braunerde artenarm	Braunerde feucht	Braunerde	Braunerde	Gley basisch

aus den drei Stammhöhen nur graduell unterscheiden, wird in der folgenden Darstellung meist nur die Stammbasis in Betracht gezogen. Dass wir uns innerhalb der Stammquerschnitte besonders auf die Splintregionen beschränkten, ist naheliegend. Als Ausnahme davon ist – aus ebenso naheliegenden Gründen – der Tannen-Nasskern in die Untersuchungen miteinbezogen worden.

Baumhöhe [m]	Scheiben-nummer	Durchgeführte Untersuchungen	F1	F2	F3	T1	T2	T3
26	4	Azidität	x	x	x	x	x	x
	3	Wassergehalt	x	x	x	x	x	x
	2	Tracheidenlänge	x	x	x	x	x	x
	1	Jahrringanalyse	x	x	x	x	x	x
16	4	Azidität	x	x	x	x	x	x
	3	Wassergehalt	x	x	x	x	x	x
	2	Tracheidenlänge	x	x	x	x	x	x
	1	Jahrringanalyse	x	x	x	x	x	x
1.5	8	Natürliche Dauerhaftigkeit	x	x	x	–	–	–
	7	Leimbindefestigkeit	–	–	–	x	x	x
	6	Festigkeit	x	x	–	x	x	x
	5	Quellen & Schwinden	x	x	–	x	x	–
	4	Holzstruktur	x	x	x	x	x	x
	3	Azidität	x	x	x	x	x	x
	2	Wassergehalt	x	x	x	x	x	x
	1	Tracheidenlänge	x	x	x	x	x	x
	1	Jahrringanalyse	x	x	x	x	x	x

Abbildung 1. Probenentnahme aus den Stämmen, unterteilt in die einzelnen Untersuchungen.

Tabelle 2. Zusammenstellung der geprüften Vergleiche (t-Test).

- \*\*\* Unterschied mit 99,9 % Wahrscheinlichkeit signifikant  
 \*\* Unterschied mit 99 % Wahrscheinlichkeit signifikant  
 \* Unterschied mit 95 % Wahrscheinlichkeit signifikant  
 — Unterschied nicht signifikant.

	FICHTE		TANNE	
Vergleich zwischen	F 1 – F 3	F 2 – F 3	T 1 – T 3	T 2 – T 3
Raumdicke $r_{12}$	xxx	xxx	—	xx
Mittlere Jahrringbreite	xxx	xxx	xxx	xxx
Biegefestigkeit	xxx	xxx	—	x
Biege-Elastizitätsmodul	xxx	xxx	xxx	xxx
Bruchschlagfestigkeit	xx	x		
Natürliche Dauerhaftigkeit:				
Darrgewicht, Versuchszeit 25 Tage	x	—		
"                    36 "	—	—		
Bruchschlagarbeit, " 25 "	x	—		
"                    36 "	—	—		
Raumdicke $r_{12}$	xxx	xxx		
Leimbindefestigkeit:				
Leimbindefestigkeit			xxx	xxx
Spätholzanteil			xxx	xxx
Holzbruch			xxx	x
Leimbruch mit Faserbelag			xxx	xx
Leimbruch ohne Faserbelag			—	—
Raumdicke $r_{12}$			xxx	xxx

## 2. Zur biologischen und technologischen Holzqualität

In der Regel zielen Beurteilungen der Holzqualität auf das Subjektive der Verwendbarkeit. Dies ist auch hier der Fall, allerdings nicht ausschliesslich. Die untersuchten Qualitätsmerkmale lassen nämlich auch Schlüsse auf den objektiven Gesundheitszustand der Bäume zu. So werden sich die entsprechenden Argumente denn bald auf den einen, bald auf den andern Gesichtspunkt beziehen. Die Arbeit wird damit praxisnahe, sowohl für die Forstwirtschaft als auch für die Holzwirtschaft. Sie gliedert sich aber auch ein in unser Gesamtkonzept der Schadens-Untersuchungen, und damit bleiben wir dem Grundsatz treu, dass ob dem vielen Einzelnen das Ganze nicht vernachlässigt werden darf.

## 2.1 Holzkundliche Daten

### 2.1.1 Holzstruktur und Jahrringbau

Holzstruktur-Analysen sind zeitaufwendige Unterfangen, selbst im Nadelholz mit seinem verhältnismässig einfachen Aufbau. Und die Deutung der entsprechenden Ergebnisse ist nicht einfach, da die Struktur des Holzes einerseits den Grundgesetzen des Baumwachstums gehorcht, anderseits vom Funktionellen bestimmt wird und drittens abhängt von exogenen Einflüssen. Diese Zusammenhänge lassen sich erörtern anhand von Messungen der Tracheidenlängen und Beobachtungen des Harzkanalsystems.

Tabelle 3. Auswertung der Tracheidenlängen.

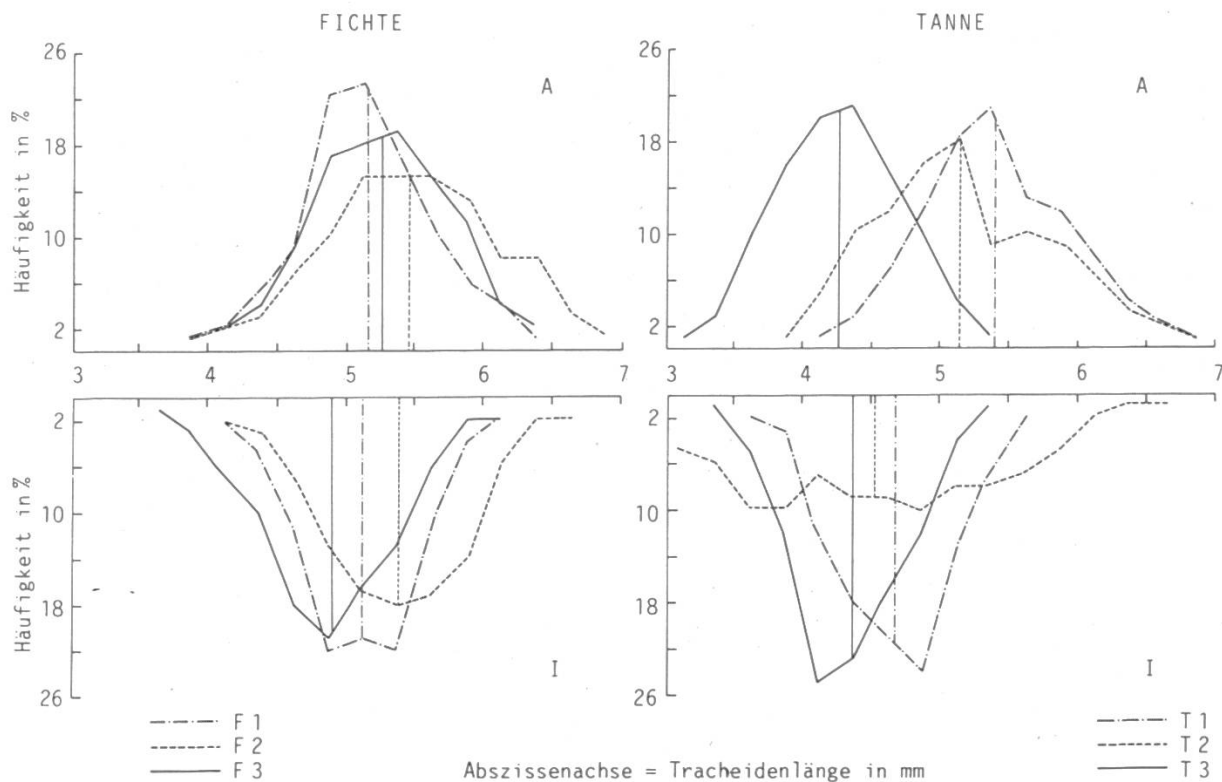
- \*\*\* Unterschied mit 99,9 % Wahrscheinlichkeit signifikant  
 \*\* Unterschied mit 99 % Wahrscheinlichkeit signifikant  
 \* Unterschied mit 95 % Wahrscheinlichkeit signifikant  
 — Unterschied nicht signifikant.

1) Alle Bäume = Messwerte der F1, F2 und F3 bzw. T1, T2 und T3 zusammengekommen.

2) Geschädigt = Bäume 1 und 2 aussen, krank = Bäume 3 und 1 und 2 innen.

Quelle	Ort der Probenentnahme im Stamm	FICHTE		TANNE		Vergleiche	t-Test	
		Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung		Fichte	Tanne
		mm	%	mm	%			
1) alle Bäume	unten	4,93 ± 9,7		4,25 ± 17,2		unten-Mitte	xxx	xxx
	Mitte	5,49 ± 10,1		5,02 ± 13,7		unten-Krone	xxx	xxx
	Krone	5,21 ± 8,5		4,43 ± 18,1		Mitte-Krone	xxx	xxx
	aussen	5,29 ± 10,2		4,72 ± 18,3		aussen-innen	xxx	xxx
	innen	5,13 ± 10,4		4,42 ± 16,4				
	Nord	5,18 ± 10,6		4,50 ± 19,7		Nord-Süd	xxx	xxx
	Süd	5,25 ± 10,3		4,63 ± 15,6				
	Total	5,21 ± 10,4		4,57 ± 17,7		Fichte-Tanne	xxx	
geschädigt 2)		5,31 ± 10,6		4,94 ± 18,8		geschädigt-gesund	xxx	xxx
gesund		5,16 ± 10,2		4,38 ± 15,2				
Baum 1 aussen		5,15 ± 9,0		5,03 ± 19,1		aussen-innen	—	xxx
innen		5,12 ± 8,0		4,67 ± 9,0				
Baum 2 aussen		5,46 ± 11,2		4,85 ± 18,3		aussen-innen	x	xxx
innen		5,38 ± 9,6		4,23 ± 24,9				
Baum 3 aussen		5,27 ± 9,4		4,26 ± 10,5		aussen-innen	xxx	xxx
innen		4,89 ± 11,2		4,35 ± 9,6				

Die Tracheidenlängen sind in allen sechs Bäumen in der Basis-, Mitten- und Kronenregion gemessen worden, und zwar im Aussensplint (Jahrring 1–5 vom Kambium her) und im Innensplint (Jahrringe 15–20 vom Kambium her). Die entsprechenden Resultate sind der *Tabelle 3* und der *Abbildung 2* zu entnehmen. Das Mittel aller 3600 Messungen der Fichte ergibt eine Tracheidenlänge von 5,212 mm, in Tanne von 4,566 mm. Da in Bäumen von 70 bis 125 Jahren der äussere Querschnittanteil von rund 20 Jahrringen dem adulten Holz zuzurechnen ist, wäre der Einfluss des Kambiumalters zu vernachlässigen, mindestens für die unteren und mittleren Stammportionen. Wir sollten somit keine Veränderungen der Tracheidenlängen von innen nach aussen mehr erwarten. Interessanterweise verhalten sich nun die beiden Baumarten in dieser Hinsicht verschieden: bei den Fichten ist im gesunden Exemplar eine Längenzunahme um 0,37 mm, in den beiden geschädigten Exemplaren lediglich um 0,09 respektive 0,04 mm festzustellen; die Tannen verhalten sich umgekehrt: im gesunden Baum wird eine Abnahme um 0,09 mm registriert, in den beiden geschädigten Bäumen je eine Zunahme von 0,62 respektive 0,36 mm. Aus den Häufigkeitsverteilungen (*Abbildung 2*) geht schliesslich hervor, dass die Tracheiden geschädigter Bäume – in der Tanne offensichtlich, in der Fichte weniger deutlich – ungewöhnliche Längen erreichen. Aus biologischer Sicht deuten diese Ergebnisse auf funktionelle Einflüsse hin; längere Wasserleitzellen garantieren eine effizientere Wasserleitung. Ähnliche Zusammenhänge sind bekannt aus den spezifischen Wasserleitzonen der Wurzeln (*R. Trendelenburg 1939*). Aus tech-



*Abbildung 2.* Häufigkeitsverteilung der Tracheidenlängen (A = Splint aussen mit schmalen Jahrringen, I = Splint innen mit normal breiten Jahrringen).

nologischer Sicht bedeutet dieses langzellige Material aus dem Spreissel- und Schwarten-Bereich des Sagholzes eine hervorragende Qualität für die Zellulose- und Papier-Herstellung.

Das Harzkanalsystem der Fichte — mindestens beurteilt nach den vertikalen Kanälen — ist im engringigen Holz der geschädigten Bäume absolut gesehen ebenso gut ausgebildet wie in den weiteren Jahrringen des gesunden Exemplares. Damit steigt die relative Dichte der vertikalen Harzkanäle im geschädigten Holz, was sich auch makroskopisch am oberflächlichen Harzaustritt entsprechender Proben nachweisen lässt. Die Anordnung der Harzkanäle in tangentialen Reihen erinnert an das bekannte Bild, das sich nach Stammverletzungen zeigt (*Abbildung 3*). Während die Bildung von traumatischen Harzkanälen korreliert ist mit einem erhöhten Stoffwechsel, der seinerseits zusammenhängt mit dem Wundverschluss (*H. H. Bosshard 1976*), müssen in den geschädigten Fichten bei geringerem Massenzuwachs grössere Mengen an Exkretstoffen anfallen. Damit wäre ein Hinweis gegeben, dass der kambiale Stoffwechsel von geschädigten Bäumen gestört sein kann; zu ähnlichen Resultaten, wenn auch aus anderer Sicht, gelangt *B. Ulrich* (zitiert nach *R. Locher 1985*). Die intensivere Harzhaltigkeit geschädigter Fichten wird dereinst, wenn die entsprechenden Holzpartien in den Haupterzeugnisbereich des Sagholzes eingewachsen sind, die Oberflächen-Behandlung und die Verleimung beeinflussen.

Der Jahrringbau der untersuchten Fichten und Tannen entspricht dem hinlänglich bekannten Bild: Abnahme der Jahrringbreiten in den Aussenzonen ohne deutlichen Respons auf klimatische Bedingungen (*O. U. Bräker 1981*). Aus den entsprechenden Kurven in *Abbildung 4* ist ersichtlich, dass die beiden gesunden Exemplare von Fichte und Tanne noch beachtlichen Zuwachs leisten, während die geschädigten Bäume nur wenige Zellen breite Ringe bilden (*Abbildung 3*). Der bei der Tanne öfters festzustellende starke Wechsel in den Jahrringbreiten wird unter den Schadeinflüssen noch verstärkt. Diesem Problem sollte im Zusammenhang mit der SIA-Norm 164 Beachtung geschenkt werden, und dies besonders nachdem die extrem schmalen Ringe weiter eingewachsen sind. Gelegentlich sind auch auskeilende Jahrringe zu beobachten (*Abbildung 3b*). Hinsichtlich des Spätholzanteils liegen nicht so deutliche Verhältnisse vor: nach dem Verlauf der Regressionslinien in *Abbildung 4* zu schliessen, weisen die äusseren Zonen der geschädigten Bäume eher mehr Spätholz auf als die gesunden Exemplare. Den Mikroaufnahmen der *Abbildung 3* lässt sich aber entnehmen, dass in dieser Hinsicht eine beachtliche Variabilität vorliegt.

### 2.1.2 Wassergehalt und Splintholzanteil

Der Wassergehalt in stehenden Bäumen ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen, er markiert aber in jedem Fall die Grenze zwischen der funktions-tüchtigen Splintfläche und dem Kernholz. Einzig im Nasskern der untersuchten Tanne findet man wieder eine ausgeprägte Feuchtzone im äusseren Kernholz



*Abbildung 3. Querschnitte, lichtmikroskopische Aufnahmen.*

- a Fichte 1. Jahrringbau in geschädigtem Baum neben dem Kambium. Marke = 0,3 mm.
- b Tanne 2. Jahrringbau in geschädigtem Baum mit auskeilendem Jahrring. Marke = 0,5 mm.
- c Fichte 3. Jahrringbau und Harzkanalhäufigkeit in einem gesunden Baum. Marke = 0,3 mm.
- d Fichte 2. Anhäufung der vertikalen Harzkanäle in der Zone schmaler Jahrringe. Marke = 0,3 mm.
- e Fichte 2. Tangentiale Gruppe vertikaler Harzkanäle im geschädigten Baum. Marke = 0,15 mm.

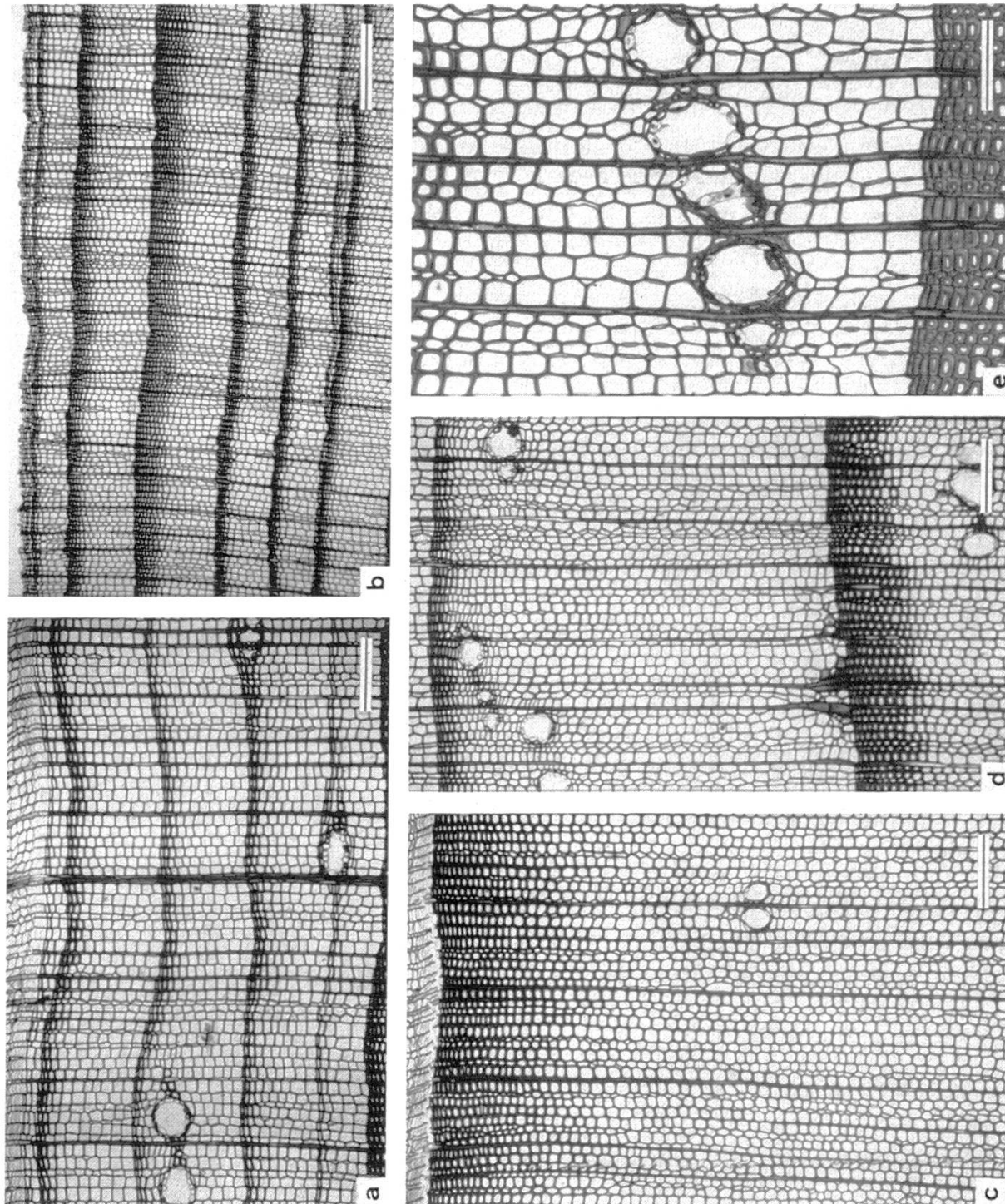
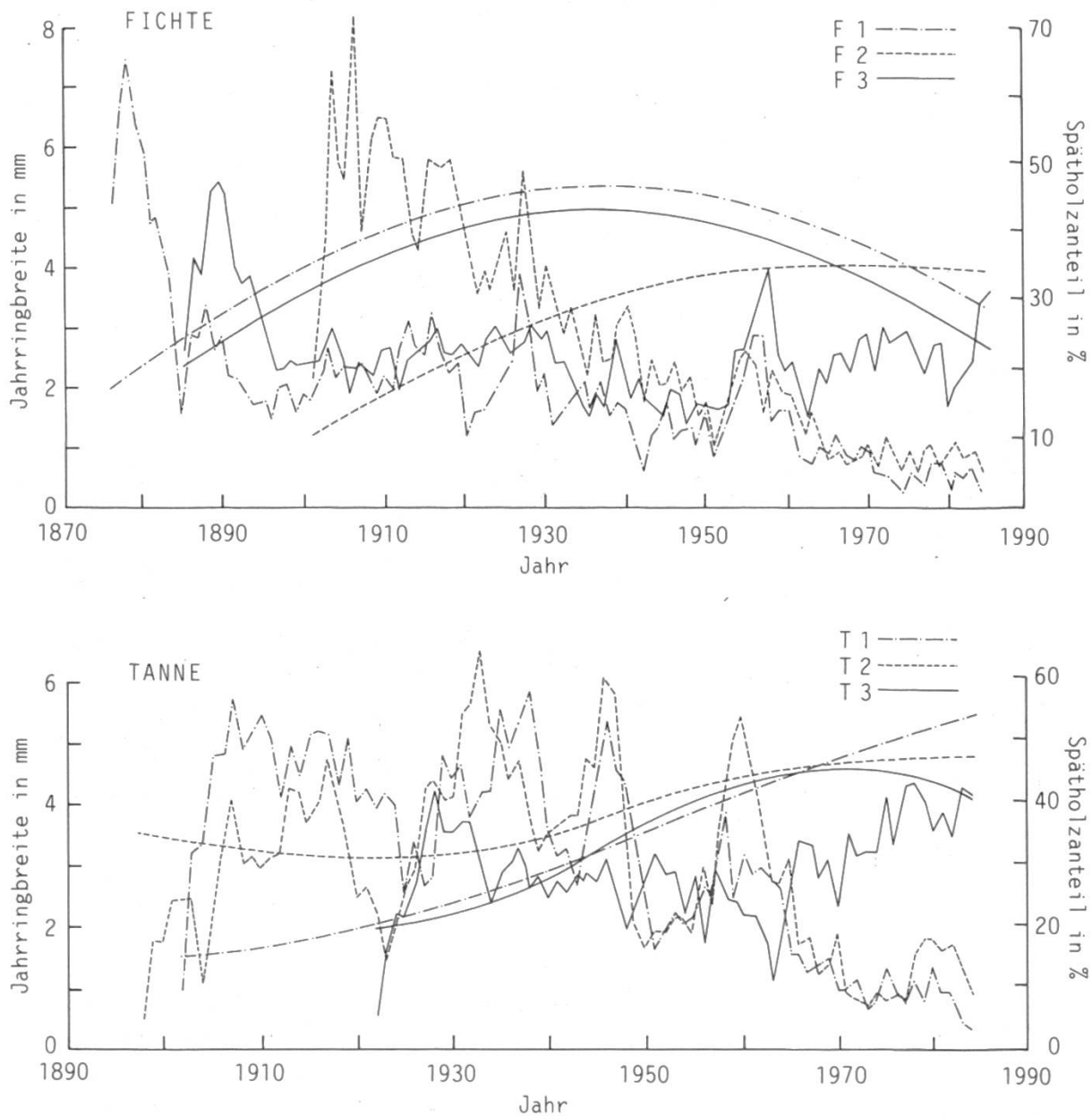




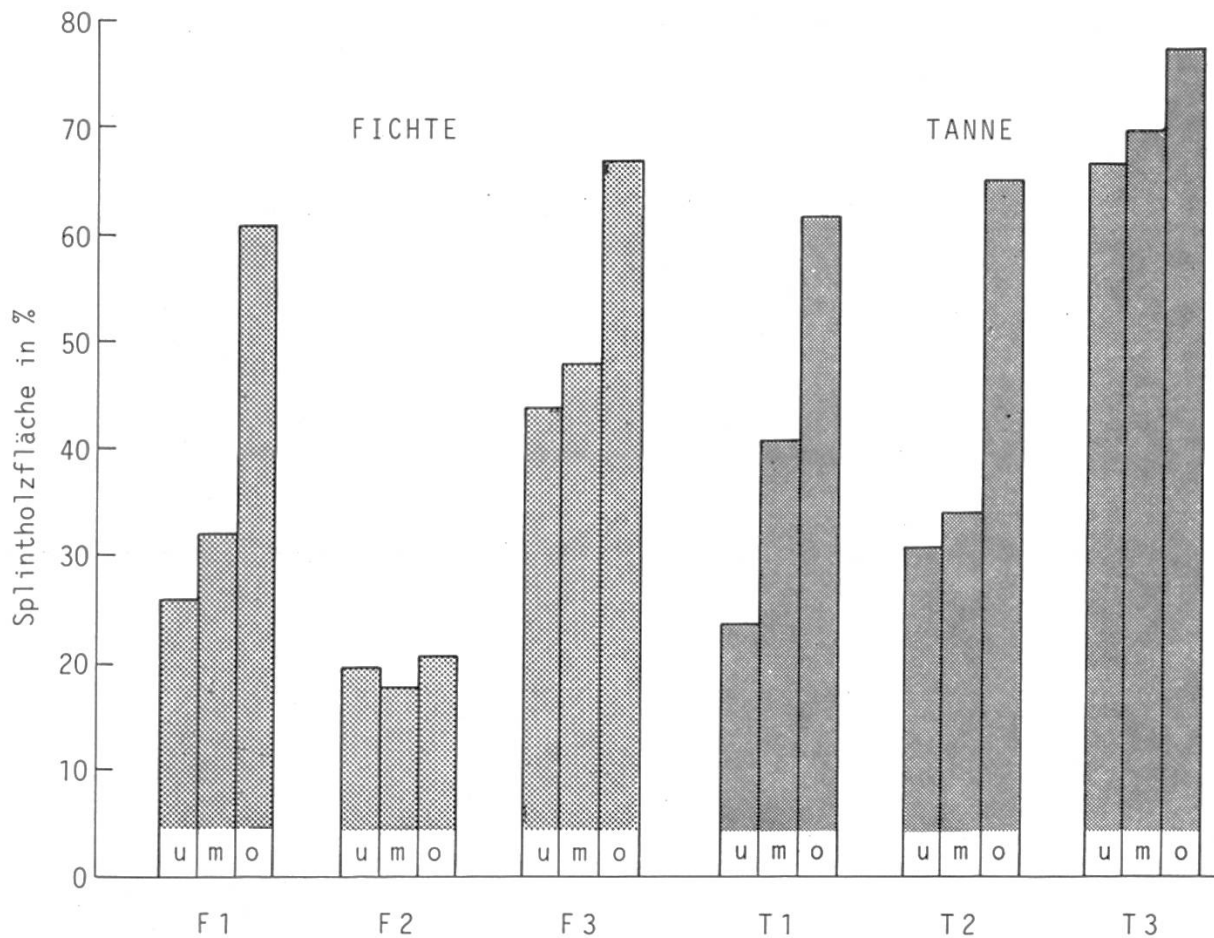
Abbildung 4. Mittelwerte der Jahrringbreiten und Regressionslinien des Spätholzanteils.



von  $u = 160\%$  und eine markwärts gelegene trockenere Zone von  $u = 45$  bis  $70\%$ ; die eigentliche Trockenzone zwischen Splint und Nasskern wurde mit  $u = 12\%$  vermessen. Im Bereich dieser Trockenzone und des Nasskerns lassen sich bakteriell bedingte Veränderungen der Hoftüpfel-Schliessmembranen nachweisen: der Hoftüpfel-Verschluss wird dadurch weniger effizient, was sich sowohl für die Holztrocknung als auch für die Imprägnierung günstig auswirkt (A. Frühwald, P. Klein und J. Bauch 1981).

Der Splintholzanteil ist ein ganz wesentliches Merkmal für die Beurteilung der Vitalität eines stehenden Baumes. Zu präziseren Diagnose-Zwecken müssten eigentlich zytologische Untersuchungen der parenchymatischen Gewebe den reinen Wassergehaltsmessungen nachfolgen. In dieser praxisbezogenen Arbeit

Abbildung 5. Anteil der Splintfläche in den drei Baumhöhen der geschädigten und gesunden Bäume (u = Stammbasis, m = Stammitte, o = Krone).



ist es aber angezeigt, allein aufgrund der Wasserführung auf die funktionelle Splintfläche zu schliessen und die entsprechenden Anteile (auf die gesamte Stammquerschnittsfläche bezogen) zu eruiieren (Abbildung 5). Die Unterschiede zwischen gesunden und geschwächten Fichten und Tannen sind zum Teil eklatant. Es zeigt sich, dass besonders die mittleren und unteren Stammzonen der geschädigten Bäume in ihren Splintanteilen markant reduziert sind. Ohne auf Einzelheiten der biologischen Bedeutung der Splintholzfläche einzugehen, muss doch betont werden, dass dieses Merkmal wesentlich sensibler ist hinsichtlich der Vitalitätsansprache als die üblicherweise praktizierten. Aus diesem Grunde wird gegenwärtig ein Gerät zur raschen und zerstörungsfreien Wassergehaltsbestimmung an stehenden Bäumen entwickelt und die hochempfindliche Kernspintomographie zu dessen Eichung herangezogen (L. J. Kučera und P. Brunner 1985).

## 2.2 Holztechnologische Daten

### 2.2.1 Raumdichte, Festigkeit und Schwindung

Die Raumdichte ist die wesentliche Bezugsgrösse für technologische Qualitätsmerkmale gemeinhin. Ihre Variabilität im ungestörten Stammholz kann zurückgeführt werden auf das Alter des Kambiums, auf die Jahrringbreite und auf den Spätholzanteil. Dass die beiden letztgenannten Argumente durch äussere Gegebenheiten beeinflusst werden, ist allgemein anerkannt. Es ist aus diesen Gründen auch zu erwarten, dass Holz von geschädigten Bäumen Raumdichte-Unterschiede aufweisen wird, und dies unmittelbar als Folge ihrer Schädigung. Entsprechende Messungen am untersuchten Material haben nun interessanterweise Raumdichtewerte ergeben, die nach den Mittelwerten und deren Streuungen durchaus mit den gängigen DIN-Normen übereinstimmen, und dies gilt ebenso für die Biegefestigkeit, den Biege-Elastizitäts-Modul und die Bruchschlagarbeit (Tabelle 4). Bedeutsam ist noch die Abhängigkeit der Raumdichte von der Jahrringbreite: sie ist für Fichte dargestellt in Abbildung 6. Es wird hier ersichtlich, dass sich die beiden geschädigten Bäume eindeutig unterscheiden von der gesunden Fichte. Nach H. Burger (1953) und A. Bernhart (1964) stellt man in Fichtenholz zwischen der Raumdichte und der Jahrring

Tabelle 4. Raumdichte  $r_{12}$ , Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften der Fichten und Tannen.

Quelle		Raumdichte bei u		Biegefestigkeit	Biege-Elastizitäts- modul	Bruchschlag- arbeit
		g/cm <sup>3</sup>	%	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kJ/m <sup>2</sup>
FICHTE						
Splint	F 1	0,47...0,51...0,56	12	99...109...119	11180...13630...15350	36...43...51
	F 2	0,46...0,50...0,57	12	96...104...114	10730...12450...15590	35...42...49
	F 3	0,40...0,48...0,54	12	—	—	17...37...46
Kollmann 1951		0,33...0,47...0,68	15	50... 80...139	7440...11210...21810	10...45...108
DIN 68364		0,47 ± 9,7 %	12	68 ± 14,2 %	10000 ± 19,7 %	—
TANNE						
Splint	T 1	0,44...0,49...0,56	12	88... 99...110	9068...10960...13190	—
	T 2	0,42...0,47...0,54	12	61... 90...115	9044...10133...11022	—
	T 3	0,48...0,51...0,58	12	81...100...116	10349...13587...16624	—
Kollmann 1951		0,35...0,45...0,75	15	47... 73...118	6600...11000...17200	—
DIN 68364		0,47 ± 11,8 %	12	68 ± 12,7 %	10000 ± 13,6 %	—
Nasskern	T 1	0,42...0,44...0,47	12	72... 93...111	7797...10550...11953	—
	T 2	0,41...0,43...0,47	12	77... 90...100	8666...10475...11432	—
Kern	T 3	0,44...0,46...0,51	12	84... 90...101	11711...12365...12990	—

breite eine negative Korrelation fest, die auch noch für Jahrringe unter 0,5 mm Breite gilt. Die beiden geschädigten Fichten 1 und 2 weichen von dieser Regel ab, was darauf hinweist, dass in ihnen die Spätholzbildung ebenfalls eigenen Gesetzen folgt.

Im Bereich der linearen Schwindung und der Schwindungsanisotropie sind im Vergleich mit bekannten Werten aus der Literatur einzig im Nasskernholz gewisse Abweichungen zu registrieren (*Tabelle 5*). Ob dies allein der unterschiedlichen Raumdichte zuzuschreiben sei oder ob gegebenenfalls Unterschiede im Zellwandaufbau vorliegen (zum Beispiel Einlagerung von Kernstoffen), ist aus diesen Angaben nicht zu entscheiden.

Die Leimbindefestigkeit interessiert besonders im Zusammenhang mit dem Tannen-Nasskern. Von diesem im frischen Zustand übelriechenden Material vermutet man, es verfüge über bestimmte Inhaltstoffe, die einer üblichen Verleimung entgegenwirkten. Aus diesem Grunde sind entsprechende Holzproben mit Resorcinharz verleimt und die Prüflinge im Zugversuch zerrissen worden (*Tabelle 6*). Das trockene Kernholz der Tanne 3 schneidet bei diesem Versuch besser ab als das Holz der geschädigten Tannen 1 und 2. Analysiert man den Bruchverlauf im einzelnen, so stellt man fest, dass nicht etwa irgendwelche

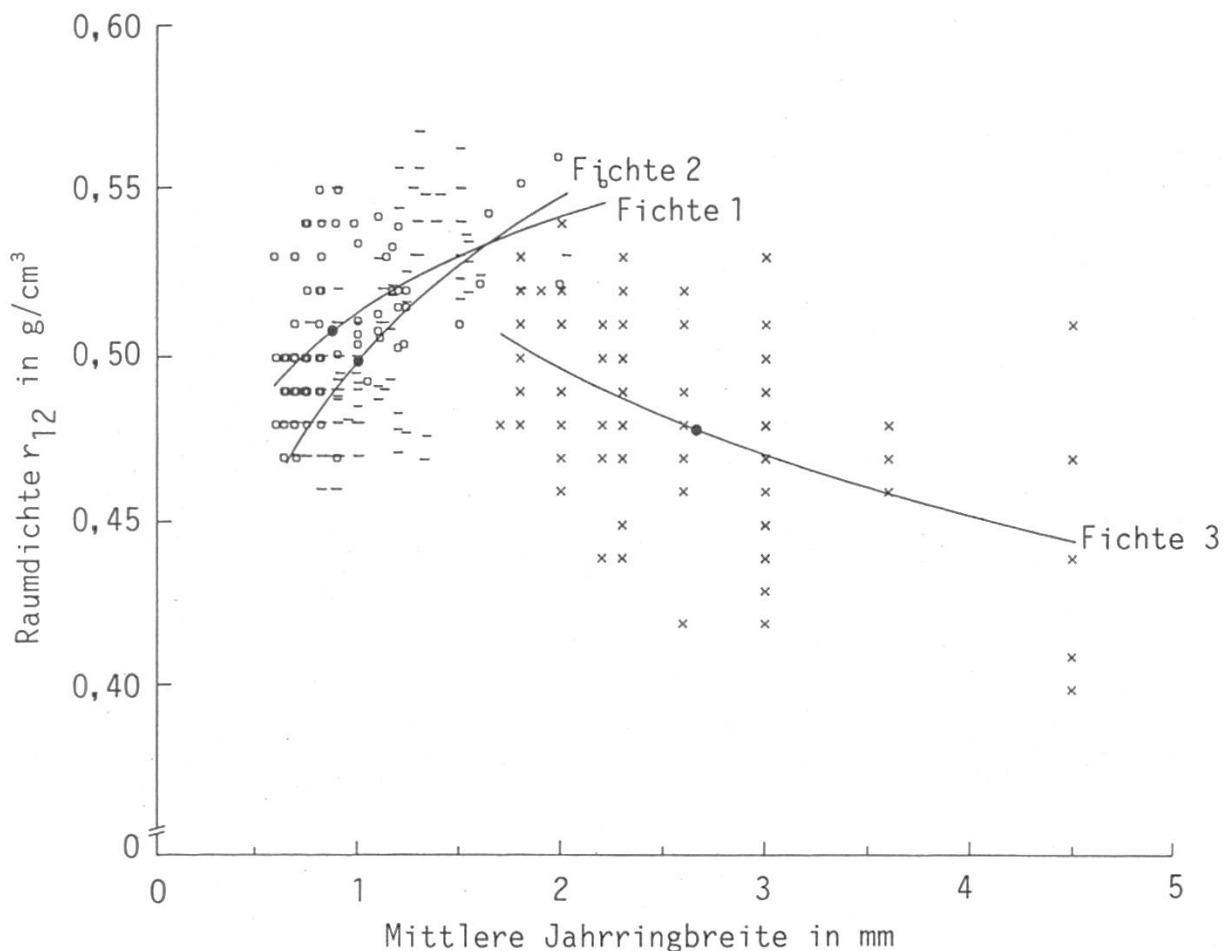


Abbildung 6. Zusammenhang zwischen Raumdichte und mittlerer Jahrringbreite der Fichten mit den Korrelationskoeffizienten  $r_1 = 0,57$ ,  $r_2 = 0,62$  und  $r_3 = -0,55$  (o = F1, - = F2, x = F3).

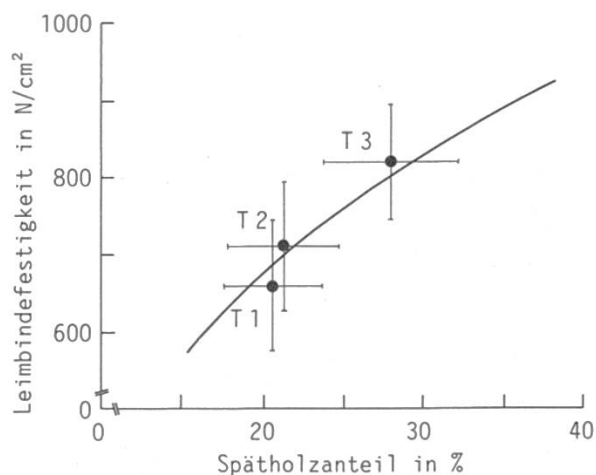
Maximales lineares Schwindmass $\beta_{\max}$ in %						
Quelle		$\beta_l$	$\beta_r$	$\beta_t$	$\beta_v$	$\beta_t/\beta_r$
FICHTE						
Splint	F 1	0,3	5,2	10,0	14,5	1,92
	F 2	0,4	5,2	10,6	15,1	2,04
Bernhart	1965	—	5,1	9,5	14,3	1,96
Kollmann	1951	0,3	3,6	7,8	11,9	2,17
TANNE						
Splint	T 1	0,4	4,3	8,8	13,1	2,05
	T 2	0,4	3,7	7,8	11,5	2,11
Kollmann	1951	0,1	3,8	7,6	11,5	2,00
Nasskern	T 1	0,4	3,3	8,1	11,6	2,45
	T 2	0,4	3,3	7,4	10,8	2,24

Tabelle 5.  
Schwindmasse der  
geschädigten Bäume.

Tabelle 6. Ergebnisse der Leimbindefestigkeitsprüfung im Nasskern der Tanne.

Quelle	Leimbinde- festigkeit	Spätholz- anteil	Holzbruch	Leimbruch mit Faser- belag	Leimbruch ohne Faser- belag
	N/cm <sup>2</sup>	%	%	%	%
Nasskern T 1	489...662...875	21	66	28	6
	554...709...880	22	59	31	10
Kern T 3	667...813...977	28	43	47	10

Abbildung 7. Zusammenhang zwischen Leimbindefestigkeit und Spätholzanteil aller Tannen mit dem Korrelationskoeffizienten  $r = 0,78$  (⊙ = Darstellung des Mittelwerts und der Standardabweichung des Einzelbaums).



Inhaltstoffe des Nasskernholzes für dessen geringere Leimbindefestigkeit verantwortlich sind, sondern der geringere Spätholzanteil. Es ergibt sich nämlich eine gut gesicherte Korrelation zwischen diesen beiden Grössen (Abbildung 7): Die Kohäsion im Frühholz ist kleiner als im Spätholz und ebenfalls kleiner als die Adhäsion in der Leimfuge. Deshalb beginnt der Bruch als reiner Holzbruch im Frühholz. Da die Kohäsion im Spätholz gleich oder grösser ist als die Adhäsion in der Leimfuge, beobachtet man beim Bruch im Spätholz meist einen Leimbruch mit Faserbelag (Tabelle 6).

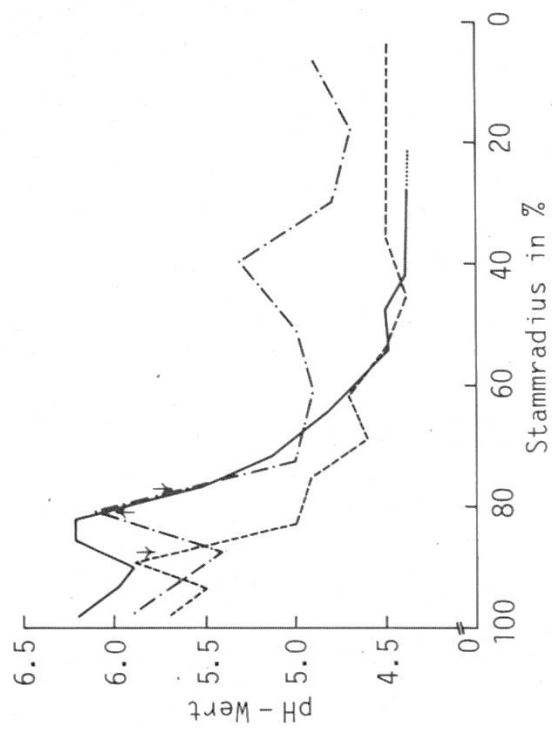
### 2.2.2 Azidität und natürliche Dauerhaftigkeit

Die Azidität des Holzes einerseits und des Kapillarwassers andererseits nimmt vom Kambium gegen das Mark in der Regel zu (R. Trendelenburg 1939), unterliegt aber auch jahreszeitlichen Schwankungen (E. Gäumann 1928). Im gesunden Holz sind es Sekundärmetabolite, die auf die Wasserstoffionen-Konzentration einwirken, im kranken Holz können Stoffwechselaktivitäten von Pilzen oder Bakterien (H. Brill, E. Bock und J. Bauch 1981) darauf Einfluss nehmen. Nach E. Gäumann (1928) liegen die pH-Werte für Fichte bei 5,09 (Splint) und 4,83 (Kern) und für Tanne bei 5,16 (Splint) und 5,45 (Kern). Die eigenen Messungen (Abbildung 8) bestätigen durchaus diesen Rahmen. Es zeichnen sich allerdings Unterschiede ab mit zunehmender Entfernung vom Kambium; dabei lassen sich die Splintkernholzgrenzen mehr oder weniger deutlich erkennen, ebenso wie die Nasskernzone der Tanne.

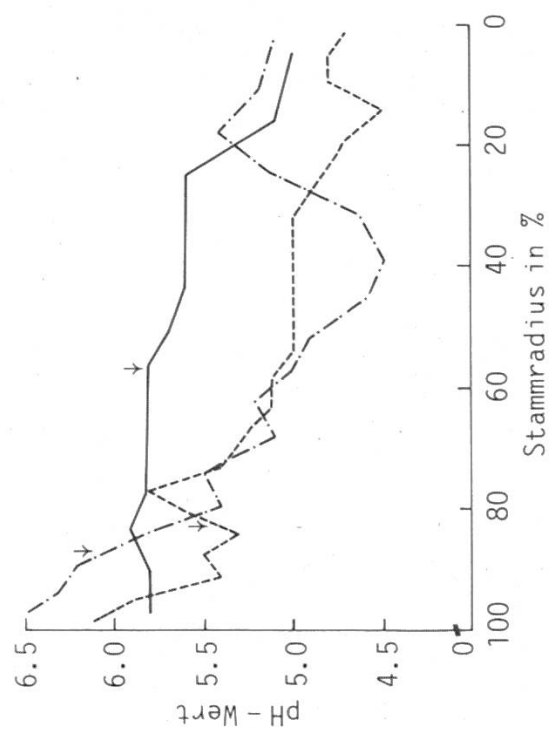
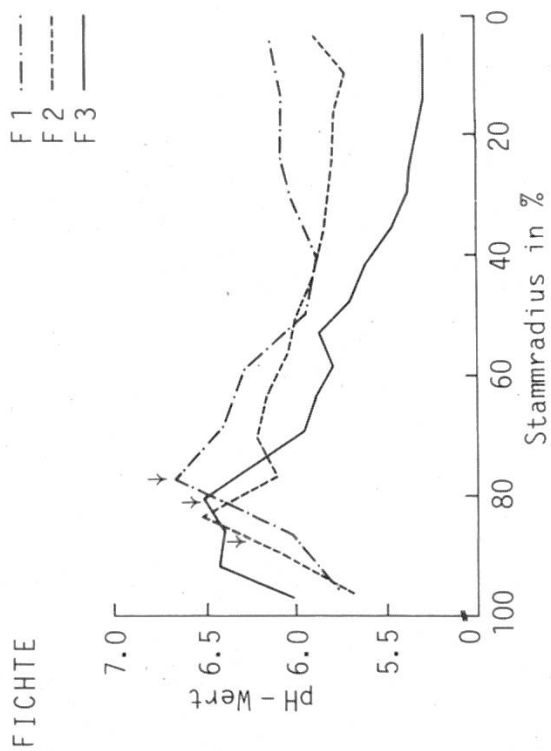
Die natürliche Dauerhaftigkeit von Fichten-Splintholz ist im Abbau-Versuch mit *Coniophora cerebella* Pers. überprüft worden, und dies bei Versuchszeiten von 25 und 36 Tagen. Als Mass für die Beurteilung wurden die Gewichtsverluste und die Abnahme der dynamischen Festigkeit gewählt. Der Festigkeitstest ergab keine gravierenden Unterschiede zwischen den geschädigten Bäumen und den gesunden. Die Gewichtsverluste nach 25 und 36 Tagen Exposition sind in der geschädigten Fichte 2 am grössten, in der ebenfalls ge-



## Kapillarwasser



## Stammholz



## TANNE

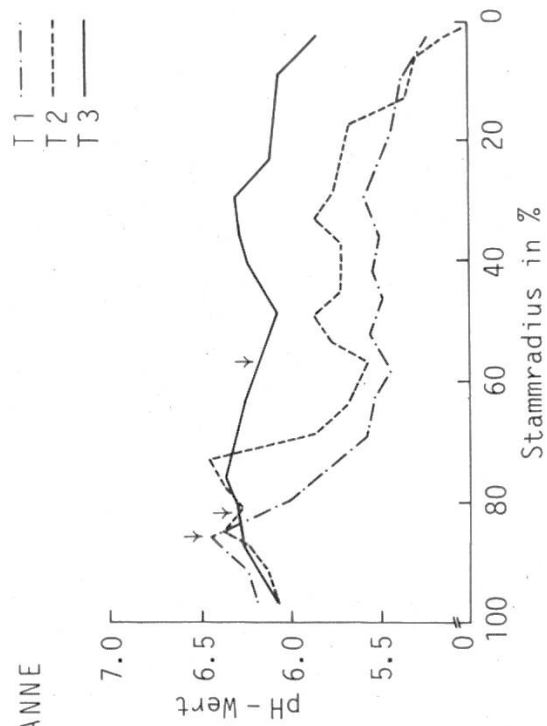
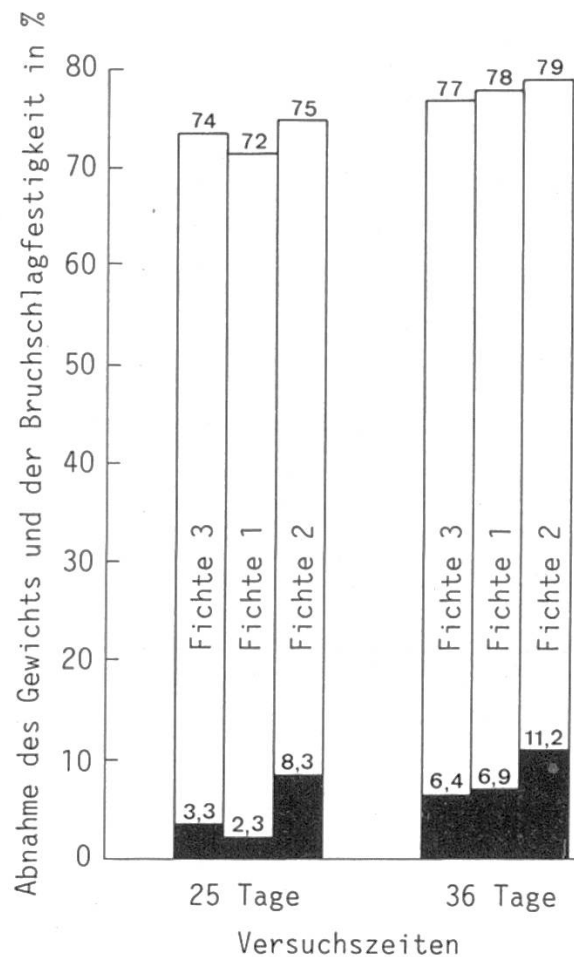


Abbildung 9. Abnahme des Gewichtes (schwarze Balken) und der Bruchschlagfestigkeit (weisse Balken) durch Einwirkung eines holzerstörenden Pilzes.



geschädigten Fichte 1 aber vergleichbar mit der gesunden Fichte 3 (Abbildung 9). Inwieweit hier substantielle Gründe vorliegen im Sinne einer unterschiedlichen Ausstattung von Zellmembranen oder inwieweit Unterschiede in der Azidität mit eine Rolle spielen, kann nicht ausgemacht werden.

### 3. Zusammenfassung

In Anbetracht der naturgebundenen Heterogenität ist der Vergleich der Holzqualität geschädigter Fichten und Tannen mit gesunden Bäumen derart gut ausgefallen, dass von praktischer Ebenbürtigkeit gesprochen werden darf. Es hat sich sodann gezeigt, dass selbst eine geringe Anzahl untersuchter Stämme für die Praxis aussagekräftige Resultate liefert. Im übrigen stimmen die Ergebnisse auch gut überein mit entsprechenden Versuchsergebnissen aus dem benachbarten Ausland. Es darf erwartet werden, dass diese Kongruenz durch weitere Arbeiten erhärtet wird, so dass zu gegebener Zeit verallgemeinernde Schlussfolgerungen gezogen werden dürfen.

## Résumé

### Recherches sur la biologie et la technologie du bois d'épicéas et de sapins dépérissants

Au vu de l'hétérogénéité liée aux formations naturelles, la comparaison de la qualité du bois d'épicéas et de sapins affaiblis avec celle d'arbres sains permet de les estimer pratiquement égales. Il s'est de plus avéré que même un nombre réduit de fûts examinés livre des résultats valables en pratique. D'autre part, les résultats concordent bien avec les valeurs expérimentales obtenues dans les pays limitrophes. L'on peut s'attendre à ce que cette similitude soit renforcée par des travaux ultérieurs, aussi est-il possible de tirer des conclusions d'aspect général.

Traduction: E. Zürcher

#### Literatur

- Bernhart, A. 1964: Über die Rohdichte von Fichtenholz. Holz als Roh- und Werkstoff (22): 215—228.
- Bernhart, A. 1965: Frischfeuchtigkeit und Schwindverhalten von Fichtenholz. Forstwissenschaftliches Centralblatt (84): 329—392.
- Bosshard, H. H. 1976: Differenzierungsmechanismus von Wundkambium in Koniferen. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins (57): 54—65.
- Bräker, O. U. 1981: Der Alterungstrend bei Jahrringdichten und Jahrringbreiten von Nadelhölzern und sein Ausgleich. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien (Heft 142): 75—102.
- Brill, H., Bock, E. und Bauch, J., 1981: Über die Bedeutung von Mikroorganismen im Holz von *Abies alba* Mill. für das Tannensterben. Forstw. Cbl. 100 (3/4): 195—206.
- Burger, H. 1953: Holz, Blattmenge und Zuwachs — Fichten im gleichaltrigen Hochwald. Eidgenössische Anstalt für forstliches Versuchswesen (XXIX. Band, Heft 1): 38—130.
- Frühwald, A., Klein, P. und Bauch, J. 1981: Über die Holzeigenschaften der vom Tannensterben betroffenen Bäume (*Abies alba* Mill.) Forstw. Cbl. 100 (3/4): 207—217.
- Gäumann, E. 1928: Die chemische Zusammensetzung des Fichten- und Tannenholzes in den verschiedenen Jahreszeiten. «Flora» oder Allgemeine botanische Zeitung (23): 344—385.
- Kollmann, F. 1951: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Band 1. Springer-Verlag, Berlin, 1050 S.
- Kučera, L. J. und Brunner, P. 1985: Kernspintomographie zur Untersuchung kranker Bäume. Neue Zürcher Zeitung 206 (252): S. 89.
- Locher, R. 1985: Der Waldboden im Ungleichgewicht. Neue Zürcher Zeitung 206 (276): S. 81.
- Trendelenburg, R. 1939: Das Holz als Rohstoff. J. F. Lehmanns-Verlag, München-Berlin. 435 S.