Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 143 (1992)

Heft: 5

Artikel: Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.) : Mikroorganismen im frischen Holz und Lagerfähigkeit

Autor: Kuera, Ladislav J. / Walter, Martin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765814

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: 09.07.2025

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

Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen (Fagus sylvatica L.): Mikroorganismen im frischen Holz und Lagerfähigkeit

Von *Ladislav J. Kučera* und *Martin Walter* FDK 176.1 Fagus: 844.47: 848.4

1. Einleitung

Pathologische Veränderungen des Holzes können einerseits den stehenden Stamm beeinträchtigen, andererseits können sie den Wert des gefällten Holzes rasch vermindern und sind daher bei der Bereitstellung des Rundholzes für die Weiterverarbeitung sowohl für die Forstwirtschaft als auch für die Holzwirtschaft von einiger Bedeutung. Ausschlaggebend ist dabei die Lagerfähigkeit des Holzes, die abhängig ist von der natürlichen Dauerhaftigkeit der jeweiligen Holzart einerseits, andererseits aber auch vom Zustand des Holzes direkt nach der Fällung (Holzfeuchtigkeit, Vorkommen von Mikroorganismen) und den Bedingungen der Lagerung *(v. Aufsess,* 1986; *Kučera* und *Bosshard,* 1989). Befürchtungen, dass pathogene Veränderungen im gefällten Holz bei kranken Bäumen schneller ablaufen als bei gesunden, unter anderem auch deshalb, weil bei den geschädigten Bäumen eine intensivere mikrobielle Besiedlung vermutet wurde, haben in den 80er Jahren zu einiger Besorgnis Anlass gegeben.

Speziell bei der Buche fehlen allerdings quantitative Erhebungen zum Aspekt der Lagerfähigkeit sowie Untersuchungen über die Mikroflora im frischen Holz bei geschädigten Bäumen. In dieser Arbeit wird daher zum einen versucht, mit Hilfe von Beobachtungen im Rasterelektronenmikroskop Aussagen zu machen über die mikrobielle Besiedlung im Buchenholz. Zum anderen wird die Auswirkung visuell erkennbarer Kronenschäden auf das Ausmass des Pilzbefalls im Holz nach einjähriger Lagerung untersucht. Als mögliche Einflussfaktoren auf die Qualität des gelagerten Holzes wurden der Standort, die Höhe im Baum, die Lage im Polter und das Vorkommen von fakultativem Farbkernholz erfasst. Gemessen wurde zudem die Holzfeuchtigkeit nach der Lagerung.

2. Material und Methoden

Eine ausführliche Beschreibung der 16 Bäume und der beiden Standorte findet sich bei *Bucher* und Kučera (1991), so dass hier nur die spezielle Methodik für die Präparation der REM-Proben und für den Lagerungsversuch beschrieben werden soll.

Für die REM-Untersuchungen wurden aus den Stammscheiben auf 2 m, 7 m und 12 m Höhe eine etwa 1,2 cm^2 grosse Probe entnommen, in FAPA (50 ml Formaldehyd, 450 ml Ethanol, 25 ml Propionsäure, 25 ml Essigsäure) fixiert und anschliessend in GWA (Glycerin, Alkohol und destilliertes Wasser im Verhältnis 1:1:1) konserviert. Die Entnahme erfolgte in der Nähe des Kambiums, in der Mitte zwischen Kambium und Mark sowie in der Nähe des Marks, bei Scheiben mit fakultativem Farbkernholz zusätzlich im Kernrandbereich. Die Proben wurden mit Standardmethoden präpariert (Kučera, 1981) und anschliessend die radiale Schnittfläche im REM auf Mikroorganismen untersucht. Die Beobachtungen erfolgten an insgesamt 187 Proben.

Aus den Höhen 4 bis 7 m, 12,5 bis 14,5 m und 17 bis 18 m wurden für den Lagerungsversuch pro Baum insgesamt sechs Abschnitte mit einem Meter Länge abgetrennt und auf Unterlagen in einem Polter aufgeschichtet, wobei die Verteilung der Abschnitte im Polter zufällig erfolgte. Die Polter befanden sich an beiden Standorten (Zürich und Basel) ungefähr zwei Meter von einem befestigten Weg entfernt und waren vom Bestandesschirm eines Altholzes beschattet *(Abbildung 1)*. Gelagert wurde das Holz ein Jahr lang von Juni 1988 bis Juni 1989.

Nach der Lagerung wurden nach dem Schema in *Abbildung 2* aus den Abschnitten zehn Scheiben mit einer Dicke von 5 cm entnommen, die sofort

Abbildung 1. Polter am Standort Basel.

gewogen wurden. Für die Bestimmung des Pilzbefalls wurde ein Punktraster (Abstand der Punkte 1 cm) auf die Scheiben gelegt und durch Auszählung der Punkte in befallenen bzw. in nicht befallenen Bereichen die jeweiligen Flächenanteile bestimmt. Die Ausscheidung der Bereiche wurde dabei nach visuellen Kriterien vorgenommen, was bei der weit überwiegend vorkommenden Weissfäule keine Schwierigkeiten bereitete (vgl. *Abbildung 4a–f).* Die Messung erfolgte bei allen Scheiben an der zur Rugelmitte gewandten Seite, so dass sich insgesamt neun Messflächen ergaben. Anschliessend wurden die Scheiben bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und dann gewogen zur Bestimmung des Trockengewichts. Die Holzfeuchtigkeit von Scheibe 5 und 6 wurde gemittelt, um sie zur Messfläche in der Mitte des Abschnitts in Beziehung setzen zu können (vgl. *Abbildung 2).*

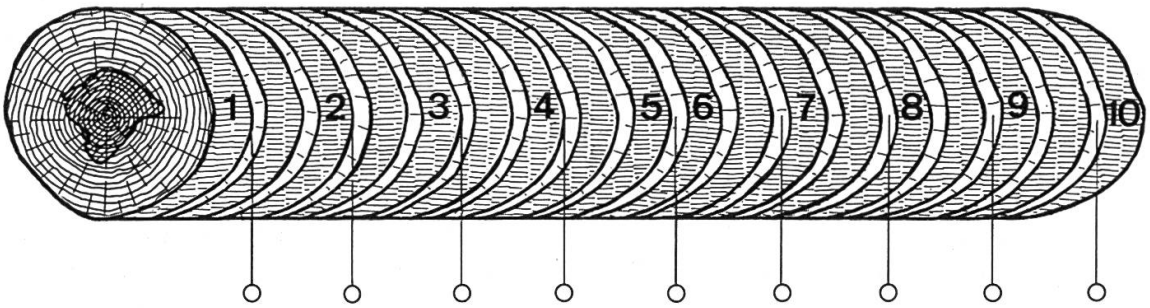


Abbildung 2. Schema für die Aufteilung der Abschnitte, ○ Messstellen des Pilzbefalls, 1–10 Scheiben zur Bestimmung der Holzfeuchtigkeit.

3. Ergebnisse

3.1 Mikroorganismen im frischen Holz

Die Betrachtung der Proben am REM kann naturgemäss nur einen oberflächlichen und subjektiven Eindruck vermitteln von der Häufigkeit der Mikroorganismen im Holz. Unterschiede zwischen den Bäumen lassen sich aus diesem Grund zwar von Fall zu Fall ausmachen, sie können jedoch nicht mit dem Standort, dem Grad der Schädigung oder gewissen Merkmalen der Einzelbäume in Beziehung gebracht werden.

Interessant ist die Beobachtung, dass Bakterien in fast allen Proben gefunden werden konnten, dass also in lebenden Bäumen sowohl im Splintholz als auch im Kernholz eine latente bakterielle Population vorhanden ist. Gleiches lässt sich für Pilze nicht aussagen, da Hyphen aufgrund der hier gemachten Beobachtungen nur in wenigen Proben vorzufinden waren. Diese wenigen Proben lassen sich allerdings nicht eindeutig dem Splintholz- oder dem Kernholzbereich zuordnen, so dass das Vorkommen von Pilzhyphen nicht an bestimmte Zonen im Holz gebunden ist.

In den *Abbildungen 3a–3d* sind verschiedene Formen von Mikroorganismen zu erkennen, die im Rasterelektronenmikroskop gut zu identifizieren sind. So konnten stäbchenförmige Bakterien *(Abbildung 3a),* begeisselte Bakterien *(Abbildung 3b),* kettenförmig aneinandergereihte, kugelige Bakterien *(Abbildung 3c)* und Pilzhyphen *(Abbildung 3d)* in den Gefässen gefunden werden. Gelegentlich kommen aber auch Strukturen vor, die nicht eindeutig identifiziert werden können. Beispiele hierfür sind in den *Abbildungen 3e–h* dargestellt. Vermutlich handelt es sich bei den fädigen Gebilden der *Abbildungen 3e* und *f* ebenfalls um Bakterien (Petrini, mündliche Mitteilung) und die in *Abbildung 3g* zu erkennenden Formen ähneln den kugelig aneinandergereihten Bakterien in *Abbildung 3c.* Ob es sich allerdings bei den Gebilden der *Abbildung 3h* um Pilzhyphen oder um anorganische Strukturen handelt, ist aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse nicht eindeutig zu bestimmen. Häufig können an der Gefässwand oder bei leiterförmigen Durchbrechungen warzenförmige Beläge beobachtet werden, bei denen es sich um Calcium-Ablagerungen handelt *(Bonsen* und *Walter* 1991), deren Entstehung aber vermutlich mit der Aktivität von Mikroorganismen in Zusammenhang steht *(Abbildungen 3i* und *j).*

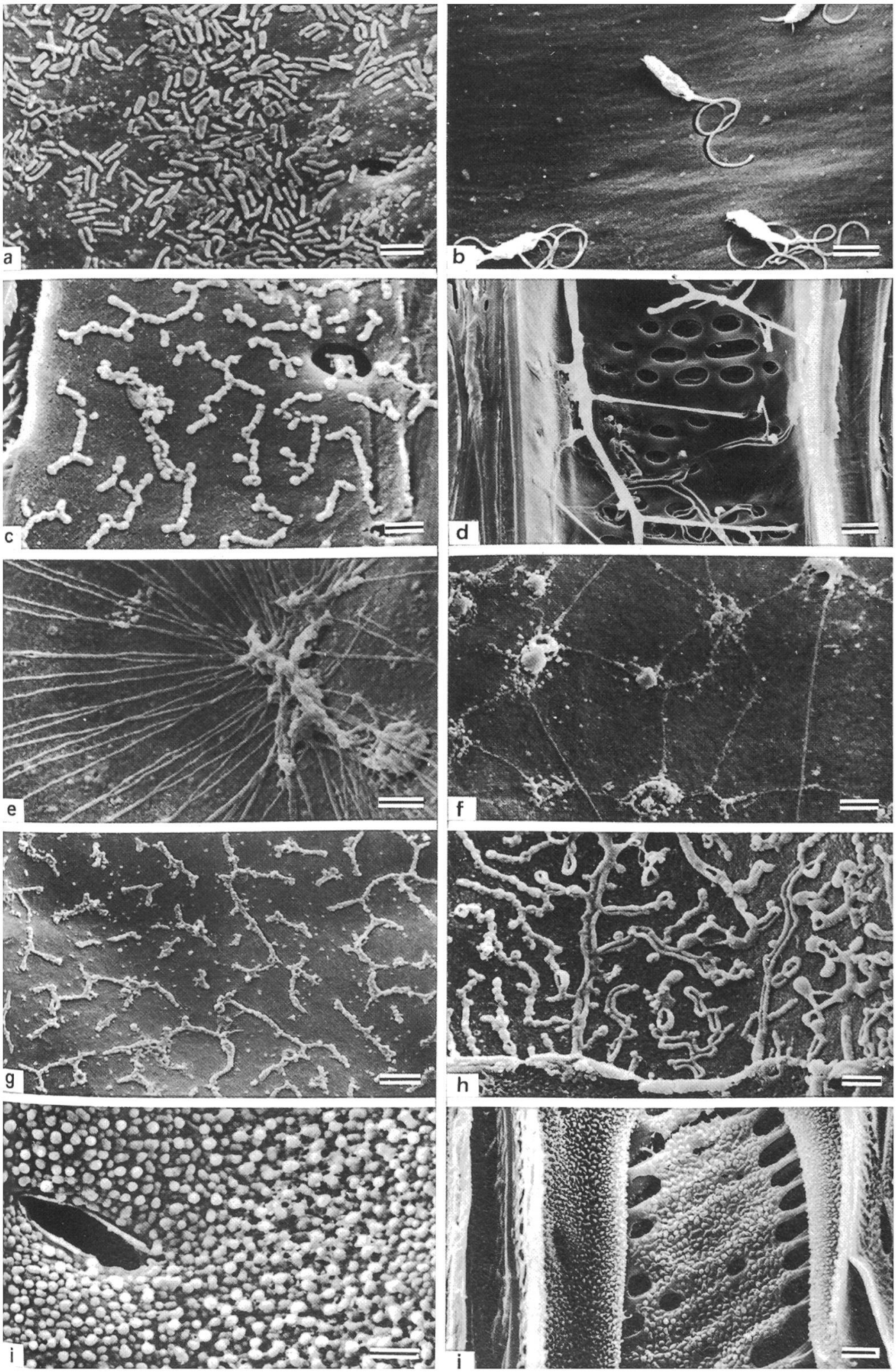
3.2 Lagerfähigkeit

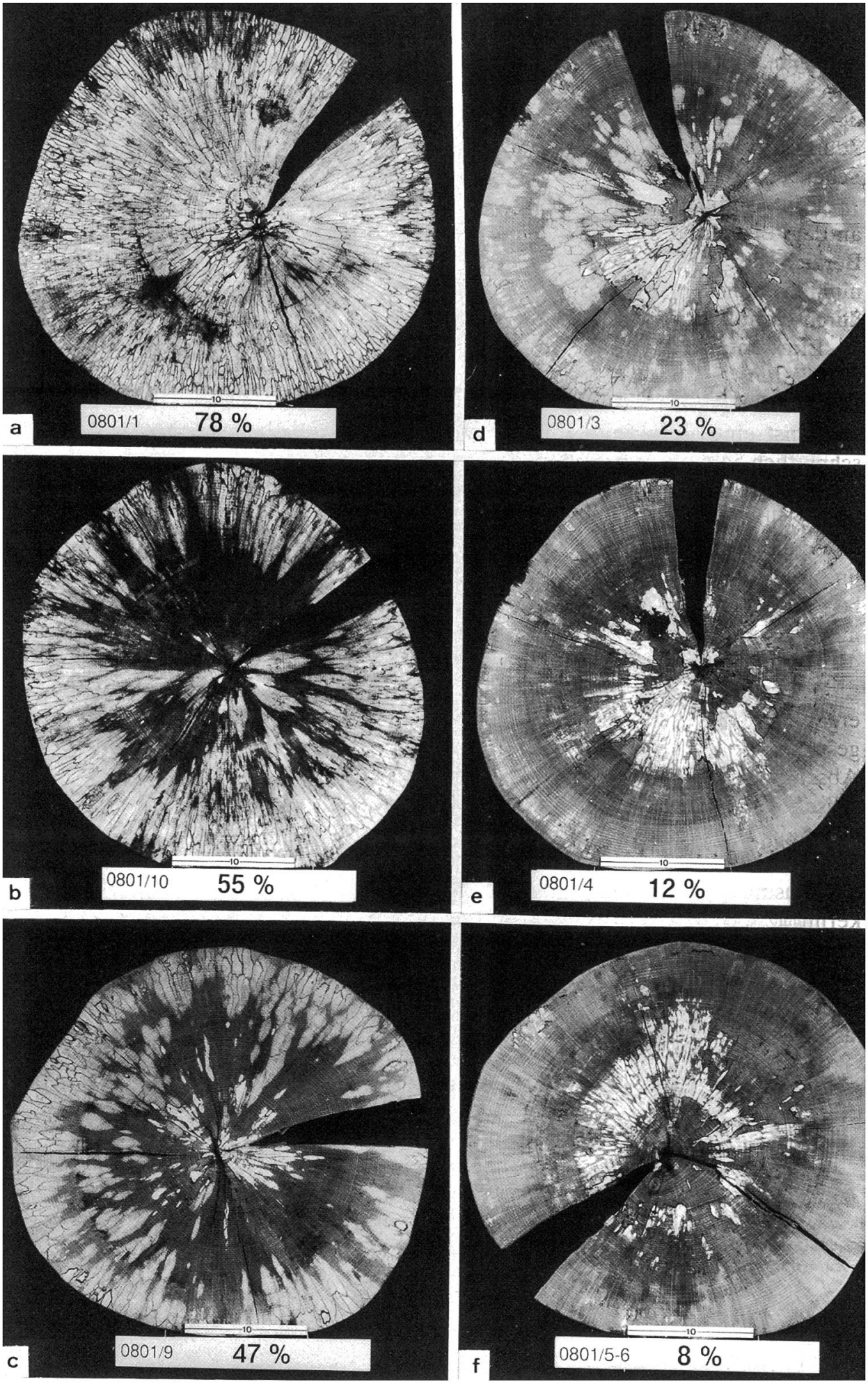
Der Pilzbefall im Holz ist nach einem Jahr der Lagerung unter den genannten Bedingungen besonders an den Rändern der Rugel weit fortgeschritten, im Inneren nimmt dann die befallene Fläche deutlich ab. Die *Abbildungen 4a–f* zeigen die unterschiedliche Intensität des Pilzabbaus inner-

---

Abbildungen 3. Fagus sylvatica, Radialschnitt; rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Mikroorganismen und anderen Strukturen auf der Gefässwand.

3a. Farbkern, intensiver Befall mit stäbchenförmigen Bakterien. Marke = 2 µm.
3b. Farbkern, begeisselte Bakterien in einem Gefäss. Marke = 2 µm.
3c. Splintbereich, kettenförmig aneinandergereihte, kugelige Bakterien auf der Gefässwand. Marke = 2 µm.
3d. Farbkern, Beispiel für ein Gefäss, in dem sich Pilzhyphen intensiv ausbreiten konnten. Marke = 10 µm.
3e. Splintbereich, fadenförmige Strukturen, bei denen es sich vermutlich um Bakterien handelt. Marke = 2 µm.
3f. Farbkern, andere Form von Fäden, vermutlich ebenfalls bakteriellen Ursprungs. Marke = 2 µm.
3g. Farbkern, kettenförmige Gebilde, die Ähnlichkeit aufweisen mit den Bakterien in *Abbildung 3c,* möglicherweise handelt es sich dabei ebenfalls um Bakterien. Marke = 2 µm.
3h. Splintbereich, Belag auf der Gefässwand, dessen Ursprung bisher nicht geklärt ist. Marke = 2 µm.
3i. Splintbereich, Gefässwand mit warzenförmigen Calcium-Ablagerungen. Marke = 2 µm.
3j. Splintbereich, die leiterförmige Durchbrechung ist fast vollständig mit Calcium-Ablagerungen überzogen. Marke = 5 µm.


a
b
c
d
e
f
g
h
i
j


a
0801/1
78 %
d
0801/3
23 %
b
0801/10
55 %
e
0801/4
12 %
c
0801/9
47 %
f
0801/5-6
8 %

halb eines Rugels. Die befallene Fläche, die mit ihrer helleren Farbe gut zu erkennen ist, nimmt bei der äussersten Scheibe mit 78% einen grossen Teil der Gesamtfläche ein, zur Mitte des Rugels geht dann die Abbauintensität deutlich zurück. So sind beim Beispiel in *Abbildung 4* bei der innersten Scheibe nur noch 8% der Fläche von Pilzen befallen.

Ein kontinuierlicher Verlauf des Pilzbefalls ergibt sich für die Mittelwerte an den einzelnen Messstellen *(Abbildung 5)*. Der Pilzbefall ist im äusseren Bereich der Abschnitte mit 50 bis 60% befallener Fläche am höchsten und nimmt dann mehr und mehr ab, so dass in der Mitte des Rugels nur noch durchschnittlich 35% der Fläche als befallen angesprochen werden können.

Ein entgegengesetzter Verlauf ergibt sich für die Holzfeuchtigkeit *(Abbildung 5)*. Am Rand der Abschnitte kommen mit durchschnittlich 35% Holzfeuchtigkeit die tiefsten Werte vor, zur Mitte des Abschnitts hin ist zunächst eine sprunghafte, später eine verlangsamte Zunahme auf durchschnittlich 54% zu beobachten.

Es lässt sich aufgrund dieses Verlaufs von Pilzbefall und Holzfeuchtigkeit innerhalb der Abschnitte annehmen, dass die beiden Parameter in einer direkten Beziehung zueinanderstehen. Die in *Abbildung 6* dargestellte lineare Korrelation zeigt diesen engen negativen Zusammenhang zwischen beiden Grössen auf. Diese Beziehung lässt die Vermutung zu, dass sich Befall mit Pilzen in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit im Holz ausdehnt und dass die Pilze dem zurückgehenden Wassergehalt im Holz folgen.

Unterschiede beim Pilzbefall zwischen den untersuchten Kollektiven ergeben sich vor allem für die Zugehörigkeit zu einem Standort, zwischen gesunden und kranken Buchen sowie zwischen Abschnitten mit und Abschnitten ohne Kernholzvorkommen *(Abbildung 7)*. Beim Vergleich zwischen dem Standort Zürich und dem Standort Basel treten die deutlichsten Unterschiede ($\alpha<0{,}01$) zutage. Der Pilzbefall ist am Standort Basel ungefähr doppelt so weit fortgeschritten wie am Standort Zürich. Wichtig für das Ausmass des Pilzbefalls ist auch das Vorkommen von fakultativem Farbkernholz; bei Abschnitten mit Farbkern ist die pilzbefallene Fläche signifikant grösser als bei Abschnitten ohne Farbkern ($\alpha = 0{,}05$). Weniger ausgeprägt sind die Unterschiede zwischen gesunden und kranken Buchen. Die kranken Bäume weisen zwar etwas mehr Pilzbefall auf, die Unterschiede lassen sich jedoch auf dem 5%-Signifikanzniveau nicht absichern.

Interessant ist die Beobachtung, dass bei den in Abbildung dargestellten Gruppen die Holzfeuchtigkeit jeweils dort hoch ist, wo das Ausmass des Pilzbefalls klein ist *(Abbildung 8)*. Auch zwischen den Kollektiven stehen daher

---

Abbildungen 4a–f. Verschiedene Stadien der Abbauintensität innerhalb eines Rugels; der Pilzbefall ist in den äussersten Scheiben *(Abb. a* und *b)* am weitesten fortgeschritten, in den weiter innen liegenden Scheiben geht der Pilzbefall mehr und mehr zurück *(Abb. b–f); a:* Position 1, *b:* Position 10, *c:* Position 9, *d:* Position 3, *e:* Position 4, *f:* Position 5/6 (vgl. *Abb. 2)*. Marke = 10 cm.

die gefundenen Unterschiede beim Pilzbefall in Zusammenhang mit unterschiedlicher Holzfeuchtigkeit nach der Lagerung. Signifikante Unterschiede ergeben sich wiederum beim Vergleich der Standorte (α = 0,01) und beim Vergleich von Rugeln mit Farbkernholz und Rugeln ohne Farbkernholz (α = 0,05). Zwischen gesunden und kranken Bäumen existieren dagegen keine signifikanten Unterschiede bei der Holzfeuchtigkeit.

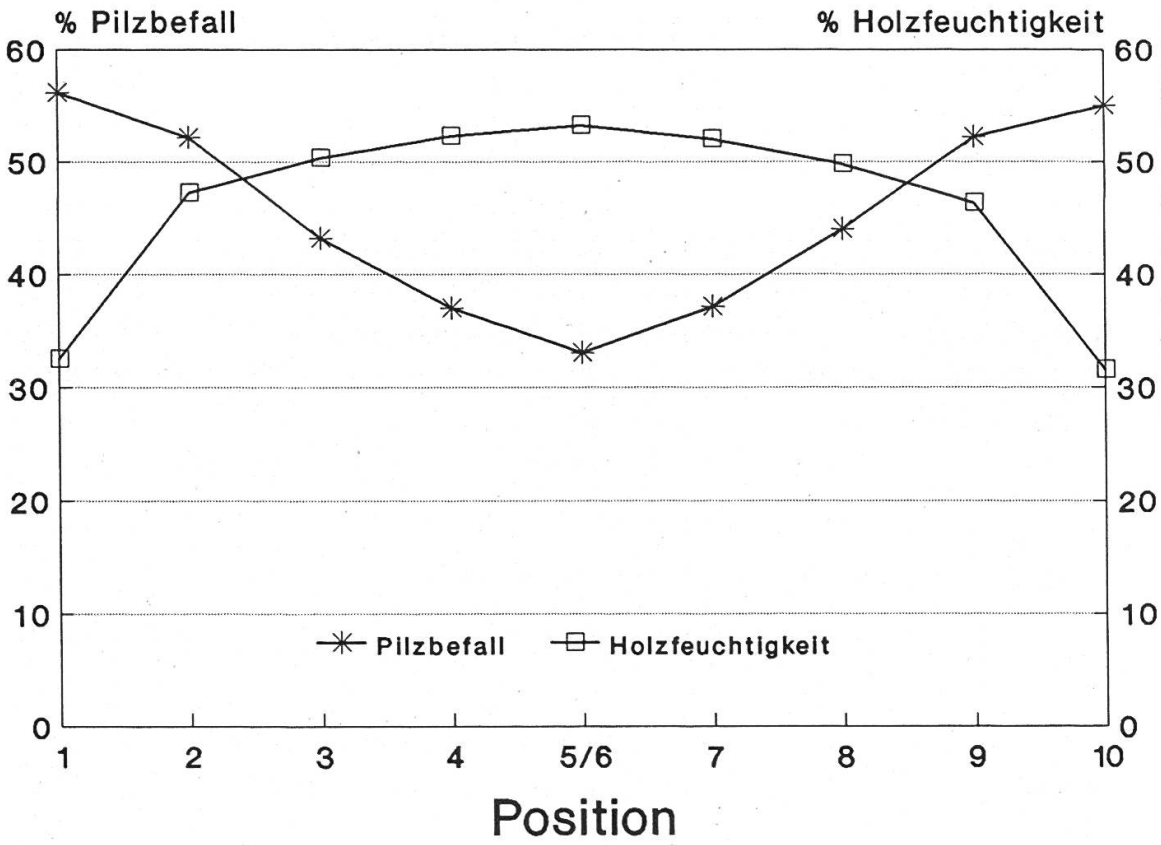


Abbildung 5. Verlauf des Pilzbefalls und der Holzfeuchtigkeit, Mittelwerte an den Messstellen 1–10, n = 94.

Vergleicht man die Abschnitte aus unterschiedlichen Lagen im Polter, dann ist zu erkennen, dass im unteren Teil der Polter die Schäden etwas geringer sind als bei den oben liegenden Stammabschnitten; die Unterschiede sind allerdings nicht signifikant und stehen in diesem Fall auch nicht mit einer verminderten oder erhöhten Holzfeuchtigkeit in Zusammenhang *(Tabelle 1)*. Bei Abschnitten aus verschiedenen Höhen im Stamm sind weder beim Pilzbefall noch bei der Holzfeuchtigkeit gerichtete Tendenzen zu erkennen, so dass dieses Kriterium für die Lagerung von untergeordneter Bedeutung ist *(Tabelle 1)*.

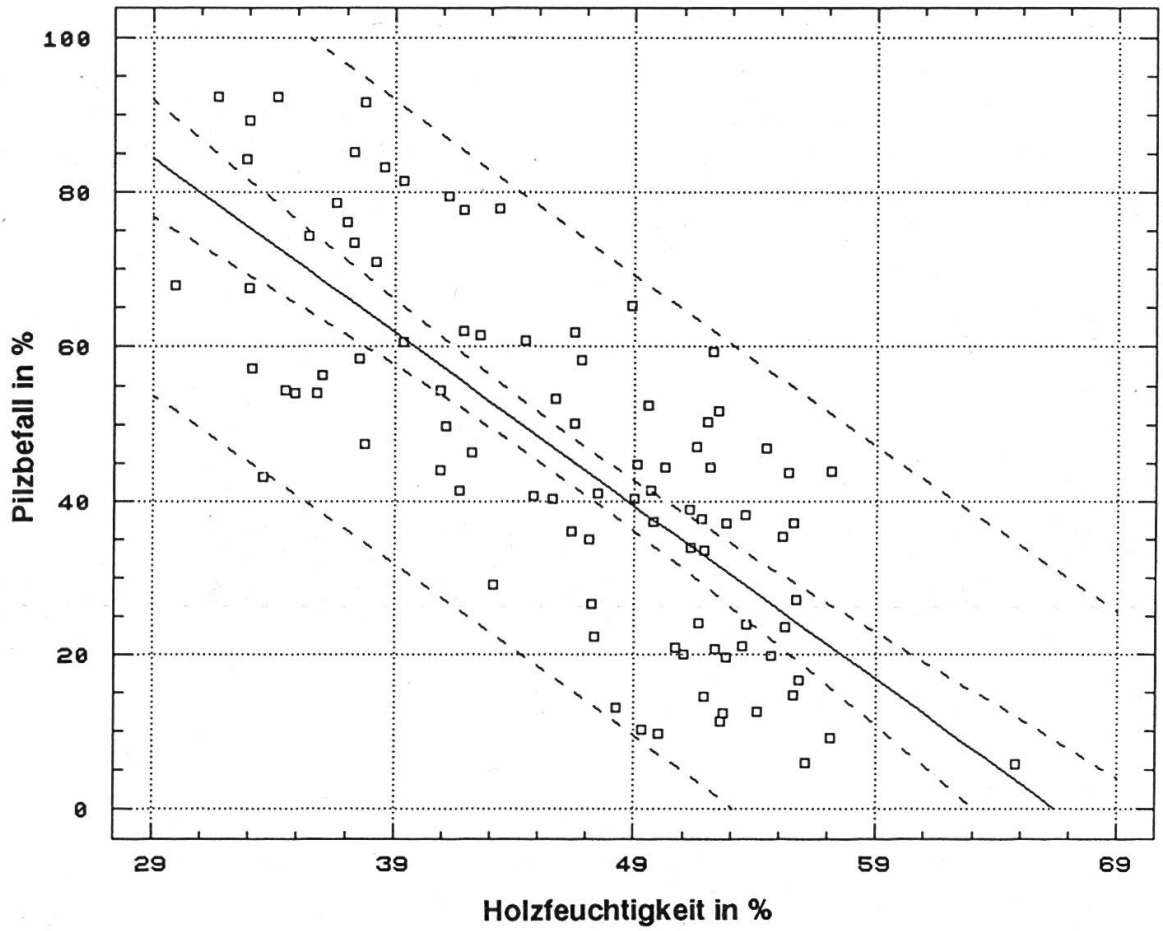


Abbildung 6. Lineare Regression zwischen Pilzbefall und Holzfeuchtigkeit der Rugelmittelwerte, n = 94.

Tabelle 1. Mittelwerte der Abschnitte von Pilzbefall und Holzfeuchtigkeit in Abhängigkeit von der Entnahmehöhe im Stamm bzw. der Lage im Polter.

Höhe im Baum	4–5	5–6	6–7	12,5–13,5	13,5–14,5	17–18
Anzahl Abschnitte	16	15	16	16	16	15
Pilzbefall %	49,24	45,69	49,27	44,52	40,88	43,56
Holzfeuchtigkeit %	45,46	45,86	46,42	45,42	47,56	46,44
Lage im Polter	oben	Mitte	unten			
Anzahl Abschnitte	34	30	30			
Pilzbefall %	46,63	46,28	43,59			
Holzfeuchtigkeit %	45,65	46,27	46,62			

4. Diskussion

Buchenholz wird nach dem Fällen innerhalb einer Vegetationsperiode so intensiv von Pilzen abgebaut, dass es für die meisten Verwendungszwecke seinen Gebrauchswert verliert *(Mayer-Wegelin,* 1950; *v. Pechmann,* 1951; *Schwerdtfeger,* 1963). Dieser in der Literatur vielfach zitierte Sachverhalt

konnte auch beim hier gelagerten Holz festgestellt werden. Nach einjähriger Lagerung im Wald war das Holz weitgehend wertlos.

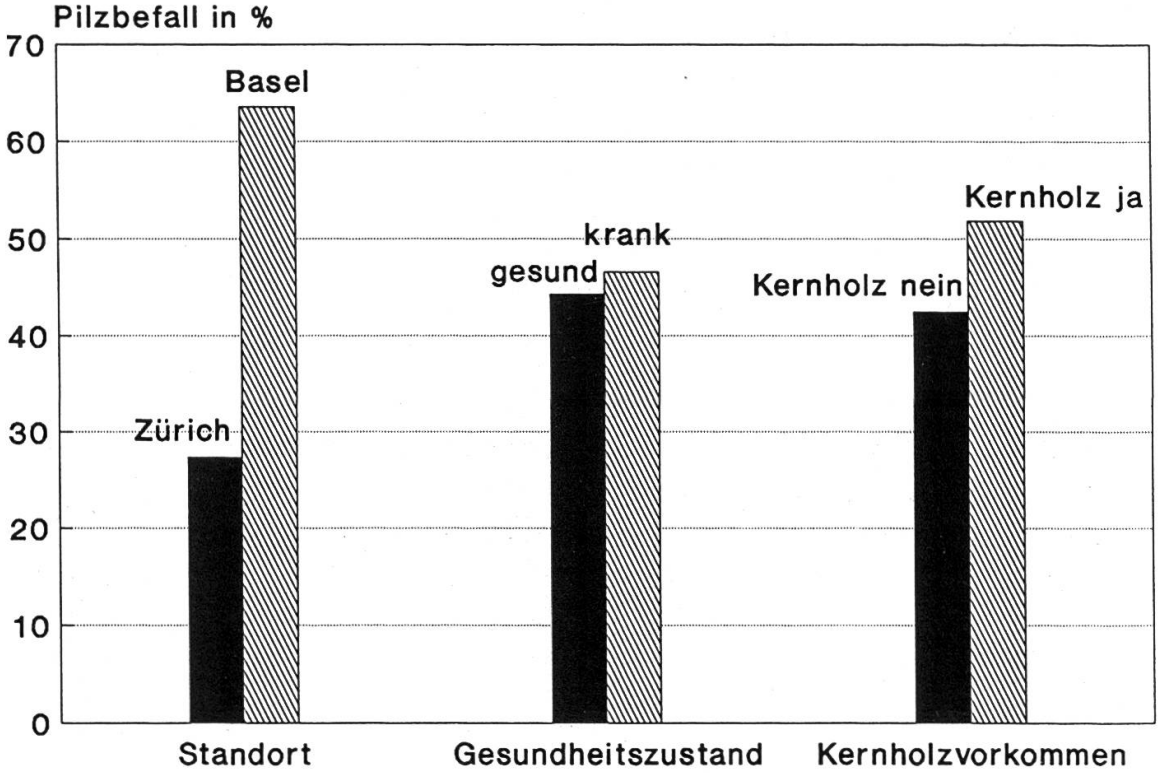


Abbildung 7. Mittelwerte des Pilzbefalls in % nach Standort (n = 8), Gesundheitszustand (n = 8) und Kernholzvorkommen (n = 31 mit Kern, n = 63 ohne Kern).

Das Ausmass des Pilzbefalls im Holz nach einjähriger Lagerung zeigte sich dabei als unabhängig vom Auftreten visuell erkennbarer Kronenschäden; ein beschleunigter Holzabbau ist daher bei den geschädigten Buchen nicht zu befürchten. Auch diese Feststellung stimmt mit den bisher erzielten Resultaten bei Fichten (v. Aufsess, 1986; *Göttsche-Kühn* und *Frühwald,* 1986; *Saur et al.,* 1986) und Kiefern (v. Aufsess, 1986) überein. Standörtliche Faktoren haben sich demgegenüber für den Abbau des Holzes durch Pilze als bedeutsamer herausgestellt, wobei vor allem unterschiedliche Holzfeuchtigkeit als Ursache für die gefundenen Standortsunterschiede angesehen werden muss. Dabei spielt nicht nur die Holzfeuchtigkeit nach der Lagerung eine Rolle; die Unterschiede zwischen den Standorten waren bei der Holzfeuchtigkeit bereits im frischen Holz vorhanden (Bucher und Kučera, 1991) und haben sich auch im Laufe der Lagerung nicht angeglichen. Auch dieser Sachverhalt wurde in einer ähnlichen Untersuchung bei der Lagerung von Buchenholz beobachtet (v. Aufsess und *Schulz,* 1986).

Der hier aufgezeigte Einfluss der Holzfeuchtigkeit auf die Intensität des Pilzbefalls ist von anderen Befallsarten wie der Bläue (v. Pechmann und

Wutz, 1963) oder der Rotstreifigkeit *(Ammer,* 1964; v. Pechmann *et al.,* 1967) bekannt. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch *Chapela* und *Boddy* (1988a, b), die frisches Buchenholz unterschiedlich schnell trockneten und feststellten, dass sich die Pilzflora in Abhängigkeit der Holzfeuchtigkeit unterschiedlich intensiv entwickelte. Interessant ist bei der oben genannten Arbeit, dass mit frischem, steril entnommenem Buchenholz gearbeitet wurde, so dass der Abbau des Holzes vermutlich von latent vorhandenen, endophytischen Pilzen geleistet wurde. *Rayner* (1986) vermutet, dass sich diese Pilze bei geringer Holzfeuchtigkeit bereits im stehenden Stamm vermehren können. Weil am Standort Basel im frischen Holz geringere Feuchtigkeiten gemessen wurden, wäre eine intensivere Entwicklung der endophytischen Mikroflora bereits im stehenden Stamm durchaus möglich. Erhärtet wird diese Vermutung auch durch Befunde von *Schmidt et al.* (1986), die im frischen Holz geschädigter Fichten eine deutlich dichtere Population von Mikroorganismen vorfanden als bei gesunden Fichten. Obwohl Unterschiede bei der Populationsdichte im stehenden Stamm mit den hier verwendeten Methoden nicht gefunden werden konnten, sollte auch bei der Buche dem Vorkommen einer endophytischen Mikroflora vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Für die forstliche Praxis ergibt sich aus diesen Resultaten, dass Buchenholz generell nur kurz im Wald zwischengelagert werden sollte, da es sich bei der Buche um eine empfindliche Holzart handelt, deren Holz innerhalb

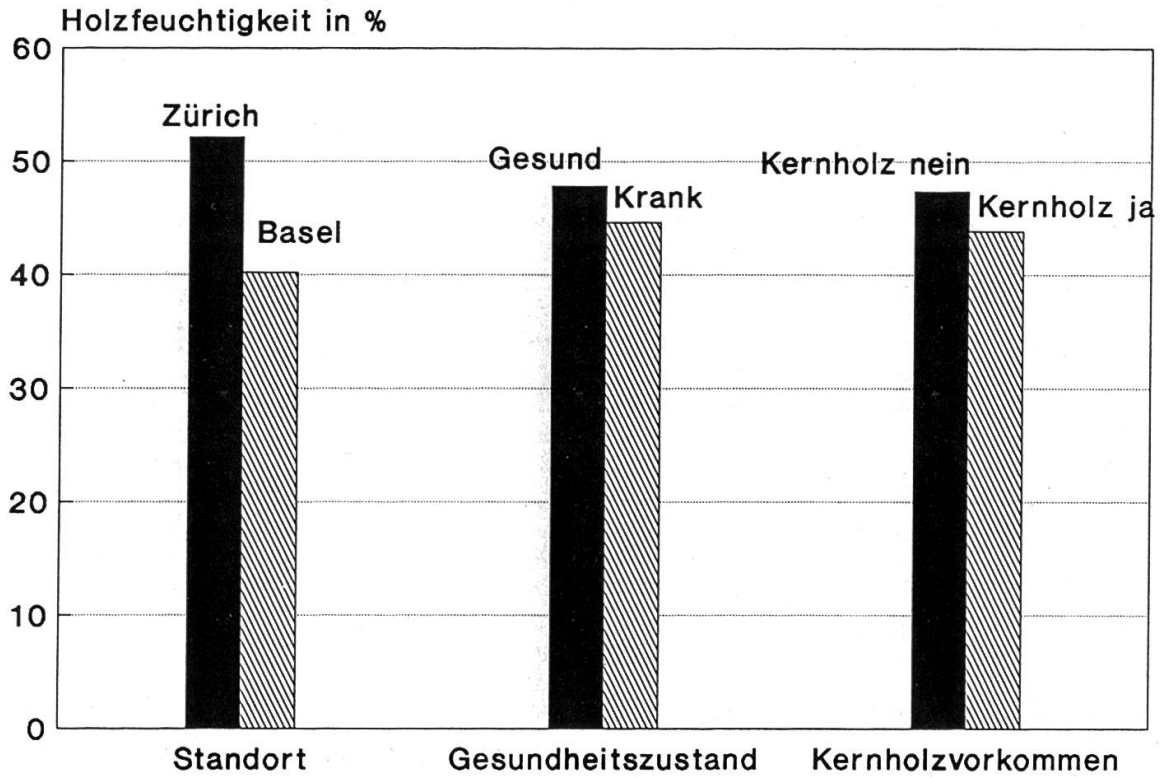


Abbildung 8. Mittelwerte der Holzfeuchtigkeit in % nach Standort (n = 8), Gesundheitszustand (n = 8) und Kernholzvorkommen (n = 31 mit Kern, n = 63 ohne Kern).

kurzer Zeit von Pilzen zersetzt wird. Besondere Vorsicht ist geboten bei kritischer Wasserversorgung, da bereits direkt nach dem Fällen die Holzfeuchtigkeit der Buchen auf solchen Standorten in einem für Pilze günstigen Bereich sein kann.

Résumé

Comparaison des propriétés du bois des hêtres sains et atteints (*Fagus sylvatica* L.): Les microorganismes dans le bois frais et l'aptitude au stockage

L'infestation du bois frais des hêtres sains et atteints par des microorganismes ainsi que l'aptitude au stockage éventuellement amoindrie des hêtres ayant subi une importante perte de feuilles ont fait l'objet de la présente étude. Les méthodes utilisées n'ont pas permis de déceler des différences de densité de population de la microflore entre les collectifs. Par contre l'aptitude au stockage des hêtres de la station de Bâle est sensiblement plus mauvaise que celle de ceux de la station de Zurich. Etant donné qu'il existe une relation inversement proportionnelle entre l'importance de l'attaque par les champignons et la teneur en eau du bois, il faut probablement imputer la mauvaise aptitude au stockage des hêtres de Bâle à la faible humidité du bois, perceptible aussi bien sur les arbres sur pied qu'après le stockage. Le rôle du mauvais approvisionnement en eau dans la station de Bâle dans la développement d'une microflore endophyte est discuté.

Traduction: *Stéphane Croptier*

Literatur

Ammer, U., 1964: Über den Zusammenhang zwischen Holzfeuchtigkeit und Holzzerstörung durch Pilze. Holz als Roh- und Werkstoff *22:* 47–51.

Aufsess, H. v., 1986: Lagerverhalten von Stammholz aus gesunden und erkrankten Kiefern, Fichten und Buchen. Holz als Roh- und Werkstoff *44:* 325.

Aufsess, H. v., Schulz, H., 1986: Investigations on the storage behaviour of roundwood from healthy and diseased beeches. IAWA Bull. n.s. *7:* 415–419.

Bonsen, K.J.M., Walter, M., 1991: Calcium-Layers in Xylem Vessels. IAWA-Bull. n.s. *12:* 67–69.

Bucher, H.P., Kučera, L.J., 1991: Vergleich der Holzeigenschaften gesunder und geschädigter Buchen *(Fagus sylvatica* L.): Feuchtegehalt und Vorkommen von Farbkernholz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen *142:* 415–426.

Chapela, I.H., Boddy, L., 1988a: Fungal colonization of attached beech branches. I. Early stages of development of fungal communities. The New Phytologist *110:* 39–45.

Chapela, I.H., Boddy, L., 1988b: Fungal colonization of attached beech branches. II. Spatial and temporal organization of communities arising from latent invaders in bark and functional sapwood, under different moisture regimes. The New Phytologist *110:* 47–57.

Göttsche-Kühn, H., Frühwald, A., 1986: Holzeigenschaften von Fichten aus Waldschadensgebieten. Holz als Roh- und Werkstoff *44:* 313–318.

Kučera, L.J., 1981: Cutting wood specimens for observation in the scanning electron microscope. Journal of Microscopy *124:* 319-325.

Kučera, L.J., Bosshard, H.H., 1989: Holzeigenschaften geschädigter Fichten. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin.

Mayer-Wegelin, H., 1950: Vom Einfluss des Verstockens auf die Eigenschaften des Buchenholzes. Holzzentralblatt *76,* (54): 581–582.

Pechmann, H. v., 1951: Über den Schutz gefällten Buchenholzes gegen Verfärbung und Pilzangriff. Forstwissenschaftliches Centralblatt *70:* 677–691.

Pechmann, H. v., Wutz, A., 1963: Untersuchungen über Bläuebefall und Möglichkeiten der Bläueverhütung an lagerndem Kiefernstammholz. Forstwissenschaftliches Centralblatt *82:* 129–138.

Pechmann, H. v., Aufsess, H.v., Liese, W., Ammer, U., 1967: Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes. Beiheft zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt *27.*

Rayner, A.D.M., 1986: Water and the origins of decay in trees, in: Water, Fungi and Plants (Ed. by P.G. Ayres and L. Boddy). Cambridge University Press, Cambridge.

Saur, I., Seehann, G., Liese, W., 1986: Zur Verblauung von Fichtenholz aus Waldschadensgebieten. Holz als Roh- und Werkstoff *44:* 329–332.

Schmidt, O., Bauch, J., Rademacher, P., Göttsche-Kühn, H., 1986: Mikrobiologische Untersuchungen an frischem und gelagertem Holz aus Waldschadensgebieten und Prüfung der Pilzresistenz frischen Holzes. Holz als Roh- und Werkstoff *44:* 319–327.

Schwerdtfeger, F., 1963: Untersuchungen über das Verstocken sturmgeworfener Buchen. Holzzentralblatt *89,* (33): 495–496.

Verfasser: Prof. Dr. L. J. Kučera und Dr. Martin Walter, ETH Zürich, Departement Wald- und Holzforschung, Professur Holzwissenschaften, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.