

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 143 (1992)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Methoden zur Untersuchung des Pilzbefalls im Holz  
**Autor:** Walter, Martin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765851>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.10.2025

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

# Methoden zur Untersuchung des Pilzbefalls im Holz

Von *Martin Walter*

FDK 81: 844: 85

## 1. Einleitung

Holz stellt bis heute in mancherlei Hinsicht eine «black box» dar, und dies gilt in besonderem Masse für pilzbefallenes Holz. Es ist zwar möglich, visuell und heute auch mit technischen Methoden, die Eigenschaften der Holzoberfläche sehr genau zu ermitteln; genaue Rückschlüsse auf das, was sich im Holzinernen befindet, lässt dies aber noch nicht zu. Hinzu kommt, dass keine Methoden existieren, die es ermöglichen, die verwendungsrelevanten Eigenschaften des Holzes zerstörungsfrei und genau zu bestimmen. Diese mangelnde Kenntnis des inneren Holzzustands und der Holzeigenschaften führt letztlich zu Problemen bei der Sortierung und in der Folge zu einem sub-optimalen Einsatz des Holzes.

Im vorliegenden Aufsatz wird ein Teilaspekt aus diesem Problemkreis behandelt. Es soll der Frage nachgegangen werden, mit welchen Mitteln Pilzbefall diagnostiziert werden kann und wie abgeschätzt werden kann, in welchem Ausmass das Holz durch Pilze modifiziert wurde.

## 2. Welche Holzeigenschaften werden durch Pilze verändert?

Will man untersuchen, ob Pilzbefall im Holzkörper vorliegt, dann steht dabei zunächst die Frage im Vordergrund, welche Eigenschaften im pilzbefallenen Holz anders sind als im gesunden Holz. Man kann im befallenen Holz Veränderungen der physikalischen, chemischen und biologischen Holzeigenschaften beobachten, die mehrheitlich auch für eine Diagnose von Pilzbefall genutzt werden können.

In *Tabelle 1* sind einige Beispiele von Holzeigenschaften aufgeführt, die bei Pilzbefall verändert sind und die auch für eine Diagnose verwendet werden können. Die technischen Möglichkeiten, die für die Bestimmung dieser Grössen beim Holz zur Verfügung stehen, werden im folgenden Kapitel vorgestellt und deren Eignung für die Diagnose von Pilzbefall erörtert.

Tabelle 1. Beispiele für Eigenschaften, die bei Pilzbefall verändert sind.

---

physikalisch:	Holzdichte, Absorption von Schall- oder Röntgenwellen, Kernresonanz, Holzfarbe
chemisch:	pH-Wert, Ionenkonzentration, (elektrische Leitfähigkeit)
biologisch:	Vorkommen von Pilzhyphen, Absorption von Antikörpern

---

### 3. Methoden zur Erfassung der Holzveränderungen durch Pilze

*Holzdichte:* Eine Beeinträchtigung der Dichte ist in der Regel die wichtigste Veränderung, die Pilze im Holz bewirken, weil damit auch mehr oder weniger stark ausgeprägte Veränderungen der mechanischen Festigkeiten einhergehen. Eine direkte Näherung für die Holzdichte erhält man, wenn man den Widerstand misst, den das Holz einer Nadel oder einem Bohrer beim Eindringen entgegensetzt.

Beim Pilodyn wird hierzu eine 2 mm dicke Stahlnadel bis zu einer Tiefe von maximal 4 cm ins Holz getrieben und die Eindringtiefe, die dem Eindringwiderstand proportional ist, gemessen. Das Gerät hat sich bei der Prüfung von Bauholz und an stehenden Bäumen bewährt. Es hat sich gezeigt, dass mit dieser Methode gute Näherungen erreicht werden können, vor allem dann, wenn der Messwert mit einem Faktor für die Holzfeuchtigkeit korrigiert wird (Cown, 1978, Görlacher, 1987).

Bei einem neueren Gerät, dem Xylo-Density-Graph wird mit konstantem Vorschub ein Loch in den Baum gebohrt und die Energieaufnahme eines Elektromotors gemessen. Der Stromverbrauch dieses Motors ist proportional der Holzdichte (Brandt und Rinn, 1989). Wie genau mit dieser Methode die Dichte bestimmt werden kann, wird zurzeit noch untersucht, die ersten Resultate sind aber sehr vielversprechend (Rinn, mündliche Mitteilung).

Leider ist bei beiden Methoden nicht zu vermeiden, dass ein Loch im Holzkörper entsteht, das sicherlich, wenn auch geringfügig, die mechanische Festigkeit und die Ästhetik beeinflusst. Ein weiterer Nachteil ist, dass nur punktuelle Messungen möglich sind und deshalb die flächige Ausbreitung pilzbefallener Zonen nur mit mehreren Messungen ermittelt werden kann. Zudem wäre es bei beiden Methoden wünschenswert, die Auswirkungen bei verschiedenen Arten von Pilzbefall auf den Eindringwiderstand bzw. den Bohrwiderstand zu untersuchen, denn hierüber liegen noch keine Untersuchungen vor.

*Absorption von Schall- oder Röntgenwellen:* Indirekt erhält man auch eine Aussage über die Holzdichte, wenn man Schallwellen oder Röntgenwellen durch das Holz schickt, wobei entweder die Durchlaufgeschwindigkeit oder die Dämpfung der Wellen, das heisst ihr Energieverlust gemessen wird. Mit diesen Methoden sind nicht nur punktuelle Messungen möglich, sondern man erhält ein umfassenderes Bild des inneren Holzzustands. Zu berücksichtigen

ist dabei jedoch, dass vor allem die Holzfeuchtigkeit einen massgeblichen Einfluss auf die Eigenschaften der Wellen am Empfänger haben kann.

Die Ultraschallmessung, bei der Schallwellen mit einer Frequenz grösser als 20 000 Hz durch das Holz geschickt werden, ist heute eine Methode, die in vielfachen Varianten beim Holz angewendet wird. Für die Sortierung des Holzes stehen in der Schweiz bereits praxistaugliche Anwendungen zur Verfügung (Brandt, 1987; Steiger, 1991). Misst man die Geschwindigkeit der Schallwellen im Holz, dann ist diese um so kleiner, je häufiger Strukturmerkmale den Durchlauf der Wellen durch das Holz behindern. In pilzbefallenem Holz sind die Übertragungswege entlang der Zellwände gestört, und die Wellen müssen unelastisches, amorphes Material passieren, was ihre Geschwindigkeit vermindert. Fäulnis kann daher anhand einer gegenüber dem gesunden Holz verminderten Ultraschallgeschwindigkeit identifiziert werden (Dunlop, 1981, Bauer und Kilbertus, 1991).

Wesentlich aufwendiger sind Verfahren, die mit Röntgenwellen oder  $\gamma$ -Strahlen arbeiten; sie liefern aber ein genaues Bild des inneren Holzzustands und erlauben neben der Diagnose von Pilzbefall auch Aussagen über andere Unregelmässigkeiten des Holzes (Hailey und Morris, 1987). Röntgenwellen werden beim Durchtritt durch eine feste Substanz teilweise absorbiert, teilweise transmittiert, wobei die Menge der absorbierten Strahlung abhängig ist von der Dichte der Substanz. Das bedeutet, dass in pilzbefallenem Holz mehr Strahlung am Empfänger ankommt als in gesundem Holz. Bei der Computertomografie lässt man zudem den Sender und den Empfänger der Strahlung um die Stammachse rotieren und erhält damit ein zweidimensionales Dichteprofil des Querschnitts. Es ist damit möglich, Aussagen zu machen über die flächige Ausdehnung einer Fäulnis und auch über andere verwendungsrelevante Merkmale des Holzes. Es gibt bereits mobile Geräte, mit denen Fäule Diagnosen an stehenden Bäumen durchgeführt werden können (Habermehl, 1982a, b; Schwartz *et al.*, 1989), und der Einsatz solcher Geräte auf einem Holzhof oder auf dem Rundholzplatz eines Sägewerks ist heute technisch machbar. Bei der Computertomografie handelt es sich deshalb um ein Verfahren, das vielversprechende Möglichkeiten bietet und dessen weitere Entwicklung mit Aufmerksamkeit verfolgt werden sollte.

*Kernresonanz:* Die Messung der Kernresonanz oder des Kernspins ist ein Verfahren, das in der Medizin weit verbreitet ist. Die sogenannte Kernspintomografie wurde zwar versuchsweise auch bei Holz angewendet, konnte aber noch nicht bis zur Praxisreife entwickelt werden (Kučera und Brunner, 1986; Chang *et al.*, 1989). Gemessen wird in erster Linie die Protonenkonzentration des Holzes, die hauptsächlich abhängig ist vom Wassergehalt. Will man Pilzbefall mit dieser Methode anhand des erhöhten Wassergehalts identifizieren, stösst man auf Interpretationsschwierigkeiten, da auch im gesunden Splintholz oder in bakteriellen Nasskernen ein hoher Wassergehalt anzutreffen ist. Im gelagerten Holz ist das Ergebnis zudem abhängig vom Grad der Austrock-

nung, und die Methode liefert daher nur ein schwer zu deutendes Bild des inneren Holzzustands. Auch die geringe Durchdringungstiefe bis maximal 15 cm und die hohen Kosten stehen einer weiteren Verbreitung der Kernspintomografie bei der Beurteilung von Holz entgegen.

*Holzfarbe:* Das Verhalten der Holzoberfläche gegenüber Wellen aus dem sichtbaren Bereich, das meistens mit den Oberbegriffen Holzfarbe oder Holztextur umschrieben wird, ist immer noch das wichtigste Kriterium, wenn es darum geht, Fäulnis zu diagnostizieren. Leider ist damit nur eine Aussage möglich, dass Pilzbefall an der Oberfläche vorliegt, über die Verbreitung der Pilze im Inneren des Stammes, nicht nur an der Oberfläche der Stirnseite, weiss man damit noch wenig. Hinzu kommt, dass nicht immer farbliche Veränderungen eindeutig zu erkennen sind oder dass nicht immer Pilze an ihrer Entstehung beteiligt sind. Auch ist aufgrund des visuellen Eindrucks nur bedingt eine Aussage möglich über das Ausmass des Dichteverlusts und die tatsächlichen Einschränkungen bei der Holzverwendung.

*pH-Wert:* Deutlichere Aussagen sind möglich, wenn man die Farbinformation durch die Verwendung von pH-Indikatoren ergänzt. Man macht sich dabei den Umstand zunutze, dass der pH-Wert, zumindest in weiter fortgeschrittenen Stadien des Pilzbefalls, gegenüber dem gesunden Holz abgesenkt ist. Appliziert man daher pH-Indikatoren, dann wird sich bei befallenem Holz eine andere Farbe zeigen als bei gesundem Holz oder aber der Farbunterschied zwischen verschiedenen Bereichen kann deutlicher hervorgehoben werden. Es ist mit dieser Methode möglich, Zonen mit Pilzbefall zu erkennen und von verfärbten Zonen, in denen kein oder nur geringer Pilzbefall vorliegt zu unterscheiden (*Eslyn*, 1979; *Katuscak*, mündliche Mitteilung).

*Ionenkonzentration:* Die erhöhte Ionenkonzentration des pilzbefallenen Holzes (*Skutt et al.*, 1972; *Shigo* und *Shigo*, 1974) macht man sich zunutze bei der Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Es gibt heute Geräte wie das Vitamat (*Kučera* und *Bucher*, 1988) oder den Condiometer (*Egger* und *Tomiczek*, 1985), die eine schnelle Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Holz zulassen. Das Verfahren hat sich trotz gewisser Interpretationsschwierigkeiten bei stehenden Bäumen bewährt, weil die elektrische Leitfähigkeit oberhalb der Fasersättigung direkt von der Ionenkonzentration abhängt. Unterhalb der Fasersättigung wird die elektrische Leitfähigkeit hauptsächlich vom Wassergehalt bestimmt und ist daher von der mehr oder weniger stark fortgeschrittenen Austrocknung des Holzes abhängig. Bei diesem Verfahren müsste das Holz daher in möglichst frischem Zustand beurteilt werden; in trockenem Zustand kann pilzbefallenes Holz häufig nicht mehr von gesundem Holz unterschieden werden. Wie bei den bereits beschriebenen Verfahren zur Dichtebestimmung sind bei der Messung der elektrischen Leitfähigkeit ebenfalls nur punktuelle Messungen möglich, und das Verfahren wird daher bei der Fäulediagnose in geschlagenem Holz auf spezielle Anwendungen beschränkt bleiben.

*Vorkommen von Pilzhyphen, Absorption von Antikörpern:* Man kann in befallenen Holz auch biologische Veränderungen beobachten. Hierher gehören das Vorhandensein und die Entwicklung einer mikrobiellen Population und die damit in engem Zusammenhang stehende Absorption von Antikörpern an den Pilzhyphen. Die Messung dieser Eigenschaften ist allerdings nur im Labor möglich, so dass es sich um wissenschaftliche Methoden handelt, die auf absehbare Zeit nicht in der Praxis angewendet werden können.

Will man wissen, wie eine mikrobielle Population zusammengesetzt ist, dann ist es notwendig, die Pilze auf speziellen Nährsubstraten zu züchten. Anhand verschiedener Merkmale kann dann die Pilzart identifiziert werden. Dies ermöglicht Aussagen über die Virulenz des Pilzes bei einer bestimmten Holzart und kann zu einer Einschätzung der weiteren Entwicklung beitragen.

Bei einer anderen Methode aus der neueren Forschung werden für die Diagnose von Pilzbefall Säugetier-Antikörper verwendet, die an einen Farbstoff gebunden sind und so appliziert werden. Diese Antikörper reagieren mit spezifischen molekularen Oberflächenstrukturen der Pilzhyphen und werden von diesen um so intensiver absorbiert, je mehr Pilze vorhanden sind. Dies äussert sich dann in einer Veränderung der Farbtintensität, die mit verschiedenen Methoden gemessen werden kann (*Clausen et al.*, 1991).

#### **4. Schlussbetrachtungen**

Es stehen heute vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung, mit denen Pilzbefall diagnostiziert werden kann; von einer routinemässigen Anwendung dieser Hilfsmittel ist man aber in den meisten Bereichen immer noch weit entfernt. Bisher wird pilzbefallenes Holz in der Forstwirtschaft lediglich in eine schlechtere Qualitätsstufe sortiert, unabhängig davon wie intensiv der Pilzbefall die Verwendung des Holzes bereits beeinträchtigt. Es ist deshalb erfreulich, dass es die verschiedensten Ansätze gibt, einige der vorgestellten Methoden weiter zu entwickeln, um zu einer besseren Kenntnis des Holzinneren zu gelangen. Sicherlich sind einige Methoden wie die Computertomografie nicht universell einsetzbar, andere hingegen, wie die Ultraschallmessung, werden in naher Zukunft die Beurteilung der Eigenschaften von Stämmen – oder in der Sägeindustrie von Balken – verbessern und vereinfachen.

Anstrengungen, die zu einer besseren Erfassung des inneren Holzzustandes hinführen können, sind zweifelsohne lohnend. Denn dadurch wird es möglich, die Eigenschaften des Holzes im Hinblick auf eine gezieltere Holzverwendung genauer zu ermitteln, und dies kann zu einer verbesserten Konkurrenzfähigkeit des Holzes beitragen.

## Résumé

### Méthodes d'examens de l'attaque du bois par les champignons

Le diagnostic de l'attaque par les champignons représente un important critère pour le choix du bois. C'est pourquoi plusieurs méthodes ont été développées permettant une meilleure connaissance de l'état du bois. Il est possible, grâce aux procédés présentés, de déterminer les propriétés qui, en cas d'attaque par les champignons, changent de celles du bois sain. Quelques méthodes de mesure, telles que mesure par les ultra-sons, computertomographie ou détermination de la densité sont déjà utilisées dans la pratique. D'autres procédés tels que l'évaluation du changement de pH, la détermination de la conductibilité électrique ou l'identification des espèces des champignons ne peuvent être utilisés que dans des cas spécifiques ou ne peuvent être effectués qu'en laboratoire. Les méthodes sont brièvement décrites dans cet article et leur aptitude au diagnostic de l'attaque par les champignons discutées.

Traduction: *Stéphane Croptier*

### Literatur

- Bauer, C., Kilbertus, G.*, 1991: Technique Ultrasonore de Caractérisation du Degré d'Altération des Bois de Hêtre et de Pin Soumis à l'Attaque de Différents Champignons; *Holzforschung*, 45, S. 41–46.
- Brandt, M.*, 1987: Anwendung der Ultraschall-Prüftechnik zur Stammfäuleddiagnose an stehenden Fichten; Diplomarbeit Universität Freiburg i. Br., unveröffentlicht.
- Brandt, M., Rinn, F.*, 1989: Eine Übersicht über Verfahren zur Stammfäuleddiagnose; *Holz-Zentralblatt*, 80, S. 1268, 1270.
- Chang, S. J., Olson, J. R., Wang, P. C.*, 1989: NMR imaging of internal features in wood; *Forest Products Journal*, 39, S. 43–49.
- Clausen, C. A., Green III, F., Higley, T. L.*, 1991: Early detection of brown-rot decay in southern yellow pine using immunodiagnostic procedures; *Wood Science and Technology*, 26, S. 1–8.
- Cown, D. J.*, 1978: Comparison of the Pilodyn and Torsiometer Methods for the rapid Assessment of Wood Density in living Trees; *New Zealand Journal of Forest Science*, 8, S. 384–391.
- Dunlop, J. I.*, 1981: Testing of Poles by Using Acoustic Pulse Method; *Wood Science and Technology*, 15, S. 301–310.
- Egger, A., Tomiczek, C.*, 1985: Stammfäulebestimmung an Fichte mittels Condiometer AS-1; Informationsdienst Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, 229. Folge.
- Eslyn, W. E.*, 1979: Utility Pole Decay, Part 3: Detection in Pine by Color Indicators; *Wood Science and Technology*, 13, S. 117–126.
- Görlacher, R.*, 1987: Zerstörungsfreie Prüfung von Holz: Ein «in situ»-Verfahren zur Bestimmung der Rohdichte; *Holz als Roh- und Werkstoff*, 45, S. 273–278.
- Habermehl, A.*, 1982a: A new non-destructive method for determining internal wood condition and decay in living trees. Part I. Principles, methods and apparatus; *Arboricultural Journal*, 6, S. 1–8.
- Habermehl, A.*, 1982b: A new non-destructive method for determining internal wood condition and decay in living trees. II. Results and further developments; *Arboricultural Journal*, 6, S. 121–130.
- Hailey, J. R., Morris, P. I.*, 1987: Application of scanning and imaging techniques to assess decay and wood quality in logs and trees; Forintek Canada Corp., Vancouver.
- Kučera, L. J., Brunner, P.*, 1986: Kernspintomografie und der Wasserhaushalt erkrankter Bäume; *Forstarchiv*, 57, S. 83–84.

- Kučera, L. J., Bucher, H. P.*, 1988: Ein neuartiges Messgerät für Holzuntersuchungen; Schweizer Ingenieur und Architekt, 45, S. 1243–1246.
- Schwartz, V., Habermehl, A., Ridder, H. W.*, 1989: Zerstörungsfreier Nachweis von Kern- und Wundfäulen im Stamm stehender Bäume mit der Computer-Tomographie; Forstarchiv, 60, S. 239–245.
- Skutt, H. R., Shigo, A. L., Lessard, R. A.*, 1972: Detection of discolored and decayed wood in living trees using a pulsed electrical current; Canadian Journal of Forest Research, 2, S. 54–56.
- Shigo, A. L., Shigo, A.*, 1974: Detection of Discoloration and Decay in living Trees and Utility Poles; USDA Forest Service Research Paper NE- 294.
- Steiger, R.*, 1991: Festigkeitssortierung von Kantholz mittels Ultraschall; Holzforschung und Holzverwertung, 43, S. 40–46.