

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 30 (1879)  
  
**Artikel:** Ueber Pflanzenkrankheiten  
**Autor:** Riniker, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-763322>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

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

## Ueber Pflanzenkrankheiten.

Aus einem Vortrag, gehalten in der Generalversammlung der aargauischen naturforschenden Gesellschaft in Bremgarten am 11. Mai 1879.

### Das Harzsticken, die Harzüberfülle oder der Erdfrebs der Nadelhölzer.

Es gibt wohl wenig Forstleute, die in Fichten- und Tannen- oder Föhrenwäldungen wirthschaften, denen nicht die Krankheit des Erdfrebes bekannt wäre. Unter dieser Bezeichnung versteht man das mehr oder weniger plötzliche Absterben der Fichte, der Weißtanne, der Kiefer, Weimuthskiefer, Schwarzkiefer, Krummholzkiefer, Seestrandskiefer und Lärche in verschiedenen Altersstadien, von etwa 5jährigem Alter an bis — wenigstens bei der Kiefer — über das 100ste Jahr hinaus. Das Absterben ist nach Dr. Rob. Hartig charakterisirt durch reichen Harzausfluß am Wurzelstock und den stärkeren Wurzeln und durch ein unter der Rinde der Wurzeln und des Stockes auftretendes weißes Pilzmyzelium von dem aus schwarzbraune, den Faserwurzeln ähnliche Pilzstränge den Boden durchziehen. Vorweisen der abgestandenen Fichten und Tannen aus einer Kultur von 1871/72 im Gemeindewald von Hilsikon auf landwirthschaftlich benutztem Boden, der früher abgängigen Mittelwald von Laubhölzern getragen hat. Die Krankheit zeigte sich gleichmäßig an Fichten, Weißtannen und Lärchen. In der Regel waren in einer Reihe 1 oder 2 Pflanzen schon völlig dürr und die beidseitigen Nachbarpflanzen, gleichgültig ob gleicher oder verschiedener Holzart, waren meist schon etwas gelb und im Wachsthum still gestanden. So war die Kultur in höchst schädlicher Weise lüdig geworden und ist nicht abzusehen, wann und wie der Sterbet aufhören werde. In andern Lokalitäten unseres Kantons findet sich diese Krankheit ebenfalls, freilich in weniger schädlicher Ausdehnung.

Man suchte diese Krankheit aus einer plötzlichen Stockung der Säfte im Frühjahr, in Folge von Spätfrösten zu erklären und nahm an, die Rinde werde in Folge dessen aufgesprengt und dadurch der Harzausfluß bewirkt. Der Pilz wurde als eine sekundäre Erscheinung in Folge der Fäulniß nicht weiter beachtet. So wenigstens drückten sich Referenten verschiedener deutscher Forstvereine aus, in welchen diese Krankheit schon in den 60er Jahren zur Sprache gebracht wurde. Wir zitiren hier bloß die Verhandlungen des Hils-Solling Forstvereins von 1861 und des Harzer Forstvereins von 1864.

Eine wissenschaftliche und ausreichende Erklärung dieser Krankheit vermochte jedoch erst Dr. K. Hartig in Neustadt-Eberswalde bei Berlin, derzeit Professor an der seit einem Jahr neu gegründeten Forstlehranstalt in München, zu geben, in seinem im Jahr 1874 erschienenen Werke „Wichtige Krankheiten der Waldbäume.“

Wir entnehmen seinen in diesem Werk niedergelegten Beobachtungen folgendes:

Als nächste Krankheitserscheinung erkennt schon das unbewaffnete Auge eine übermäßige Sekretion harziger Säfte darin, daß die Organe, welche zur Bereitung derselben bestimmt sind, an den kranken Pflanzen in ungewöhnlicher Größe und Zahl auftreten. Die großen Harzgefäße der grünen Rinde erreichen einen oft um das 3- bis 4fache größern Durchmesser und sind oft schon an Anschwellungen der Rinde äußerlich zu erkennen.

An denjenigen Stellen des Holzes und des Bastes, welche dem Harzerguß nahe liegen, zeigt sich eine völlige Destruktion und Degeneration der Holz-, Bast- und Cambiumzellen in Folge der Wucherungen zahlloser Pilzfäden, die in Form eines völlig geschlossenen milchweißen Gewebes auftreten, welches die Mycologen allgemein Mycelium nennen. Robert Hartig hat dieses Mycelium, welches er als der Erzeuger der Krankheit erkannte, näher studirt und seine Fruchträger an alten Stöcken von Kiefern und Laubhölzern, namentlich Buchen gefunden. Es ist dies das Mycelium von *Agaricus melleus* oder der Hallimasch, wie ihn die Deutschen nennen.

Das Mycelium des *Agaricus melleus* ist von demjenigen der meisten andern Pilze dadurch unterschieden, daß es in zweierlei Gestalt auftritt. Einmal als strang- oder bandförmiger Pilzkörper mit schwarzbrauner Rinde und sodann in einfacher fadiger Gestalt. Es war dieses Mycelium schon längst bekannt unter dem Namen *Rhizomorpha fragilis* mit seinen beiden Erscheinungsformen *Rh. subtenanea*, die strangartige oder wurzelähnliche schwarze Faser, wie sie zwischen und auf den Fichtenwurzeln zu beobachten ist und die *Rh. subcartialis*, welche bandförmig sich unter der Rinde entwickelt, wie sie am Wurzelstock der Fichten und Tannen zu beobachten ist. Schon der Botaniker Schmitz hat im Jahr 1843 den Pilz unter diesen beiden Erscheinungsformen beschrieben und dargestellt. Freilich war es ihm nicht gelungen, die Fruchträger zu finden und den Zusammenhang mit *Ag. melleus* festzustellen.

Wir werden die Bezeichnungsweise, *Rh. subtenanea* und *subcartialis*, die sehr gut passend ist, beibehalten so lange es sich um das Mycelium

des *Agaricus melleus* handelt. Die fächerförmige, bandartige, hautähnliche Form, die *Rh. subcarticalis*, entsteht aus der *Rh. subtenanea*, sobald sich diese nicht frei entwickeln kann und sie genöthigt ist, unter Rinde oder zwischen Steinplatten sich auszubreiten. Die braune Rinde der *Rh. subcarticalis* ist meist so eng mit der Rinde oder dem Holz verwachsen, daß beim Losreißen die *Rh.* in der Mitte entzwei geht und das blendend weiße Mark derselben zum Vorschein kommt. Unter dem Mikroskop erscheinen die Rhizomorphen als eine Vereinigung einer großen Zahl einzelner Pilzfäden, die in der *Rh. subtenanea* parallel neben einander verlaufen und deren innere Fädenparthie dünnwandig, weiß oder durchsichtig ist, währenddem die peripherischen Fäden dickwandig und braun gefärbt sind, so daß kaum noch im Querschnitt eine Spur des Zelllumens bemerkbar ist.

In der *Rh. subcarticalis* bilden die Hyphen ein netzförmiges Geflecht, aus dem zahlreiche Pilze an den Enden hervorbrechen.

An der Spitze der *Rh. subtenanea*, welche noch wasserhell gefärbt ist, ist selbige von einer 1—3 Millimeter dicken, klebrigen Gallerte umgeben, welche die Hyphen zu schützen bestimmt ist und welche als Haftorgan gute Dienste leistet. Die *Rh.* wächst durch Sprossung und Zelltheilung.

Jedes einzelne Stück und wenn es auch völlig trocken wäre, belebt sich in feuchter Luft, treibt aus der braunen Rinde hervor weiße Fadensbüschel, mit gallertiger Umhüllung, die sich vereinigen zu einer neuen Zweigspitze. Ebenso entstehen aus der bandförmigen *Rh. subcarticalis* solche Zweige durch Sprossung, welche sich an ihren Enden mit einer gallertartigen Masse umgeben. Unmittelbar unter der Spitze der jungen *Rh. subcarticalis* entspringen den Rindehyphen rechtwinklig abstehende Myzelfäden, welche die Gallertschichte durchwachsen und sich mehrfach verzweigen. Diese Fäden dringen in den Bastkörper und die Rinde ein und gelangen vorzugsweise durch die Markstrahlen in das Innere des Holzkörpers. Bei den Nadelhölzern suchen sie vor Allem die Harzkanäle auf, wachsen in diesen schnell aufwärts, und zerstören Zellwände und Inhalt, namentlich die Stärke, so daß nur eine Lücke die Stelle der früheren Zellreihe anzeigt. Ist an einem etwas größeren Wurzelstock das Mycelium des *Ag. melleus*, die *Rh. subcarticalis* in größerer Masse entwickelt, so entsteht Anfangs Oktober der eigentliche Fruchträger, jener hutförmige Pilz oder Schwamm, welcher büschelweise unter der Rinde alter Föhren- und Fichten- oder Laubholzstöcke hervorstößt. Der Fruchträger hat einen weißen Stiel und honigfarbenen Schirm, der sammt dem Stiel dunkel

betupft ist und wurde ohne Zweifel schon von Vielen unter Ihnen im Herbst oder Vorwinter beobachtet.

Auf der Unterseite des Schirmes findet sich mit einem Häutchen überzogen die Hymenialschicht mit zahllosen Sporen oder Samen an den Enden der Fruchthyphen. Wenn sie frisch vom Hut genommen werden, so keimen sie in feuchter Luft schon nach 24 Stunden und geben einer neuen Rhizomorphe fragilis den Ursprung.

#### Lebensweise und Schaden.

Der Pilz, dessen Mycelium und Fruchträger wir soeben besprochen haben, ist unter den größern Arten einer der verbreitetsten in den Waldungen. Er ist im Stande sich von bereits todtm Holze noch Jahrelang zu ernähren und ist in diesem Falle nicht Parasit sondern Saprophyt. Seine parasitische Natur zeigt er nur gegenüber den früher genannten Nadelhölzern, besonders Fichte, Tanne und Lärche.

Besonders häufig fand Hartig den Pilz an Stöcken und Wurzeln der Rothbuche, Hainbuche, Eiche, Birke und Vogelbeere.

Bei all diesen Hölzern sprechen die Umstände dafür, daß der Pilz einen völlig sekundären Charakter trage. Immerhin sind die hier auftretenden Erscheinungen noch einer nähern Prüfung zu unterziehen.

Genauer beobachtet ist nur seine Wirkung auf die Nadelhölzer. Begegnet nämlich im Boden irgend ein Stückchen einer Rhiz. fragilis oder ein Strang derselben einer Wurzel von Fichten, Tannen, Föhren etc., so bohrt sie sich mit ihrer Spitze und den aus derselben hervorbrechenden Hyphen in dieselbe ein, es entsteht im Baste allmählig jenes Gewebe, welches Rh. subcartialis genannt wird. Diese Rh. subc. wächst an der Wurzel weiter aufwärts gegen den Wurzelstock hin, indem sie die Zellwände sprengt, den Zellinhalt umwandelt und den Bast und das Cambium völlig aufzehrt. Am Wurzelstock angelangt, überwächst die Rh. denselben völlig, befällt das Cambium und den Bast der übrigen Wurzeln, um diesen ein gleiches Schicksal zu bereiten. Das Wachsthum der befallenen Holzpflanze hört dann auf, die Nadeln werden gelb und fallen ab und die Pflanze wird ganz dürr. Hartig hatte im Jahr 1872 die Wurzelstöcke einiger Kiefern künstlich infizirt und schon im Monat Mai 1873 starben dieselben mit allen Symptomen der Krankheit gänzlich ab.

Die im Holzkörper und in der Rinde entstehenden, scheinbaren Harzgefäße sind nichts anderes als Lücken im Zellgewebe, welche die Pilzfäden veranlaßt haben. Auch scheint es, daß die chemische Wirkung der Fäden auf den Zellinhalt in einer Ausscheidung von Terpentin besteht, welches dann reichlich die Gewebelücken ausfüllt und auch durch Rinden-

riffe, welche die Pilzwucherung verursacht, an die Luft tritt und dort verharzt. Oberhalb des Wurzelstockes, wo Bast und Cambium noch gesund sind, ergießt sich der Terpentin aus den zerstörten Kanälen des Holzes durch die Markstrahlen in die Rinde und erzeugt dort, sowie auch im Cambium, jene abnormen Terpentinpusteln und Kanäle, welche wir als charakteristisch kennen gelernt haben. In der Regel beginnt im Herbst an den im Laufe des Sommers abgestorbenen Stöcken die Bildung der Fruchtträger und lebt hernach der Pilz noch längere Zeit als Saprophyt fort, bis es ihm gelingt, andere in der Nähe stehende gesunde Stämmchen in einer Wurzel zu erreichen und allmählig ebenfalls zu tödten. Selbstverständlich schreitet die Krankheit in der Richtung der zunächst stehenden Pflanzen fort, so namentlich schreitet sie in der Kultur in Hilsikon, woher die Exemplare, Fichten und Weißtannen stammen, in den Pflanzenreihen fort. Sie hat in einzelnen Reihen bereits 3 und 4 Pflanzen getödtet und 2 oder mehrere Nachbarstämmchen sind bereits angegriffen.

Offenbar rührt die Infektion jener Kultur von den faulenden Laubholzstöcken her, welche früher auf diesem Boden gestanden haben und deren Reste nicht sorgfältig entfernt wurden. Auch an andern Orten, wo diese Krankheit vereinzelt auftritt, mag eine ähnliche Ursache zu Grunde liegen, wenigstens habe ich dies schon mehrfach zu beobachten Gelegenheit gehabt.

#### Abhülfe.

Es ist selbstverständlich, daß man sich auch nach den Mitteln gefragt hat, welche anzuwenden seien, um die mit vielen Kosten und vieler Mühe angelegten jungen Wälder, die bereits ein Jahrzehnt im besten Wachsthum gestanden haben, vor diesem Feinde zu schützen. Wenn die ganze Anlage auch nicht verloren gegeben werden muß, so ist doch eine Krankheit eingezogen, die ohne Zweifel beständig Fortschritte machte und die dem Zweck der Anlage, nämlich Erziehung von Bau- und Nutzholz, sehr zuwider ist.

Bevor man die Natur der Krankheit näher kannte, also vor dem Jahr 1874, glaubte man mit einem sorgfältigen Aushieb der kranken und todten Stämme ausreichen zu können. Seitdem aber R. Hartig die wahre Natur derselben richtig gedeutet hat, sieht man sofort ein, daß nur das sorgfältige und rechtzeitige Entfernen des Infektionsstoffes, nämlich des Mycels, des Hallimasch mit allen holzigen und fauligen Bestandtheilen, das einzige Heilmittel ist.

Es müssen also nicht allein die kranken und dürren Stämmchen, sondern auch alle benachbarten pilzverdächtigen Exemplare sammt allen Wurzeln sorgfältig ausgegraben werden. Um aber dem Pilz ganz los

zu werden, müssen die befallenen Pflanzen verbrannt und so alle organischen Verbindungen gänzlich aufgelöst werden.

Bezügliche Anordnungen habe ich in Silsikon in Auftrag gegeben; mögen dieselben guten Erfolg haben.

### Die Stockröthe, Wurzelfäule oder Rothfäulniß der Fichte.

Es gibt wohl keinen Beruf und kein Gewerbe, das die Erziehung oder Verarbeitung, den Export oder den Import des Fichtenholzes zum Zweck hat, welchem nicht die oben bezeichnete Krankheit eine genau bekannte Erscheinung wäre. Der Forstmann, der Holzhändler, der Schreiner, der Baumeister, alle kennen und scheuen die Krankheitserscheinungen gleich sehr.

Die Literatur über diesen Gegenstand ist äußerst zahlreich und eine Anzahl von Botanikern und Forstleuten haben dieselbe in ihrem Auftreten und ihren Ursachen zu erklären gesucht, ohne daß es gelungen wäre, zu einem befriedigenden Schluß zu kommen. In fast allen mir bekannten Nadelholzbeständen des Aargau's geht alljährlich eine Anzahl Fichten im Alter von 40 bis 100 und mehr Jahren zu Grunde an einer Fäulniß, die bei einer oder mehreren Wurzeln beginnt, gegen den Wurzelstock vorschreitet und den größten Theil desselben und des oberirdischen Stammes in braunrothe faulige Holzmasse umwandelt. Wenn die Fäulniß bis zu einem gewissen Grade vorgeschritten ist, so fängt der Stamm an zu kränkeln, die Nadeln werden kurz und gelb, er wird überwachsen und dorrt ab, wenn er nicht vorher vom Winde geworfen oder vom Borkenkäfer angegangen und in der Folge weggehauen wird.

Leider tritt das Faulen der Stämme in 40—60—80jährigen Fichtenbeständen nicht vereinzelt an Stämmen auf, sondern es entstehen förmliche Fäulnißheerde, in denen 3, 4, 5, 6, 10 und mehr Stämme an einem Fleck successiv zu Grunde gehen und auf diese Art sehr gefährliche Lücken in den Beständen hinterlassen. Kommt dann im Herbst oder Frühjahr bei nassem Boden ein Sturm, so packt derselbe bei diesen Lücken an und vergrößert dieselben derart, daß alle Jahre, auch bei geringern Windströmungen, Windfall entstehen muß. Kommt dann noch etwas Borkenkäfer hinzu, so ist einer Kalamität die Thüre geöffnet, die nicht eher aufhört, als bis der Fichtenwald gänzlich am Boden liegt. Die Anfänge der meisten großen Windfälle sind auf solche Anfangs kleine Lücken zurückzuführen, z. B. in den Gemeindewäldern von Aarau, Laufenburg, Seengen, Dthmarsingen, Roggwyl, Zofingen, Brittnau und vielen andern.

Vom letzten Windfall unseres Kantons Aargau, der sich nach den in meinen Händen liegenden Berichten auf 50,500 Festmeter beläuft, kommt wohl  $\frac{1}{4}$  auf Rechnung solcher Lücken, welche die Rothfäule verursacht hat. Rechnet man den Werth des Festmeters nur zu 15 Fr., so ergibt sich, daß der Sturm in 2 Stunden der Nacht vom 20./21. Februar für  $\frac{3}{4}$  Mill. Franken Holz nur in unserem Kanton geworfen hat.

Nicht nur ist eine Menge werthvollen Holzes gesplittert und gebrochen und kann nicht mehr zu Bauholz verwendet werden, sondern es sind durch den massenhaften Windfall in der ganzen Schweiz die Preise um reichlich 25 bis 30% gesunken, so daß wir den Schaden wohl auf  $\frac{1}{3}$  des Werthes oder 250,000 Fr. veranschlagen können. Indirekt trägt hieran eine wesentliche Schuld die in allen Fichtenwäldern auftretende Krankheit der Stockröthe oder Rothfäule.

Die Forstleute haben lange Zeit geglaubt, die Krankheit habe ihre Ursache in der Beschaffenheit des Bodens und haben derselben, sowie der Erziehungsart des Bestandes eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet und darüber eine Menge Mittheilungen in der Literatur veröffentlicht.

Prof. Willkom in Tharand hat diese Mittheilungen gesammelt und zusammengestellt und da ergiebt es sich nun, daß diese Krankheit auf allen nur erdenklichen Bodenarten, in allen Lagen und auf den verschiedensten geologischen Formationen vorkommt, auf fettem Boden und auf magerem Boden, auf nassem Torfboden, auf Kalkboden und auf trockenem Sandboden, auf flachgründigem und undurchlassendem, auf festem und auf gelockertem Boden, auf gebranntem und auf beweidetem Boden. Es findet sich die Krankheit in trockenen und feuchten Lagen, bei raschem und langsamem Wachsthum, bei starkem Schluß und lichter Stellung, in durchforsteten und undurchforsteten Beständen. Kurz, die Krankheit scheint ganz unabhängig vom Boden, der Lage und dem Klima aufzutreten.

Zuerst hat Theodor Hartig, Professor in Braunschweig, der Vater des Münchener Hartig, im Jahr 1833 darauf aufmerksam gemacht, daß Pilzfäden die steten Begleiter der Rothfäulniß der Fichtenstämme seien. Er glaubte aber, dieselben entstanden durch Umwandlung der Holzfasern während des Fäulnißprozesses und nannte sie Nachtfasern oder *Nyctomyces*.

Nach ihm haben Schacht und Willkom den gleichen Gegenstand studirt und sind der wirklichen Ursache der Krankheit schon weit näher gerückt als alle Früheren. Willkom erklärt in seiner Arbeit: „Die mikroskopischen Feinde des Waldes“, Dresden 1866, die Rothfäule durch die Einwirkungen eines parasitischen Fadenpilzes, den er *Xenodochus ligniperda*



genannt hat. Die Entwicklungsgeschichte dieses Pilzes wird jedoch nicht richtig erkannt und seine einzelnen Erscheinungsformen mit denjenigen anderer Pilze verwechselt. Es ist wiederum das hohe Verdienst des jungen strebsamen und ausgezeichneten Forschers Dr. R. Hartig in München, uns die wahren Vorgänge bei der Rothfäule enthüllt zu haben, in seinem vor einem halben Jahr erschienenen Werk: „Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelhölzer und der Eiche“. Robert Hartig hat die bedeutendsten Fichten- und Föhrendistrikte Norddeutschlands besucht, um die sogenannte Rothfäule zu studiren und in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle gefunden, daß diese Krankheit von einem Pilz erzeugt wird, den er als *Trametes radiziperda* erkannt hat. Dieser Pilz ist aber nicht nur für die Fichte der gefährlichste Feind aus dem Pflanzenreich, sondern auch die Föhre leidet von ihm nicht minder. Auch die Weihmuthsföhre und der Wachholder werden oft zahlreich von ihm getödtet. Wahrscheinlich, sicher ist es nämlich nicht, geht er auch die Weißtanne und die Lerche an.

Den Laubhölzern schadet er nicht; und wenn er sich etwa auf alten Stöcken finden sollte, so ist er doch nicht die Ursache der Fäulniß, sondern er lebt daselbst nur als Saprophyt. Merkwürdigerweise wird unter den Laubhölzern nur der Weißdorn erwiesenermaßen vom *Tr. radiz.* getödtet.

Die Infektionsstellen des *Trametes radiziperda* in Nadelholzwaldungen können daher vortheilhaft mit der Buche, Eiche u. aufgeforstet werden.

Wir geben in Folgendem das Wesentlichste aus dem Buche Hartig's wieder, das uns durch die Güte des Hrn. Prof. Kopp in Zürich zugänglich gemacht wurde.

Rodet man nämlich noch stehende Stämme oder Stöcke rothfauler Fichten aus dem Boden, so findet man im Herbst am Wurzelstock oder an den Wurzeln selbst die schneeweißen sehr verschieden gestalteten Fruchtträger des Parasiten in Form von platten- oder tellerförmigen, etwas verbogenen etagärenförmigen Pilz-Auswüchsen. Die Untersuchung der Wurzeln und des Wurzelstocks ergibt, daß das Holz vollständig verfault und sehr naß ist. Auf der Rinde der Wurzeln sieht man, oft nur spärlich, zuweilen sehr zahlreich, zwischen den Rindenschüppchen gelblichweiße Pilzpolster zum Vorschein kommen, welche die Endigung zarter, weißer Pilzhäute sind, die ganz glatt und papierartig, oft einem Schimmelanflug gleich, unter der Rinde sich entwickelt haben. Diese Pilzpolster sind charakteristisch für den Parasit und nicht zu verwechseln mit der *Rhizomorpha subcartialis* des *Ag. melleus*, welche viel dicker und fester ist und zwischen Holz und Rinde liegt. Geht man über die Infektionsstelle hinaus und rodet

einen anscheinend noch gesunden Baum, so sind in den meisten Fällen eine oder mehrere Wurzeln, welche der Blöße zugewachsen sind, bereits schon angefault, niemals eine solche auf der andern Seite. In der Regel liegt die Infektionsstelle da, wo eine kranke Wurzel der abgestandenen Fichte die noch gesunde Wurzel des Nachbarbaumes berührt hat. Von der Infektionsstelle aus verbreitet sich die Fäulniß gleichmäßig gegen die Wurzelspitze und gegen den Wurzelstock, um an diesem in den Stamm vorzurücken und andere Wurzeln zu erfassen. Bis zum Absterben des Baumes kann die Fäulniß 6—8 Meter oder 25 Fuß im Stamm in die Höhe gehen. Es hängt von der Infektionsstelle, resp. von der Seite ab, von welcher der Pilz herkommt, ob im Stamm die eine Hälfte mehr als die andere angegriffen werde.

Das erste Stadium der Zersetzung äußert sich darin, daß in dem gelblichweißen, gesunden Holz schmutzigviolette Streifen in der Längsrichtung der Fasern oder unregelmäßig geformte Flecke oder Halbringe im Querschnitt auftreten.

Etwa 1—2 Meter unter dieser höchsten Stelle am infizierten Stamm geht die violette Farbe in eine völlig ausgebleichte, helle, gelblichweiße Farbe über, die noch heller ist als die gesunde Holzfarbe. Diese hellen Partien sind eingefast von violetterm Rand, da ja die Krankheit auch in horizontaler Richtung sich ausbreitet.

Die ausgebleichte Farbe geht schnell in eine etwas bräunlichgelbe oder selbst in eine hellbraune Farbe über und treten in dem bräunlichen Grunde zahlreiche, kleine, schwarze Fleckchen auf, die besonders auf der innern Grenze der Jahrringe im Frühjahrsholz zu finden sind.

Viele dieser länglichen schwarzen Flecken verschwinden später wieder ohne Spuren zu hinterlassen. Die größern aber umgeben sich alsbald mit einer weißen Zone und sind diese hellen Flecke mit schwarzer Mitte das beste Kennzeichen dieses Zersetzungsprozesses im Fichtenholze.

Die schwarzen Flecke gehen mit fortschreitender Zersetzung fast sämtlich verloren, doch findet man selbst in völlig zerfaserten und verpilzten Zuständen noch einzelne derselben vor. Die weißen Flecke vergrößern sich, fließen oftmals zusammen, das Frühjahrs Holz jedes Jahrringes verwandelt sich vollständig zu einer weißen lockern Substanz, die zuletzt die gelbliche, noch übrig gebliebene Holzsubstanz überwiegt. Ein solches Holzstück schrumpft dann sehr zusammen und ist federleicht. Gewichtsverlust von 100 auf 56. In nassem Zustande läßt es sich sehr leicht zerfasern und bildet eine Substanz von der Wassercapazität eines Badeschwamms.

Das zersezte Holz ist im Allgemeinen arm an Terpentin und Harz und zwar in Folge davon, daß das Terpentin aus dem zersezten Holz größtentheils entweicht in das noch gesunde Holz und sich in den äußern Jahrringlagen im Innern der Holzfasern und in den Markstrahlen tropfenweis niederschlägt. Es entsteht dadurch oftmals eine so verharzte Partie um das franke Holz herum, daß das Weiterschreiten der Zersezung gegen den Rand sehr verlangsamt wird.

Ist die Fäulniß bis auf wenige Centimeter an die Rinde vorgezungen, so erscheint das äußerste zersezte Holz sehr dunkel gefärbt. In solchen Fällen ergießt sich das Terpentin zwischen Holz und Rinde und durch Risse frei nach Außen und bewirkt einen starken Harzfluß, der ein sicheres Zeichen der Rothfäule ist. Er findet sich mehr am Wurzelumlauf des Stammes auf der Seite, von welcher die Infektion gekommen ist. Haut man hier einen Spahn aus dem Stamm heraus, so stößt man gleich auf rothfaule Stellen.

Wir übergehen hier den botanischen Nachweis über die Entwicklung des Mycel aus den Sporen und über die Entstehung der Fruchtträger aus dem Mycel, weil dieser Prozeß nichts Auffallendes zeigt und analog wie bei andern Pilzen verläuft. Uns interessirt besonders der Zersezungsprozeß des Holzes.

Die Einwirkung der Pilz-Myzelsäden auf das Holz ist eine mechanische, eine chemisch verändernde und eine auflösende, wobei jedoch diese Bezeichnungen nicht wörtlich zu nehmen sind.

Der mechanische Einfluß besteht in der Durchlöcherung der Zellwänden durch die Myzelsäden, die indessen nicht ohne einen Auflösungsprozeß durch die Hyphen Spitze zu denken ist. Die chemische Wirkung besteht in einer Substanzveränderung des Zell-Inhaltes oder der Zellwänden. Die auflösende Wirkung besteht für das Auge im Verschwinden von Substanzen, deren Anwesenheit eben noch konstatiert werden konnte.

Die Pilzhypphen, welche im Holze fortwachsen und zuerst in den gesunden Holzkörper gelangen, senden sich verästelnde Zweige in die Markstrahlen aus; diese wachsen hier weiters fort und verwandeln den Zellinhalt der parenchymatischen Zellen in eine braune Flüssigkeit. Vorzugsweise in den mittlern Markstrahlzellen bräunt sich der Zellschlauch und liefert dadurch den Beweis chemischer Veränderung. Stärkemehl, welches in den Zellen vorhanden ist, wird zunächst von der braunen Flüssigkeit umhüllt und dann aufgelöst.

Dieses Stadium der Zersezung, die erst in den Markstrahlzellen begonnen hat, äußert sich in der violetten Färbung des Holzes. Es

ist Eingangs schon erwähnt worden, daß die Markstrahlzellen reich an stickstoffhaltigem Plasma seien und dies ist für die weitere Entwicklung des Pilzes, zu welcher vorzugsweise stickstoffhaltige Nahrung nothwendig ist, von der höchsten Wichtigkeit. Es entwickeln sich dann auch die Pilzhypphen da am üppigsten, wo sich reichlich Markstrahlflüssigkeit darbietet. Andererseits wird diese auch bald konsumirt und macht die grauviolette Färbung der blaßgelben und bräunlichgelben Färbung Platz.

Es folgt sofort das zweite Hauptstadium mit den zahlreichen braunen Flecken im Frühjahrsholz, dessen spezifisches Gewicht bereits von 0,53 auf 0,33 gesunken ist. Gleichwohl hat die chemische Analyse keine großen Abweichungen in der Zusammensetzung der Holzfaser ergeben. Es sind nämlich

im gesunden Holz:	im kranken Holz:
48,82 C	50,00 C
5,82 H	5,85 H
45,36 O (+ N)	44,16 O (+ N)

Wir müssen daher annehmen, daß unter Aufnahme von O aus der atmosphärischen Luft Kohlensäure und Wasser entstanden und ausgeschieden worden sei. Ähnliche Erscheinungen bei andern Prozessen sprechen entschieden hiefür. Auch ist gerade der Umstand, daß die fauligen Stellen sehr naß sind, ein Beweis für die Wasserausscheidung. Die anatomischen Veränderungen dieses Stadiums bestehen darin, daß die Hyphenäste zahlreiche Bohrlöcher in die Zellenwandungen getrieben haben und zwar ganz ohne Rücksicht auf die vorhandenen Tüpfel. Man trifft oft noch reichliches Mycelium in den Holzzellen, oft aber auch zahlreich durchlöcherzte völlig leere Zellen, in welchen das Mycelium bereits im Wege des Zerfalles verschwunden ist.

Die Pilzhypphen gehen nämlich sehr haushälterisch mit dem Plasma um und lassen selbiges von Zelle zu Zelle hinter der Hyphenspitze folgen, wo es vorzugsweise beim Zerfetzungsprozeß thätig ist. Sind aber einmal die Hyphenzellen von Plasma entleert, so sterben sie bald ab und zerfallen und ihre frühere Gegenwart ist nur noch an den vorhandenen Löchern in der Holzzellenwand zu erkennen. Wenn auch die Holzfaserzellen noch keine wesentliche Veränderung zeigen, so ist doch zweifellos, daß gewisse Stoffe aus deren Wandungen extrahirt sind, indem sie veränderte Farbe und stark verminderte Resistenz und geringeres Gewicht zeigen.

Untersucht man die schwarzen Flecke, so sieht man, daß diese davon herrühren, daß die braune Markstrahlflüssigkeit durch die Löcher in den Wandungen sich in die angrenzenden Holzzellen ergossen hat und selbige

theilweise anfüllt. In diesen Zellen wuchern dann die Pilzhypphen besonders üppig und füllen oftmals dieselben ganz aus. Diese schwarzen Punkte sind daher gewissermaßen als förmliche Myzelnester zu betrachten.

Ist nun einmal die braune Flüssigkeit in diesem Myzelneest aufgezehrt, so übt das Mycel eine äußerst energische Wirkung auf die umgebenden Zellen aus, indem nicht bloß der Zellinhalt, sondern auch die Zellwände nach und nach zersezt werden und für das Auge zu verschwinden anfangen. Die Wände werden erst völlig farblos und erzeugen die blaue oder violette Reaktion einer Zellulose mit Chlorjodzink. Diesem rein farblosen Stadium der Zersezung folgt sofort die gänzliche Auflösung der Zellenwandungen und der Zerfall des Gewebes. Man kann alsdann mit einer Nadel ganze Bündel halbzzerfallene Zellreihen herausnehmen und zuletzt entstehen Hohlräume an Stelle dieser gebleichten Zellmassen.

In weiterer Entfernung von den schwarzbraunen Myzelnestern verläuft der Zersezungsprozeß etwas anders. Dort verbleibt die äußere Zellmembran bis zuletzt skeletartig übrig und hält das Zellgewebe nothdürftig zusammen, währenddem die innern Wände und die Verdickungsschicht verschwinden. Insbesondere ist es die dickwandige Herbstholzschicht, welche lange Widerstand leistet.

Die Holzhändler, denen man Fichtenstämme stehend verkauft, sind sehr wachsam gegen die Rothfäule und lassen sich für den Exporthandel niemals rothfaules Holz einmessen. Wird nämlich nur leicht rothfaules, violett gefärbtes Holz geflößt, wie dies mit  $\frac{3}{4}$  sämtlichen sogenannten Franzosenholzes der Fall ist, so färbt sich dasselbe noch dunkler und wird auf französischen Zimmerplätzen oft ausgeschossen. Selbstverständlich verursacht dies Abzüge am Kaufpreis, die mit Rücksicht auf die hohen Transportkosten doppelt empfindlich sind. Weitauß die meisten Anstände zwischen Käufer und Verkäufer entstehen wegen solchen rothfaulen oder kröppigen Holzes und ich glaube, man sollte eine gewisse Empfindlichkeit den Holzhändlern in Bezug auf diesen Punkt nicht zu leicht übel nehmen.

Das Augenmerk des Waldbesizers muß in erster Linie darauf gerichtet sein, sich vor weiterer Ausbreitung der einmal auftretenden Krankheit zu schützen und von den Wäldern die oft so großartig auftretenden Kalamitäten des Lückigwerdens und dadurch herbeigeführten Windbruches abzuwenden.

Der Umstand nun, daß die Fruchtträger vorzugsweise unterirdisch auftreten und daß daher ihre Sporen nicht so leicht in Luftströmungen gerathen, welche sie weit umher verbreiten, vermindert stark die Gefahr der Infektion durch Sporen. Aber auch die Wurzeln, an denen allein

eine Infektion durch Keimschläuche denkbar ist, sind meistens bedeckt und im Erdreich verborgen, so daß auch deswegen die Infektion durch Sporen auf große Zufälligkeiten verwiesen ist. Am ehesten, sagt Hartig, ist eine Uebertragung der Sporen durch Mäuse, die im Boden haufen, denkbar. In Gegenden aber, wo landwirthschaftliche Zwischennutzung der Fichtenschläge üblich ist, da gestaltet sich nach unserer Ansicht die Chance für Uebertragung der Krankheit durch Sporen auf weitere Distanzen weit günstiger. Durch das Roden der Fichtenstöcke kommen die Sporen in das Luftmeer und schwimmen darin umher bis sie irgendwo zu Boden fallen. Zur Keimung braucht die Spore viele Feuchtigkeit und wachsen die Keimschläuche am leichtesten in nassem Boden aus. Werden auf solchem Fichten gepflanzt und wird zwischen den Reihen der Boden durch landwirthschaftliche Zwischennutzung bis auf die Wurzeln umgewendet, so ist eine Infektion der jungen Fichtenwurzeln durch Pilzsporen außerordentlich nahe gelegt.

Es liegt hierin eine neue, bisher ungekannte Schattenseite landwirthschaftlichen Zwischenbaues, die unseres Erachtens Herrn Dr. Rob. Hartig entgangen ist.

In jüngerem Alter der Fichtenbestände, wo noch ein lebhaftes Längenwachsthum stattfindet und wo jährlich eine große Zahl Stämme dürr wird und der Durchforstung zum Opfer fällt, machen sich einzelne Erkrankungsfälle nicht bemerkbar und wirken nicht schädlich, weil sich die Lücke rasch wieder schließt.

Erst später, nachdem das Längenwachsthum der Stämme beendigt ist und selbige in das samenfähige Alter eintreten, da beginnt der Pilz seine Schädlichkeit zu zeigen, also etwa im 50.—70. Altersjahr.

Die durch ausgewachsene Bäume entstandenen Lücken schließen sich nicht so leicht und die infizirten Wurzeln reichen auf ein weites Gebiet, mit welchem noch zahlreiche gesunde Wurzeln benachbarter Stämme in Verbindung und im Kontakt stehen und hier trägt sich die Krankheit durch das Mycelium direkt auf andere Bäume über. Läßt man der Krankheit vom 70. bis zum 100. Altersjahr freien Lauf, so ist sie während 30 Jahren im Stande, wenn sie an mehreren Orten aufgetreten ist, einen schönen Fichtenwald ganz zu ruiniren. Als wirksamstes Mittel gegen die weitere Ausbreitung der einmal aufgetretenen Krankheit wendet R. Hartig die sogenannten Isolirgräben an. Es sind dies Gräben von 1 bis 2' Tiefe und ebensoviel Breite, welche um eine solche Infektionsstelle herum gezogen und in welchen sämtliche Wurzeln abgeschnitten und weggenommen werden. Dadurch wird die unterirdische Wanderung des Myceliums unterbrochen und die Krankheit lokalisirt. Freilich muß

man die Vorsicht brauchen, nicht bloß die abgestorbenen, sondern auch alle verdächtigen Stämme mittelst Gräben zu isoliren.

Sodann wird es gut sein, die faulen Stöcke und diejenigen der befallenen Stämme in einer Zeit zu roden, wo keine Fruchtträger entwickelt sind, also im Frühjahr, und das Wurzelholz zu verbrennen, um so den Pilz möglichst zu zerstören. Sind aber auf einem Holzschlage zahlreiche rothfaule Stöcke zu bemerken, so werden wir bei seiner Wiederanpflanzung sehr gut thun, nicht bloß Fichten anzubauen, die früher oder später dem *Trametes radiciperda* verfallen müßten, sondern wir werden den Fichten namentlich Laubhölzer beimengen, die vom *Tr. rad.* nicht angesteckt werden, nämlich Buche und Eiche, Hainbuche u. Wir werden dadurch überdies den weitem Vortheil erreichen, daß die Fichten durch die zwischen ihnen wurzelnden Laubhölzer isolirt werden und daher die kranken Fichten möglichst vereinzelt bleiben. Es können sich alsdann keine größern Krankheitsherde bilden und wird das Lüftungwerden und damit die Windgefahr vermieden.

Es widerstehen solche gemischte Bestände überhaupt weit leichter dem Sturm als reine Fichtenbestände, und können auch die Forstinsekten niemals in so verheerender Ausdehnung auftreten, wie wir dies in reinen Fichtenwäldern zu beobachten Gelegenheit haben.

Es reihen sich somit zu den bisher bekannten Gründen für die Wünschbarkeit der Erziehung gemischter Bestände einerseits und der Einschränkung des landwirthschaftlichen Zwischenbaus andererseits neue triftige Motive an, welche sich aus der von Rob. Hartig so schön dargelegten Entstehungsgeschichte der Rothfäulniß herleiten und welche wohl fortan kein Forstmann außer Auge lassen darf.

J. Riniker.

---

## Gesetze und Verordnungen.

---

### Triangulation im eidgenössischen Forstgebiet.

Das eidgenössische Stabsbureau hat unterm 29. April d. J. eine Instruktion für die Triangulation im eidg. Forstgebiet erlassen. Durch dieselbe wird die Wahl der Punkte, die Signalstellung, die Versicherung der Punkte, die Aufstellung des Instrumentes und die Centrirung und das Verfahren bei den Beobachtungen geordnet.