

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 48 (1897)

Heft: 8-9

Artikel: Ueber die Beschädigung der Waldungen durch Hütten- und Steinkohlenrauch

Autor: Hartig, Robert

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-763624>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 01.05.2026

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Journal suisse d'Economie forestière

Organ des Schweizerischen Forstvereins — Organe de la Société des forestiers suisses

48. Jahrgang

August/September 1897

Nr. 8/9

Ueber die Beschädigung der Waldungen durch Hütten- und Steinkohlenrauch.

Von Dr. *Robert Hartig*, Professor an der Universität München.

Es ist bekannt, dass in demselben Masse, in dem der Verbrauch der Stein- und Braunkohle als Heizmaterial zugenommen und die Industrie sich entwickelt hat, die Beschädigungen der Pflanzenwelt durch Rauch sowohl in den Städten als auch in industriereichen Waldgegenden in schreckenerregendem Grade sich vermehrt haben. Die immergrünen Nadelhölzer leiden weitaus mehr als die Laubhölzer, weil letztere im Winter keine Blätter haben, also auch in dieser Jahreszeit nicht beschädigt werden können und weil sie alljährlich frische Blätter bekommen, wogegen die Nadelhölzer auch in der gefährlichsten Zeit, d. h. im Winter, benadelt sind und die längere Lebensdauer der Nadeln die schädlichen Wirkungen anhäuft. Der Winter ist deshalb besonders schädlich, weil Schnee und Reif aus der Luft mit grosser Begierde die schweflige Säure aufsaugen und schliesslich ausserordentlich reich an Schwefelsäure werden. In grösseren, zumal industriereichen Städten ist es kaum noch möglich, Nadelhölzer in den Gärten zu erziehen, zumal dann, wenn die Kohlen reich an Schwefelkies sind. Die zahlreichen Haushaltungskamine, welche zur Winterszeit Steinkohlenrauch in die Luft ausströmen, verhindern selbst in Städten mit geringer Industrie, z. B. in München, das Aufkommen der Nadelhölzer. Im Walde kann ein einziger Kamin durch seinen Rauch auf 3000 Meter Entfernung noch zuwachsschädlich werden und die Spuren des Rauches lassen sich bis auf 10 Kilometer Entfernung an der Benadelung nachweisen.

Es ist bekannt, dass die Russteile selbst unschädlich sind, dass vielmehr die schweflige Säure und die daraus sich entwickelnde Schwefelsäure dem Pflanzenwuchs verderblich werden. In seltenen Fällen wirken auch Chlor- und Salzsäuredämpfe schädlich.

Es ist begreiflich, dass die Beschädigungen des Waldes zu vielfachen Entschädigungsklagen der Waldbesitzer gegen die Industriellen führt. Solche „Rauchprozesse“ sind in der Regel langwierig und kostspielig und führen oft genug nicht zu einer klaren, sichern Entscheidung, weil einerseits die Beweisführung bisher eine sehr schwierige, und andererseits die Feststellung des Schadens mit einiger Zuverlässigkeit fast unmöglich war. Es gibt noch jetzt Forstleute, welche der Meinung sind, dass das Studium der Pflanzenkrankheiten für den Forstmann eine untergeordnete Bedeutung habe und mehr Sache einer speciellen Liebhaberei sei. Es ist somit nicht zu verwundern, dass Forstleute, welche mit den Krankheiten der Waldbäume nicht vertraut sind, kein sachverständiges Urteil darüber abzugeben vermögen, ob eine festgestellte Erkrankung der Bestände dem Rauche, dem Boden, dem Klima, dem Eingriffe von Insekten oder parasitärer Pilze zuzuschreiben ist. Der bedauerlichen Unkenntnis so vieler Forstwirte auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten ist es zuzuschreiben, dass die Entscheidung bei Rauchprozessen bisher fast ausschliesslich dem Urteil der Chemiker überlassen blieb.

Wurde durch die chemische Analyse festgestellt, dass der Schwefelgehalt der Benadelung eines erkrankten Baumes mehr oder weniger den Normalgehalt an Schwefel überstieg, so wurde daraus der Schluss gezogen, dass die Erkrankung aus Rauchbeschädigung abgeleitet werden müsse. Wie hoch der Schaden an Zuwachs sei, konnte selbstverständlich daraus nicht gefolgert werden. Die Untersuchungsmethode war also in Bezug auf die zu entscheidende Frage gewissermassen nur eine qualitative. Ich will hier auf die Bedenken nicht näher eingehen, welche diese chemische Methode im Kreise der Chemiker selbst hervorgerufen hat. Ergibt die Untersuchung *bedeutende* Zunahme des Schwefelgehaltes, so besteht wohl kein Zweifel, dass Schwefelsäure-Vergiftung der Pflanzen vorliegt. Geringere Differenzen an Schwefelgehalt werden bekanntlich auch in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit an ganz gesunden Pflanzen beobachtet.

An Stelle der chemischen Methode habe ich nun zunächst für die Fichte eine sehr einfache Untersuchungsmethode gestellt, durch welche in wenigen Minuten mit absoluter Sicherheit erkannt werden kann, ob eine Schwefelsäure-Vergiftung vorliegt oder nicht. Ich habe nachgewiesen, dass selbst geringe Spuren von schwefliger Säure oder Schwefelsäure bei einer mehr oder weniger grossen Zahl der Fichtennadeln die Schliesszellen des Spaltöffnungsapparates rot färben. Intensivere oder länger andauernde Raucheinwirkungen röten auch das central gelegene Gefässbündel der Nadel. Gelöste Säure dringt auch oft in die Nadelbasis oder in die Nadelspitze durch die Oberhaut in das Innere der Nadel ein und rötet die chlorophyllführenden Zellen derselben.

Intensivere Einwirkungen des Rauches rufen auch bei der Tanne und Kiefer sehr charakteristische Zerstörungen gewisser Gewebe der Nadel hervor, auf deren Beschreibung ich an dieser Stelle nicht eingehen kann.*

Es ist leicht begreiflich, dass solche Nadeln, deren Atmungsorgane getötet und infolge dessen nicht mehr befähigt sind, sich zu öffnen, auch nicht mehr befähigt sind, Kohlensäure aus der Luft aufzunehmen und zu assimilieren. Da sie aber in scheinbar ganz gesundem Zustande noch Jahre lang am Zweige sitzen bleiben, so täuschen sie den Beobachter über den wahren Gesundheitszustand der Bäume. Erst dann, wenn auch die Gefässbündel getötet sind, stirbt die Nadel ab, sobald trockenes Wetter eintritt. Das ist der Grund, weshalb die während des Winters stark geschädigten Nadeln in den Monaten März und April sich bräunen und abfallen.

Es wäre begreiflicherweise ausserordentlich erwünscht gewesen, wenn aus dem Gesundheitszustande der Benadelung ein Rückschluss auf den Zuwachs der Bäume hätte gezogen werden können. Ich habe deshalb aus zahlreichen Rauchgebieten beschädigte Zweige bezogen und aus vier Rauchgebieten eine Mehrzahl von Bäumen fällen lassen, um ihren Zuwachsgang vor und nach Eintritt der Rauchbeschädigung zu untersuchen und den letztjährigen Zuwachs mit dem Prozentsatz der noch gesunden Nadeln zu vergleichen.

* Näheres in: *R. Hartig*. Über die Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf die Gesundheit der Nadelwaldbäume. Mit 1 kolor. Tafel. München. Rieger. 1896.

Diese Untersuchungen haben nun ergeben, dass ein Parallelismus zwischen gesunder Nadelmenge und Zuwachsgrösse *nicht* besteht, infolge dessen bei Ermittlung des Schadens nach wie vor der Zuwachsverlust *direkt* aus der sektionsweisen Zuwachsuntersuchung der Bäume ermittelt werden muss.*

Wenn man den Zuwachsgang der vom Rauch beschädigten Bäume in einer Kurve darstellt, so ergibt sich in jedem Falle, dass in den ersten Jahren nach Beginn der Rauchwirkung eine Schwächung des Zuwachses nicht wahrnehmbar wird, dass dann aber zuerst langsam, später in rapidem Verlaufe der Zuwachs sinkt. Scheinbar wenig beschädigte Bäume, von deren Benadelung noch etwa 40 % der normalen Nadelmenge gesund ist, besitzen nur noch 10 % des Zuwachses, den derselbe Baum vor etwa 20 Jahren besass, bevor der Rauch auf denselben einwirkte.

Diese zunächst auffallende Thatsache erklärt sich nun aus der Betrachtung des Zuwachsganges der Bäume in einfachster Weise.

Aus den von mir schon vor etwa 30 Jahren ausgeführten und veröffentlichten Untersuchungen der Zuwachsgesetze der Waldbäume ist bekannt, dass an einem gut bekronten, gut ernährten und beleuchteten Baume die Grösse des Zuwachses von oben nach unten zunimmt, dass der grösste Massenzuwachs alljährlich am untersten Stammteile angelegt wird; dass also auch die Bewurzelung so reichliche Bildungsstoffe von oben zugeführt bekommt, dass die jüngsten Wurzeln alljährlich sich verlängern, neue Faserwurzeln mit Wurzelhaaren bilden und in neue Bodenschichten mit ungeschwächten Nährstoffvorräten gelangen können. Je mehr ein Baum in der Arbeit seiner Krone beeinträchtigt wird durch Beschattung, Einengung der Krone, Ausästung, Entlaubung, durch Insektenfrass u. s. w., um so mehr leidet in erster Linie der Zuwachs des unteren Baumteiles, da die von der Krone in der Rinde abwärts wandernden Bildungsstoffe unterwegs vom Cambiummantel verbraucht werden, so dass nur ein geringer Teil dieser Stoffe bis zum Wurzelstock und in die Wurzeln gelangt, um hier zu Wachstumsprozessen verbraucht zu werden. Bei sehr unterdrückten Bäumen gelangen überhaupt keine Bildungsstoffe bis zu den Wur-

* cf. R. Hartig. Über den Einfluss des Hütten- und Steinkohlenrauches auf den Zuwachs der Nadelholzbäume. In Forstl. naturw. Zeitschrift von Dr. von Tubeuf. 1897. Februar.

zeln und ich habe schon früher nachgewiesen, dass an solchen Bäumen unten am Stamme überhaupt keine Jahresringbildung mehr erfolgt. Solche Bäume erscheinen nach Ausweis der Jahrringe am Stockabschnitt oft um 10 Jahre jünger, als sie in der That sind. Jede Schwächung der Krone wirkt also am empfindlichsten auf das Wurzelwachstum.

Die Wurzeln wachsen langsamer und bilden keine oder nur kurze neue Wurzelfasern und erzeugen wenige Wurzelhaare. Die von Mycorrhizen bildenden Pilzen besetzten Wurzeln sterben bald ab. Es vermindert sich also jährlich die Oberfläche, welche mineralische Nährstoffe aufzunehmen vermag. Die Wurzeln kommen ferner aus den bereits mehr oder weniger ausgenützten Bodenschichten nur langsam oder gar nicht heraus. Infolge dessen vermindert sich die Nährstoffaufnahme des Wurzelsystems sehr schnell, was wiederum auf die Assimilationsenergie der Krone ungünstig einwirkt. Die Blätter arbeiten infolge geschwächter Nährstoffzufuhr langsamer als zuvor und das hat naturgemäss eine immer mehr abnehmende Zuwachsgrösse des Baumes zur Folge. Der untere Baumteil und die Wurzeln werden hiervon am empfindlichsten betroffen.

Sie bekommen schliesslich gar keine Bildungsstoffe mehr von oben zugeführt und hören ganz auf zu wachsen. Da sie nun keine neuen Wurzelspitzen und Wurzelhaare bilden und da sie nicht mehr in neue, nährstoffreiche Bodenregionen gelangen, so sinkt die Nährstoffaufnahme auf ein Minimum herab. Der Zuwachs der Bäume wird immer kleiner und zieht sich immer mehr nach dem obersten Baumteile, als der Quelle der Bildungstoffproduktion, zurück. Hier werden alljährlich noch Triebe und Blätter erzeugt, die Krone erscheint noch leidlich belaubt, aber jedes Blatt, resp. jede Nadel arbeitet aus Mangel an Mineralstoffen nur mit sehr geschwächter Assimilationsenergie.

Ich habe an ganz gesunden Fichten aus rauchfreien Gegenden ermittelt, wie viel Holz von einer bestimmten Menge von Nadeln jährlich erzeugt wurde, habe dann an Fichten, die durch Nonnenfrass stark beschädigt waren und infolge dessen auch keinen Zuwachs mehr im untern Stammteile seit mehreren Jahren gebildet hatten, das Verhältnis der Holzerzeugung zur Nadelmenge festgestellt und gefunden, dass die Produktionskraft der ganz gesunden Nadeln an den vor fünf Jahren beschädigten Fichten nur noch $\frac{1}{10}$ der

normalen Produktionskraft betrug. Ebenso zeigen die Nadelholzbäume der Rauchgebiete zwar eine noch verhältnismässig gute Benadelung, die aber infolge der Beeinträchtigung des Wurzelwachstums und der Beeinträchtigung der Mineralnährstoffaufnahme nur sehr wenig erarbeitet. Der Zuwachs leidlich gut bekronter Bäume ging bei mehreren untersuchten Fichten und Tannen nur noch bis auf die Mitte des Stammes abwärts.

Daraus folgt ohne Weiteres die Notwendigkeit, bei Ermittlungen des Zuwachsverlustes rauchbeschädigter Bäume das sektionsweise Verfahren anzuwenden, das ich bei allen meinen Untersuchungen anwende; dass also die Ermittlung des Zuwachses aus den Ringbreiten in Brusthöhe zu grossen Täuschungen führen muss.

Von grösstem Interesse ist nun die Beobachtung, dass in Rauchgebieten gerade so, wie in stark durchfressenen Nadelholzbeständen, so z. B. in den von der Nonne geschädigten Fichtenwäldern bei München, wie in den vom Kiefernspanner gelichteten Kiefernwäldern bei Nürnberg, das Absterben scheinbar gesunder Bäume durch Angriffe von parasitären Wurzelpilzen (*Agaricus melleus*) oder von Bockkäfern und Borkenkäfern erfolgt. Ich habe gefunden, dass solche Bäume im Rauchgebiete und im Insektenfrassgebiete, deren Zuwachsthätigkeit im untern Stammteile erloschen ist, eine Prädisposition für parasitäre Tiere und Pilze bekommen.

Es ist leicht zu begreifen, worin diese Angriffsfähigkeit durch Käfer beruht. Bei meinen Blitzuntersuchungen fand ich Weisstannen, die seit mehreren Decennien wiederholt geringe Blitzbeschädigungen in der Rinde erlitten hatten, infolge deren Terpentingeruch von den Bäumen ausging. Dadurch wurden Tausende von Borkenkäfern (*Bostrichus curvidens*) angelockt, bohrten sich durch die Rinde ein und gelangten bis zur Cambiumregion der gesunden in voller Wuchsthätigkeit begriffenen Bäume. Hier fanden sie, dass sie sich getäuscht hatten, kehrten schleunigst um, und verliessen die Bäume wieder, ohne ein Ei abgelegt zu haben. In dem wasserreichen Gewebe des Cambiums und des Jungholzes hätten sie und ihre Brut ersaufen und ersticken müssen, da sie ja keine Luft bekommen hätten. Gelangt dagegen ein Käfer durch die Rinde auf den Holzkörper eines zuwachslosen Baumteiles, so findet er hier einen Luft und Wasser führenden Jahrring, in dem der Käfer und in der Folge dessen Brut leben

und atmen kann. Es kommt zur Brutablage und zum Käferfrass. Daraus erklärt sich der fast unvermeidbare grosse Käferschaden, nach grösseren Raupenbeschädigungen der Nadelholzwaldungen, da die meisten Bäume auch dann, wenn sie sich wieder benadelt haben, doch einige Jahre im untern Baumteil keinen Zuwachs bilden.

Was die Prädisposition der geschädigten Bäume für pilzliche Wurzelparasiten betrifft, so habe ich schon mehrfach nachgewiesen, dass ruhende, d. h. nicht wachsende Gewebe für Angriffe parasitärer Pilze empfänglich sind, während sie im thätigen Zustande von den Pilzfäden nicht angegriffen, resp. getötet werden können. Insbesondere habe ich gezeigt, dass *Agaricus melleus* lebende frische Eichenstöcke angreift und tötet, so lange sich noch keine Ausschlüge gebildet haben. Wenn ein Stock einseitig ausgeschlagen hat, und der *Agaricus melleus* mit seinen Rhizomorphen den Stock auf der andern Seite inficiert hat, so wächst der Pilz nur bis zu dem Teile des Stockes, der in Beziehung zu den neuen Ausschlügen steht, ohne sich auf diesen zu verbreiten.

In der Zuwachslosigkeit der Bewurzelung stark vom Rauch beschädigter Bäume liegt ein Moment, welches die Angriffe der Pilze und Insekten begünstigt.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch zu bemerken, dass alle von wissenschaftlicher Seite kommenden Beiträge zur Kenntnis der Rauchbeschädigungen hoch erwünscht sind. Einwendungen oder Angriffe, die den wissenschaftlich-objektiven Charakter entbehren, können natürlich auf eine Berücksichtigung nicht Anspruch erheben.



Forstliche Reiseskizzen aus dem mittäglichen Frankreich.

Von Dr. *F. Fankhauser*.

V.

Verbauungen und Entwässerungen.

(Mit Abbildung.)

Es würde den Rahmen forstlicher Reiseskizzen weit überschreiten, wenn in denselben der Wildbachverbau, wie er in Frankreich nach dem von General-Forstinspektor *Demontzey* geschaffenen