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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 137 (1986)

Heft: 6

Artikel: Jahrringanalysen und Saugspannungsmessungen in einem Waldbestand des Solothurner Juras

Autor: Kienast, Felix / Buchter, Bernhard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765168

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: 05.12.2025

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

Jahrringanalysen und Saugspannungsmessungen in einem Waldbestand des Solothurner Juras

Von *Felix Kienast* Oxf.: 56:181.3:174.7 Picea
(Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf[1])
und *Bernhard Buchter*
(Institut für Wald- und Holzforschung, Fachbereich Bodenphysik, ETHZ, CH-8092 Zürich[2])

1. Einleitung

Jahrringe dienen traditionellerweise als Datenträger für klimatologische und archäologische Problemstellungen (*Fritts,* 1976). Erst seit relativ kurzer Zeit wird die Jahrringanalyse in grösserem Umfang für ökologische und umweltorientierte Fragen herangezogen (*Parker et al.,* 1974; *Johnson* und *Siccama,* 1983; *Kienast,* 1985 a, b; *Schweingruber et al.,* 1983). Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Frage, ob die Kombination bodenphysikalischer Messungen mit Jahrringanalysen eine verbesserte ökologische Ansprache von Waldbeständen zulässt. Insbesondere sollten die Saugspannungsmessungen, die sich auf relativ wenige Jahre beziehen, in einen grösseren zeitlichen Rahmen gestellt werden. Ähnliche Ansätze sind bereits bei *McClurkin* (1958) und bei *Zahner* und *Donnelly* (1967) zu finden.

2. Material und Methoden

Als Versuchsstandort wurde ein 135jähriger, rund 30 Meter hoher Tannen-Buchenwald ausgewählt (*Abieti-Fagetum typicum, Ellenberg* und *Klötzli,* 1972). Er liegt auf der Nordseite des Weissensteins auf zirka 980 Meter ü.M. (Koordinaten 603 500/234 125, Landeskarte 1:25 000, Blatt 1107). Beim Boden handelt es sich um eine Mull-Rendzina, die sich über dem anstehenden

[1] Zur Zeit Oak Ridge National Laboratory, Environmental Sciences Division, Oak Ridge, TN 37831, USA.

[2] Zur Zeit University of California Davis, Dept. of Land, Air and Water Resources, Davis, CA 95616, USA.

Malmkalk gebildet hat. Der Humushorizont (A_h) ist rund 30 cm mächtig. In zwei getrennten Untersuchungen (*Richard* und *Lüscher,* 1983; *Buchter,* 1984) wurden im Labor verschiedene Bodenparameter bestimmt, so unter anderem die Dichte, Porosität und Korngrössenverteilung sowie Desorptionskurven und Durchlässigkeiten. Von 1979 bis 1983 erfolgten im Feld die Messungen der Niederschläge und der Saugspannungen in verschiedenen Bodentiefen zwischen 5 und 140 cm.

Das für die Bäume unentbehrliche Bodenwasser wird in verschiedene Verwertungsklassen unterteilt. Es wird unter anderem durch die Kapillarkraft gebunden. Je trockener der Boden ist, desto stärker wird diese Kraft (Saugspannung) und desto schlechter wird das Bodenwasser verfügbar. Gemessen wird die Saugspannung mit Unterdruckmanometern, sogenannten Tensiometern (Einheit: cm). Man unterscheidet zwischen leicht, durch die Gravitation entfernbarem Wasser (Saugspannung kleiner als 80 cm), leicht verwertbarem (80 bis 690 cm), schwer verwertbarem (690 bis 15 000 cm) und unverwertbarem Wasser (grösser als 15 000 cm) (Richard und Lüscher, 1983). Je höher die mit den Tensiometern bestimmte Saugspannung ist, desto schwerer verwertbar ist das Bodenwasser. Die Messung der Saugspannung in verschiedenen Bodentiefen ermöglicht Aussagen über den Wasserstress von Waldbäumen. In Zeiten gestörter Wasserzufuhr ist das Wachstum gehemmt, was zu verminderter Zuwachsleistung führen kann.

Für die Jahrringanalysen wurden 11 Fichten (*Picea abies* L. Karst.) mit Zuwachsbohrern angebohrt und mit radiodensitometrischen Methoden untersucht (*Lenz et al.,* 1976). Das Verfahren, das an der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen routinemässig angewendet wird, liefert für jeden Bohrkern ein kontinuierliches Holzdichteprofil. Von jedem Jahrring wurden 5 Parameter digital erfasst, nämlich die maximale Spätholzdichte und die minimale Frühholzdichte sowie die Frühholz-, Spätholz- und Jahrringbreite. Die Einzelradien wurden anschliessend synchronisiert und in einer Mittelkurve (Standortschronologie) zusammengefasst. Multivariate statistische Methoden dienten dazu, die Beziehungen zwischen den Jahrringmessgrössen und den Temperaturen sowie den Niederschlägen der Klimastation Bern herzuleiten.

3. Resultate

3.1 Bodenphysikalische Messungen

Die Resultate der bodenphysikalischen Untersuchungen wurden bereits von Richard und Lüscher (1983) und Buchter (1984) ausführlich beschrieben. Ausser im A_h-Horizont stellten Richard und Lüscher von 1979 bis 1981 keine Wasserversorgungsprobleme fest. Von 1981 bis 1983 wurde nach Buchter

(1984) das leicht verwertbare Wasser nie aufgebraucht. Selbst im niederschlagsarmen Sommer 1983 trifft diese Feststellung zu. Die Saugspannungen erreichten in 10 cm Bodentiefe 1981 rund 250 cm, 1982 450 cm. In grösserer Tiefe blieben sie unter 100 cm. Im trockenen Sommer 1983 wurden höhere Werte erreicht (10 cm Tiefe: 600 cm, 40 cm Tiefe: 275 cm, 70 cm Tiefe: 120 cm). Während der Vegetationsruhe im Winter betrugen die Saugspannungen 10 bis 40 cm.

Zu diesen Ergebnissen ist zu bemerken, dass Richard und Lüschers Messungen teilweise im Einflussbereich von Buchen mit einem minimalen Abstand von 2 bis 3 Metern erfolgten. Buchters Messungen waren nur marginal von Baumwurzeln beeinflusst. Es kann nicht mit Sicherheit angenommen werden, dass die Bäume nie unter Wassermangel gelitten haben. Die Saugspannungsmessungen legen aber den Schluss nahe, dass solche Trockenperioden selten auftreten und nur von kurzer Dauer sind. Die Austrocknungsgefahr ist auch wegen der Nordexposition und der gleichmässig über das Jahr verteilten Niederschläge herabgesetzt. Dazu kommt, dass der Boden trotz grossem Skelettanteil sehr tiefgründig ist, was sich positiv auf das Wasserspeichervermögen auswirkt. Um die Häufigkeit von Trockenstress mit einer anderen, unabhängigen Methode zu überprüfen, wurden Jahrringanalysen herangezogen.

3.2 Jahrringanalysen

Grundsätzlich gilt, dass die kambiale Aktivität in hohen, subalpinen Lagen eng mit den Temperaturen während der Vegetationsperiode gekoppelt ist. Warme, trockene Sommer bewirken in der Regel optimales Zellwand- und Breitenwachstum. In kalten, feuchten Jahren ist das Wachstum dagegen eingeschränkt. In trockenen, tiefen Lagen ist der Niederschlag der wichtigste wachstumslimitierende Faktor. In warmen, trockenen Sommern leiden die Bäume unter Wasserstress; das Zellwand- und Dickenwachstum ist eingeschränkt. Feuchte, kalte Jahre bewirken hingegen optimales Wachstum, da die Temperaturen in dieser Höhenlage normalerweise nicht wachstumslimitierend sind (Kienast, 1985 b).

In der *Abbildung 1* sind die Jahrringchronologien des untersuchten Standortes als Zeitreihen aufgetragen. Die Jahrringsequenzen sind indexiert, das heisst, die altersbedingte Zuwachsreduktion ist ausgeglichen. Für jede Chronologie wurden die «response functions» berechnet und graphisch dargestellt (Fritts, 1976). Es handelt sich dabei um multiple lineare Regressionen zwischen den Jahrringmessgrössen und den monatlichen Temperatur- und Niederschlagswerten der Klimastation Bern. Die Kurven geben an, in welchen Monaten die Temperaturen bzw. die Niederschläge den grössten Einfluss auf das Jahrringwachstum ausüben. Es sind mittlere Beziehungen, die sich auf die Zeitperiode von 1901 bis 1982 beziehen. In einzelnen Jahren können stark abweichende Einflüsse vorhanden sein (Kienast, 1985 b). Vor 1900 erfolgten keine Vergleiche zwischen der Witterung und dem Jahrringwachstum.

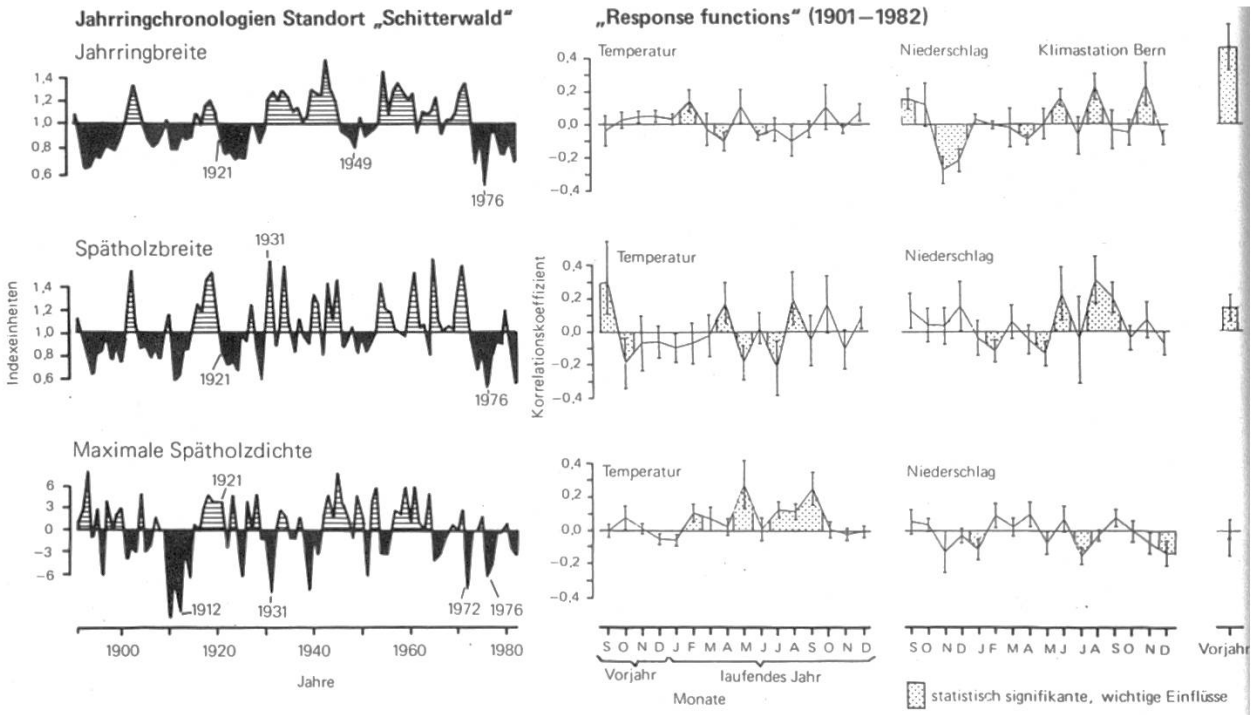

Abbildung 1. Jahrringchronologien des Standortes «Schitterwald» und zugehörige «response functions». Mit der multivariaten statistischen Methode wurden die Einflüsse der Temperaturen und der Niederschläge auf das Jahrringwachstum erfasst (klimatischer Erklärungsgrad der drei «response functions»-Kurven: Jahrringbreite: 40,2 %; Spätholzbreite: 31 %; maximale Spätholzdichte: 40,3 %).

Die «reponse functions» bestätigen, dass es sich bei diesem Standort um einen typischen Waldbestand im Übergangsbereich zwischen der subalpinen und der montanen Vegetationsstufe handelt. Nebst den endogenen Faktoren wird die maximale Dichte im Mittel überwiegend von den Sommertemperaturen geprägt, verhält sich also sehr ähnlich wie an subalpinen Standorten. Die Niederschläge haben praktisch keinen Einfluss auf die maximale Dichte, so dass aus dieser Messgrösse nur wenig über allfälligen Wasserstress ausgesagt werden kann. Demgegenüber wird die Spätholz- und Jahrringbreite überwiegend von den Niederschlägen limitiert, ähnlich wie an trockenen, collinen Standorten. Aus diesen Kurven lassen sich allfällige Trockenperioden ableiten. Die Kombination der drei Jahrringparameter kann in einzelnen Jahren wertvolle Informationen über die Witterungsbeeinflussung liefern. So wurde zum Beispiel die maximale Spätholzdichte im Kältejahr 1931 wegen der tiefen Sommertemperaturen eingeschränkt, während die reichlichen Niederschläge die Jahrring- und die Spätholzbreite positiv beeinflussten.

Die Breitenchronologien zeigen, dass in diesem Jahrhundert etwa vier stärkere Depressionsphasen auftraten, die auf Trockenperioden zurückzuführen sind. Der Trockenheitsstress war aber nur in sehr wenigen Fällen gross genug, um auch die maximale Dichte negativ zu beeinflussen (zum Beispiel 1976). Kälteperioden reduzierten das Breitenwachstum vermutlich nie, hin-

gegen wurde die maximale Spätholzdichte relativ häufig von tiefen Sommertemperaturen eingeschränkt. Die Gefahr von Trockenstress wird übereinstimmend mit den Saugspannungsmessungen im Boden als gering bis mässig eingestuft, da lediglich die extremsten Trockenperioden des Jahrhunderts zu eingeschränktem Wachstum führten. Da das Breitenwachstum aber relativ stark autokorreliert ist (grosser Vorjahreseinfluss), wirkten sich solche Extremjahre relativ lange wachstumshemmend aus.

Die Jahre, in denen Saugspannungsmessungen erfolgten, liegen in einer allgemeinen Depressionsphase, die 1974 begann. Alle drei Jahrringmessgrössen weisen unterdurchschnittliche Werte auf. Wahrscheinlich ist der Einbruch bei den Breitenparametern auf die Trockenjahre 1974 und 1976 zurückzuführen. Auf Grund der Witterungsdaten der Klimastation Bern weisen beide Jahre grosse Niederschlagsdefizite auf (1974: drittes Quartal; 1976: erstes und zweites Quartal sowie August). Der Einbruch bei der maximalen Dichte ist auf das kalte Jahr 1972 und auf das Trockenjahr 1976 zurückzuführen. Die maximale Dichte und die Spätholzbreite erreichen 1980 wieder das alte Wuchsniveau. Auch die Jahrringbreite steigt nach 1976 wieder an, ohne aber das alte Niveau zu erreichen. Der aufsteigende Trend ist mindestens bei der Jahrring- und Spätholzbreite auf die nach 1976 erhöhten Niederschläge zurückzuführen. In den Jahren 1979 und 1980 traten gemäss den Saugspannungsmessungen keine Perioden mit Wasserstress auf. Der Kurvenanstieg, der bis in diese Jahre beobachtet werden kann, bestätigt die Aussage. Bei den Breitenkurven zeichnet sich in den Jahren 1981 und ausgeprägt 1982 erneut eine unterdurchschnittliche Periode ab. Beide Jahre waren gemäss Quantilstatistik (*Uttinger,* 1966) nasse Jahre. Dennoch regnete es 1982 fast 100 mm weniger als 1981. Auch wenn in beiden Jahren das leicht verwertbare Wasser nicht aufgebraucht wurde, traten doch 1982 häufiger höhere Saugspannungen auf als 1981 (zum Teil bis 450 cm). Nach *Greminger* (1984) geht die Evaporationsrate bei Saugspannungen ab etwa 200 cm merklich zurück, nach *Item* (1981) bereits bei 20 bis 50 cm. Man kann daher annehmen, dass im Jahr 1982 die Wasserversorgung nicht mehr optimal war, was offenbar zu vermindertem Breitenzuwachs führte.

4. Folgerungen und Diskussion

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass sich bodenphysikalische Messungen und Jahrringanalysen sinnvoll ergänzen. Beide Methoden ergeben eine ähnliche Standortsbeurteilung und die Kombination der beiden Verfahren erlaubt eine verbesserte Analyse der wachstumslimitierenden Faktoren. Nachteilig wirkt sich am untersuchten Standort aus, dass nur die Jahrring- und Spätholzbreiten klare Niederschlagsinformationen zulassen. Da diese im Gegensatz zur maximalen Dichte stark autokorreliert sind, wirken sich extreme Witte-

rungsereignisse oft über mehrere Folgejahre wachstumshemmend aus. Nach solchen Ereignissen können daher immer noch unterdurchschnittliche Werte gemessen werden, obwohl der Baum schon längere Zeit nicht mehr unter Stress steht. Die teilweise unklaren Aussagen zwischen den Jahrringbreitenkurven und den Saugspannungsmessungen nach 1979 könnten auf die erwähnte Tatsache zurückzuführen sein. Störend mag sich auch der Umstand auswirken, dass als Folge der Verjüngungshiebe besonders in den Jahren 1981 und 1982 Windwürfe auftraten, die die Fichten unter Umständen zusammen mit der zunehmenden Luftverschmutzung zusätzlich schwächten.

Résumé

Analyse des cernes et mesure de la tension capillaire d'un peuplement forestier du Jura soleurois

On a étudié l'accroissement de l'épicéa (*Picea abies* L. Karst.) à l'aide de la méthode radiodensitométrique, dans une placette dont les tensions capillaires du sol avaient été analysées. La forêt de hêtre et de sapin est exposée au nord et repose sur du Malm. Les mesures de la tension capillaire s'étendent de 1979 à 1983, les analyses des cernes de 1890 à 1982.

Les mesures des tensions capillaires ne furent faites que pendant peu d'années. Elles ont été mises en relation avec les variations de l'accroissement, grâce à l'analyse des cernes. Les deux méthodes donnent des résultats comparables pour l'appréciation des propriétés de la station. Le danger d'un stress causé par la sécheresse peut être estimé comme faible à modéré. Au cours de ce siècle, on a pu déceler quatres périodes de sécheresse qui eurent une influence sur l'activité cambiale en réduisant l'accroissement. La sécheresse n'eut un effet qu'en 1976 sur la densité maximale du bois final qui, dans de telle station, ne dépend que de la température. Traduction: *O. Lenz*

Literatur

Buchter, B., 1984: Untersuchung des Wasserhaushaltes in einem inhomogenen, anisotropen Sickersystem, dargestellt an einem Rendzina-Boden. Diss. Nr. 7682 ETH Zürich, 195 S.

Ellenberg, H., Klötzli, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes., Mitt. *48*, 4: 589–930.

Fritts, H.C., 1976: Tree rings and climate. 567 S., London, Academic Press.

Greminger, P., 1984: Physikalisch-ökologische Standortsuntersuchung über den Wasserhaushalt im offenen Sickersystem Boden unter Vegetation am Hang. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. *60*, 2: 151–301.

Item, H., 1981: Ein Wasserhaushaltsmodell für Wald und Wiese. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. *57*, 1: 3–82.

Johnson, A. H., Siccama, T.G., 1983: Acid deposition and forest decline. Environmental Science and Technology 17: 294A–305A.

Kienast, F., 1985 a: Tree ring analysis, forest damage and air pollution in the Swiss Rhone valley. Land Use Policy , *2*, 1: 74–77.

Kienast, F., 1985 b: Dendroökologische Untersuchungen an Höhenprofilen aus verschiedenen Klimabereichen. Diss. Univ. Zürich. 132 S.

Lenz, O., Schär, E., Schweingruber, F.H., 1976: Methodische Probleme bei der radiographisch-densitometrischen Bestimmung der Dichte und der Jahrringbreiten von Holz. Holzforschung 30: 114–123.

McClurkin, D:C:, 1958: Soil moisture content and shorleaf pine radial growth in north Mississippi. Forest Sci. 4: 232–238.

Parker, M.L., Bunce, H.W.F., Smith, J.H.G., 1974: The use of X-ray densitometry to measure the effects of air pollution on tree growth near Kitimat, B.C. IUFRO proceedings 15.-18.10.1974, Tschechoslowakei. S, 185–204.

Richard, F., Lüscher, P., 1983: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Band 3. Sonderserie Eidg. Anst. forstl. Versuchswes. 8903 Birmensdorf.

Schweingruber, F.H., Kontic, R. Winkler-Seifert, A., 1983: Eine jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 253: 29 S.

Uttinger, H., 1966: Klimatologie der Schweiz, Niederschlag, 4. Teil, Veränderlichkeit der Niederschlagsmengen. Ann. d. schweiz. meteorol. Zent.- Anst., Heft Nr. 6,E: 125–170.

Zahner, R., Donnelly, J.R., 1967: Refining correlations of water deficits and radial growth in young red pine. Ecology *48*,4: 525–530.