



Geofakten 16

■ **Boden, Wasser**

Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die forstliche Nutzung

Teil 2: Forstliches Beweissicherungsverfahren

3. Auflage

Hillmann, M., Meesenburg, H., Raissi, F. & Worbes, M.

unter Mitarbeit von Böttcher, A., Guericke, M., Haas, W., Haase, H., Pinz, K., Winkelmann, L., Krieger, K.-H., Müller, U. & Rosenberg, A.

September 2009

Forstliche Beweissicherungsverfahren müssen geeignet sein, mögliche Beeinträchtigungen wie Zuwachsverluste von Waldbeständen infolge von Grundwasserentnahme zu dokumentieren und gerichtsfest nachzuweisen. Sie bilden die Grundlage, auf der ein Schaden bewertet und ausgeglichen werden kann.

Verfahren, Diskussion, Darstellung, Referenzflächenverfahren, dendrochronologische Untersuchung, Bioindikation, Ertragsminderung, Schadensabschätzung.

1. Einleitung

Über Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf das Waldwachstum liegt zahlreiche Literatur vor (ALTHERR 1972a, b; LEHMANN, RIEBELING & ASTHALTER 1981; BRECHTEL & LEHNARDT 1982; PREUHSLER 1986; MULL 1987; BENECKE 1988; PRETZSCH & KÖLBEL 1988; RENGER, WESSOLEK & RIEK 1996; MÜLLER & RAISSI 2002; HILLMANN et al. 2009).

Der Einfluss von Grundwasserabsenkungen auf das Wachstum ist für Waldkiefern in Süddeutschland sowie für eine Reihe von Waldbeständen in der norddeutschen Tiefebene belegt (Zusammenfassung bei WORBES & HILLMANN 2001). Untersuchungen von LÜHRTE (1987) in der Nähe von Hannover lassen einen Einfluss von Grundwasserabsenkungen auf Eichenbestände vermuten.

Bisherige Beweissicherungen bedienen sich unterschiedlicher Methoden zur Beurteilung der Wachstumssituation. Die Vereinheitlichung der Vorgehensweise wird angestrebt.

Mit Hilfe forstlicher Beweissicherungsverfahren soll geprüft werden, ob Zuwachs- oder Vitalitätsverluste sowohl zeitlich als auch räumlich ursächlich auf die Entnahme von Grundwasser zurückgeführt werden können. Entsprechend dieser Fragestellung sind die Wachstumsverläufe von Bäumen auf potenziell beeinflussten Standorten vor und nach einer Grundwasserentnahme sowie im Vergleich mit Waldbeständen auf nicht beeinflussten Standorten, d. h. auf

Flächen außerhalb des Absenkungstrichters, hinsichtlich signifikanter Zuwachsunterschiede zu analysieren.

Die waldwachstumskundlichen Methoden im Rahmen forstlicher Beweissicherungsverfahren sind den Verfahren der Bioindikation zuzuordnen. Für den Fall, dass Beweissicherungsverfahren erst nach mehrjähriger Grundwasserentnahme begonnen werden, sind „retrospektive“ dendrochronologische Wachstumsanalysen zielführend und daher empfehlenswert. Im Rahmen „begleitender Beweissicherungsverfahren“, d. h. im zeitlichen Vorlauf geplanter Grundwasserentnahmen, spätestens jedoch mit Beginn der Grundwasserentnahme, können Beweissicherungsverfahren hingegen auch auf der Anlage und periodischen Aufnahme repräsentativer Vergleichsflächenpaare (Weiserflächenpaare) beruhen. In diesem Fall basiert die forstliche Beweissicherung auf dem längerfristigen Monitoring ganzer Waldbestände. Verfahren, die ausschließlich auf der Vitalitätsbeurteilung von Baumkronen basieren, sind für eine quantifizierende Schadensbewertung ungeeignet.

1.1 Auswahl der Stichproben

Sowohl bei der Auswahl von Weiserflächen als auch von Einzelbäumen im Rahmen dendrochronologischer Untersuchungen ist der räumliche Bezug, d. h. die Referenz zwischen Flächen, die durch eine Grundwasserentnahme „potenziell“ beeinflusst werden, und nicht be-

troffenen Flächen sicherzustellen. Wichtigste Grundlage für die Auswahl der Stichproben sind daher die hydrogeologischen und bodenkundlichen Voruntersuchungen (s. Teil 1, Geofakten 15, HILLMANN et al. 2009).

Das Zuwachsverhalten von Bäumen wird von zahlreichen Faktoren, wie z. B. dem Alter, der individuellen Konkurrenzsituation sowie dem Wasser- und Nährstoffangebot beeinflusst. Daher ist es für Beweissicherungsverfahren von größter Bedeutung, dass die Ausgangszustände der Vergleichspaare sich nicht wesentlich unterscheiden, d. h. die Homogenität der Datengrundlage gewährleistet ist. Diese Anforderung bezieht sich insbesondere auf:

- standörtliche Verhältnisse,
- räumliche Nähe, jedoch innerhalb bzw. außerhalb des potenziellen Absenkungstrichters,
- Bestandesentstehung und –geschichte,
- bisherige Bestandesbehandlung,
- Alter,
- Bestandeszusammensetzung und Struktur (Mischungsform und Baumartenanteile),
- Vitalität zum Zeitpunkt der Beprobung bzw. Weiserflächenanlage.

1.2 Weiserflächen

Weiserflächen sind repräsentative Flächenpaare auf den durch Grundwasserentnahme potenziell beeinflussten bzw. unbeeinflussten Standorten, die über einen längeren Zeitraum von mindestens zehn Jahren waldwachstumskundlich beobachtet werden. Die Anlage von Weiserflächenpaaren dient einer umfassenden und eindeutigen Dokumentation der Waldentwicklung ohne bzw. mit dem Einfluss einer Grundwasserabsenkung. Periodische Wiederholungsaufnahmen ermöglichen Aussagen zum Zuwachsverhalten sowohl von Einzelbäumen als auch von ganzen Waldbeständen. Das Monitoring liefert zudem wichtige Zusatzinformationen über die Bestandesbehandlung (Durchforstung), die Bestandesdynamik (Strukturveränderungen) sowie die Vitalitätsentwicklung. Dies erfordert einen vergleichsweise hohen Aufwand bei der Einrichtung sowie bei der Betreuung der Weiserflächenpaare.

Um die langfristige Beobachtung von Weiserflächen sicherzustellen, ist bei der Anlage der Flächen auf ausreichende Mindestgrößen zwischen mindestens 0,3 ha, besser 0,5 ha je Ein-

zelfläche zu achten. Nach der Erstaufnahme haben sich ertragskundliche Folgeaufnahmen in fünfjährigen Aufnahmeintervallen bewährt.

1.2.1 Datenaufnahme

Als Grundlage für eine umfassende Dokumentation des Ausgangszustandes sowie zur Sicherstellung der Wiederholungsaufnahmen sind im Rahmen der Einrichtung und Erstaufnahme von Weiserflächen die Grenzen einzumessen und die Eckpunkte dauerhaft zu markieren. Die Einzelbäume sind nach Baumart und sozialer Stellung (Kraft'sche Baumklassen) anzusprechen und dauerhaft mit Baumnummer und Messkreuz (1,3 m Höhe) zu kennzeichnen. Der Brusthöhendurchmesser (BHD = 1,3 m) ist im Rahmen einer Vollaufnahme auf Millimeter genau zu erfassen. Höhen- und Kronenansatzmessungen erfolgen auf Dezimeter genau, wobei je nach Stammzahl entweder Vollaufnahmen oder Messungen an repräsentativen Teilkollektiven (je Baumart 30–50 Probanden) durchzuführen sind. Die Kronenvitalität ist in Anlehnung an den Aufnahmeschlüssel der bundesweiten Waldzustandserhebung (WZE) anzusprechen (NFV 2003). Ergänzende Aufnahmen können in Form zusätzlicher Kronenparameter (z. B. Kronenbreite) oder der Stammfußkoordinaten zweckmäßig sein.

Im Rahmen der fünfjährigen Folgeaufnahmen sind in jedem Fall die Brusthöhendurchmesser und Baumhöhen erneut aufzunehmen. Die Nummerierung ist zu kontrollieren und ggf. zu erneuern. Die soziale Stellung des Einzelbaumes ist zu überprüfen sowie die Kronenansprache zu wiederholen. Wiederholungsmessungen des Kronenansatzes sowie zusätzlicher Kronenparameter sind hingegen i. d. R. lediglich in zehnjährigen Aufnahmeperioden erforderlich.¹

1.2.2 Datenmanagement und Datenanalyse

Die langfristige Sicherung der Daten der Erstaufnahme und der Folgeaufnahmen ist in einer Datenbank zu gewährleisten. Eine Dokumentation, speziell der vergebenen Schlüsselziffern (z. B. zur Kronenvitalität oder der sozialen Stellung), ist anzulegen und fortzuschreiben.

Im Rahmen der Datenanalyse sind die Standards (DESER-Norm) der Sektion Ertragskunde

¹ Rückfragen im Zusammenhang mit der Einrichtung von Weiserflächen können an die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, gerichtet werden.

im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten zu beachten (JOHANN 1993). Zuwachsanalysen können sowohl für ganze Waldbestände als auch für Einzelbäume durchgeführt werden. Spezielle Hinweise für die Auswertung vergleichbarer Datensätze finden sich u. a. bei NAGEL (1999) und PRETZSCH (2002).

1.3 Dendrochronologie

1.3.1 Grundprinzipien der Dendrochronologie

Der Zuwachs eines Baumes ist in Abhängigkeit schwankender Einflussfaktoren von Jahr zu Jahr verschieden. An einem Standort wirken sie aber ähnlich zwischen Bäumen einer Art. Dadurch ergeben sich standortstypische und artspezifische Jahringbreitenmuster, die einen Spiegel der Wachstumsfaktoren darstellen und als Speicher der Wuchsbedingungen vergangener Jahre dienen. Die Dendrochronologie stellt somit eine klassische Form der Bioindikation für langfristig zurückreichende Untersuchungen dar.

Da eine Vielzahl von äußeren Faktoren auf das Wachstum einwirkt, ist es notwendig, diese Einflüsse voneinander getrennt darzustellen. Die Identifizierung einzelner Einflussfaktoren ist die wesentliche Aufgabe der Dendrochronologie und setzt sowohl ein schlüssiges Probenahmekonzept als auch entsprechende methodische Werkzeuge voraus.

1.3.2 Probenahmekonzept

Für die Auswahl der Stichprobe gelten die unter Kapitel 1.1 getroffenen Aussagen. Als geeignete Bioindikatoren gelten solche, die gegenüber Stressfaktoren die höchste Reaktionsfähigkeit oder Sensitivität aufweisen. Es konnte gezeigt werden, dass sich vor allem bedrängte und somit unter natürlichem Stress stehende Bäume des Unterstandes als die sensitivsten Bioindikatoren erweisen (WORBES & HILLMANN 2001). Die sehr geringen Zuwächse dieses Kollektivs erfordern besondere Sorgfalt bei der Analyse, Auswertung und Interpretation der Kausalkette. Für die Aufstellung einer Bestandeschronologie zur Beschreibung der Klimaeinflüsse und zur Quantifizierung monetär bewertbarer Zuwachseinbußen müssen dagegen Bäume des Oberstandes mit geringem Konkurrenzeinfluss beprobt werden. Wenn mehrere Baumarten auf betroffenen Flächen zu finden sind, sollten möglichst alle wirtschaftlich relevanten Baumarten,

mindestens aber die von diesen am sensitivsten, d. h. die auf Trockenheit am empfindlichsten reagierenden, in die Untersuchung mit einbezogen werden.

Entsprechend den üblichen Probenahmeverfahren (SCHWEINGRUBER 1983) können die Proben mit einem Zuwachsbohrer verletzungsfrei entnommen werden, die Bohrlöcher sollten dann verschlossen werden. Die Zahl der Proben richtet sich nach den zu bearbeitenden Fragestellungen und sollte etwa für die Aufstellung einer klimarobusten Chronologie bei mindestens zwölf Individuen pro Baumart liegen.

1.3.3 Datenaufnahme und Bearbeitung

Die Breite der Jahresringe wird mit einem Jahringmessgerät mit einer Genauigkeit von einem Hundertstel Millimeter vermessen. Die Daten der einzelnen Kurven werden nach den in der Dendrochronologie üblichen Testverfahren auf Plausibilität geprüft. Besonders zu beachten ist in diesem Zusammenhang das Problem des Ausfalls von einzelnen Jahringen (ATHARI 1981). Erfolgreich datierte Kurven können dann zu Bestandes- bzw. Regionalchronologien zusammengefasst werden. Je mehr einzelne Baumkurven in die Regionalkurve einfließen, desto stärker wird das Klimasignal gegenüber individuellen Wachstumseinflüssen hervorgehoben.

1.3.4 Interpretation der Zuwachskurven

Die Wachstumskurven eines jeden Baumes bzw. die kombinierten Wachstumskurven einer Baumgruppe speichern verschiedene Informationen, die sich z. T. durch statistische Verfahren voneinander trennen lassen:

1. **Klimainformationen:** Die Schwankungen der Wachstumskurven von Jahr zu Jahr können auf wechselnde Klimabedingungen zurückgeführt werden. Für die Durchführung dieser Berechnungen ist es unabdingbar, zunächst eine Indexierung zur Eliminierung des Alterstrends der Zuwachskurven durchzuführen, um die Zuwachswerte mit den Klimawerten vergleichen zu können (Abb. 1). Die Klimaanalyse beschreibt u. a. die unterschiedliche Reaktion von Baumarten auf Trockenstress. Dadurch lassen sich baumartenspezifische Unterschiede in der Reaktion auf Grundwasserabsenkungen erklären.

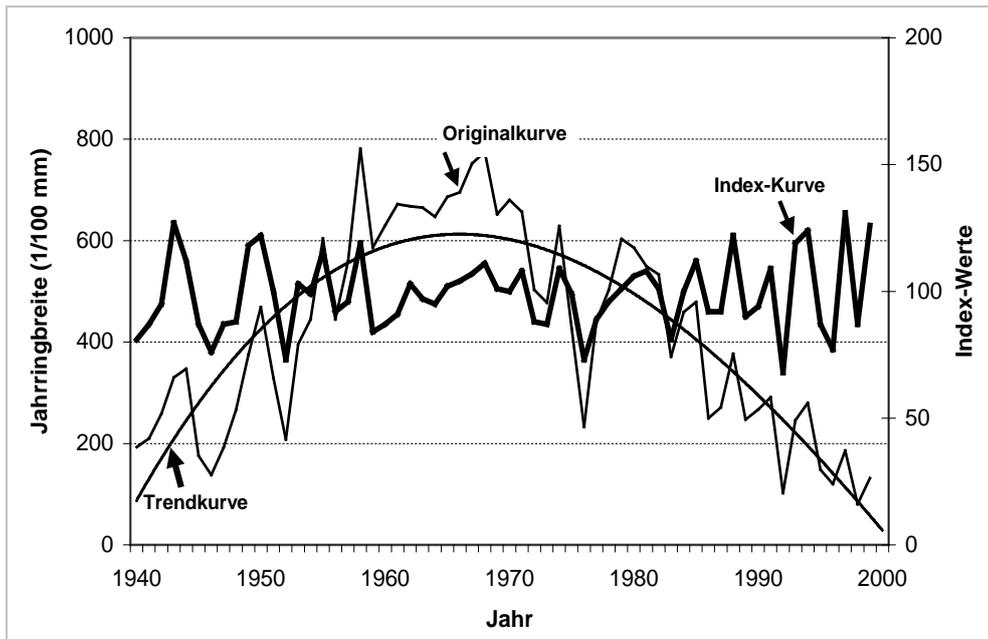


Abb. 1: Darstellung von Originaldaten, einer dazugehörigen Trendkurve (hier eine polynomische Ausgleichskurve 2. Ordnung) und der indextierten Kurve, deren Werte um den Mittelwert 100 normalverteilt sind. Die Trendkurve zeigt die langfristige Wachstumsentwicklung, wie z. B. zunehmende Lichtkonkurrenz, die Indexkurve zeigt die Schwankungen von Jahr zu Jahr, die in erster Linie klimainduziert sind. Man beachte, dass die jährlichen Schwankungen in Original- und Trendkurve identisch verlaufen (WORBES 2004).

2. Konkurrenzeinflüsse: Langfristige und allmähliche Zuwachsrückgänge sind zunehmendem Konkurrenzdruck in reifenden Beständen zuzurechnen. Plötzliche und starke Zuwachsgewinne können durch Freistellungen und Minderungen der Konkurrenzsituation hervorgerufen werden (Abb. 2).

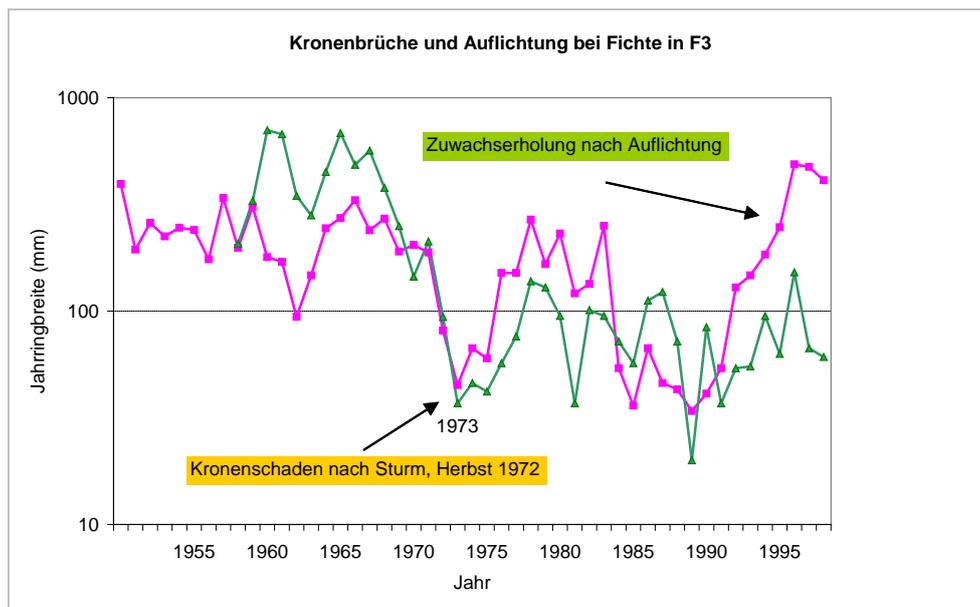


Abb. 2: Reaktion auf Kronenbruch und Auflichtungen bei einzelnen Fichten, die bei einem Sturm in Oktober 1972 Teile ihrer Krone verloren haben. Einer der Bäume konnte seine Zuwächse in den letzten zehn Jahren vor der Untersuchung wieder steigern (WORBES & HILLMANN 2001).

3. **Abrupte Zuwachsverluste** (Abb. 3) haben ihre Ursache in katastrophenartig auftretenden äußeren, biotischen oder anthropogenen Einflussfaktoren. Bekannteste Beispiele sind die abrupten Zuwachsreduktionen bei Nadelbäumen der Hochlagen als Folge von Schadstoffeinträgen aus der Luft (SCHWEINGRUBER 1986, WORBES, BONN & RIEMER 1995) sowie biotischen oder extremen klimatischen Ereignissen (Trockenperioden,

z. B. 1975/76, Kronenbrüche durch Sturm- einwirkung), denen nur in seltenen Fällen Zuwachserholungen folgen. Periodische, meist nur kurze Zeit (für ein Jahr) andauernde Zuwachseinbrüche werden durch Schadinsekten hervorgerufen, die in einer laufenden Vegetationsperiode große Teile des Blattwerkes vernichten können. Auch periodisch auftretende Saatgutmasten können zu abrupten Zuwachsverlusten führen.

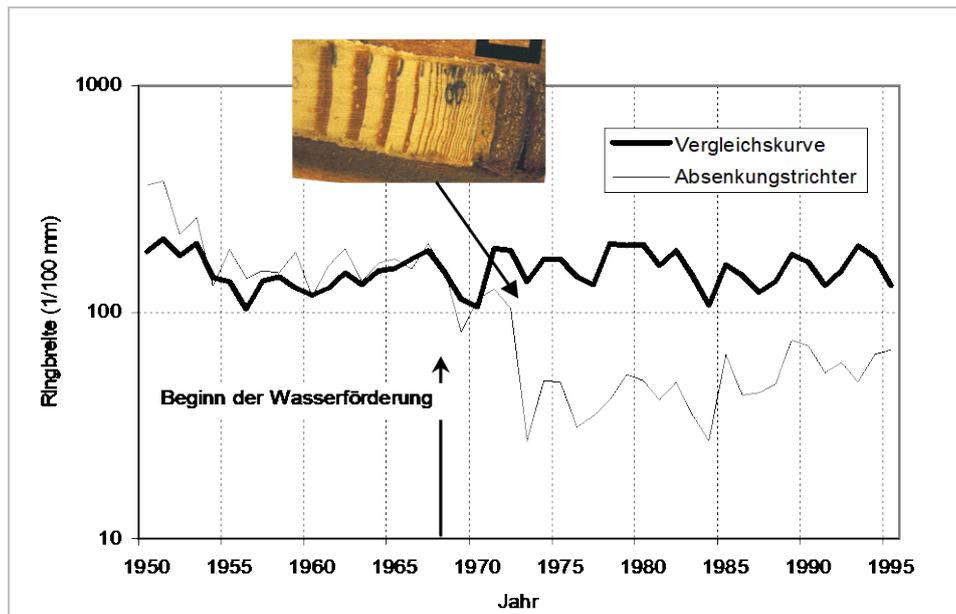


Abb. 3: Beispiel für abrupte Zuwachsreduktion von Unterstandsbäumen (= Absenkungstrichter) in einem Wasserentnahmegerbiet in Norddeutschland (aus WORBES & HILLMANN (2001), verändert). Die Bäume aus dem Unterstand reagieren auf den Beginn der Wasserförderung, die in der Nähe der Brunnenreihe von deutlichen Absenkungen des Grundwassers um mehrere Meter begleitet ist. Zum Vergleich der Verlauf einer Vergleichskurve, die von nicht beeinflussten Bäumen gebildet wurde.

Der Merkmalsgruppe „abrupte Zuwachsverluste“ ist auch der Einfluss von plötzlichen Grundwasserabsenkungen zuzurechnen, der sich von anderen möglichen Einflussfaktoren durch zeitliche und räumliche Zuordnungen differenzieren lässt. Das bedeutet konkret: Ein beobachteter Zuwachsrückgang sollte für den Nachweis einer Grundwasserabsenkung die folgenden Merkmale aufweisen:

- Er muss zeitlich im engen Zusammenhang mit der Absenkung stehen.
- Er darf ausschließlich im Absenkungstrichter der Förderanlage auftreten. Normalerweise sollte sich ein Zusammenhang zwischen Zuwachsrückgang und Auswirkungsgrad der Grundwasserentnahme ergeben.
- Er muss lang anhaltend sein. In Einzelfällen sind Erholungen möglich, wenn besondere Umstände eine Zuwachserholung erklären.

Diese könnten sich z. B. auf Änderungen der Konkurrenzsituation zurückführen lassen.

Das beschriebene Verfahren kann nur dazu dienen, qualitativ einen Einfluss einer Grundwasserabsenkung auf das Baumwachstum festzustellen oder auszuschließen sowie seinen räumlichen Geltungsbereich einzugrenzen. Die Sensitivität des Verfahrens im Hinblick auf Grundwasserabsenkungen ist hinreichend getestet worden. Um nicht alle im möglichen Einflussbereich stockenden Bestände untersuchen zu müssen, sollten zudem das hydrogeologische und bodenkundliche Gutachten zur Einschränkung des Geltungsbereiches herangezogen werden. Die quantitative Bewertung von Zuwachsverlusten kann nur in Zusammenhang mit einer forstlichen Inventur der betroffenen Waldflächen erfolgen.

2. Schadensabschätzung und Bewertung

Abbildung 4 skizziert die drei potenziellen Schadensbereiche als Folge von Grundwasserabsenkungen. Im Gegensatz zu den Bereichen A und C ist der Bereich B rechnerisch fassbar und mit einer Entschädigungssumme finanziell zu quantifizieren (DVWK 1986). Dies bedeutet nicht, dass ökologische Schäden weniger gravierend wären. Veränderungen des Standortpotenzials sind durch ein gesondertes standortkundliches Gutachten zu belegen.

Entscheidendes Kriterium für eine monetäre Fassung von Entschädigungszahlungen ist die Differenz zwischen den prognostizierten Zuwachseleistungen vor und nach einer Grundwasserentnahme.

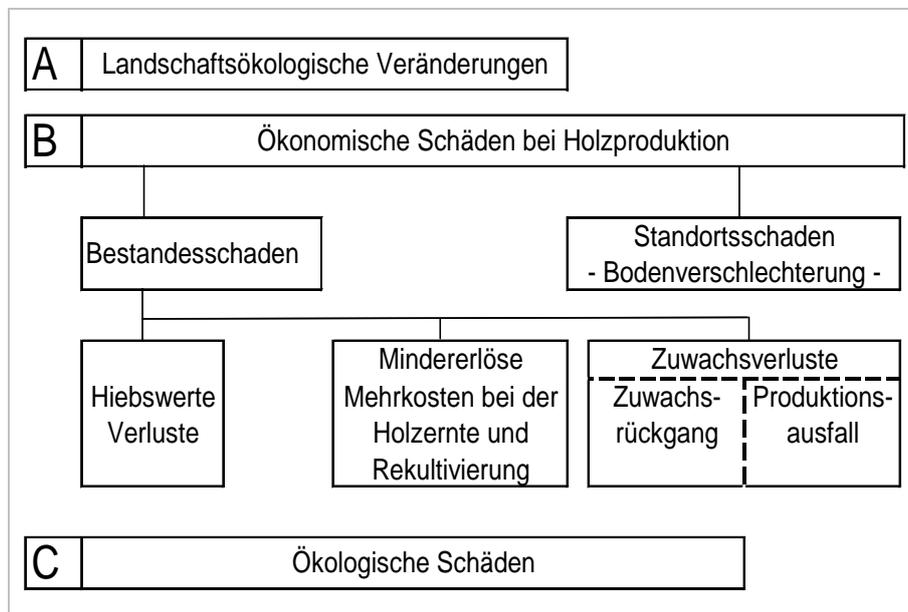


Abb. 4: Darstellung ökonomischer und ökologischer Effekte nach einer Grundwasserentnahme (nach DVWK (1986), geändert).

Auftretende negative Veränderungen im Wasserhaushalt haben Defizite in der Zuwachseleistung zur Folge. Abbildung 5 stellt die Verluste in der Holzproduktion monetär in abstrahierter Form dar. Hypothese der Darstellung ist eine Grundwasserentnahme unter einem Fichtenbestand. Als Folge dieser Entnahme kommt es zu einer messbaren Verlangsamung der Wuchsdynamik in unterschiedlichen Größenordnungen analog des Auswirkungsgrades, was zu differierenden Vorratsverlusten im Endnutzungsalter führt.

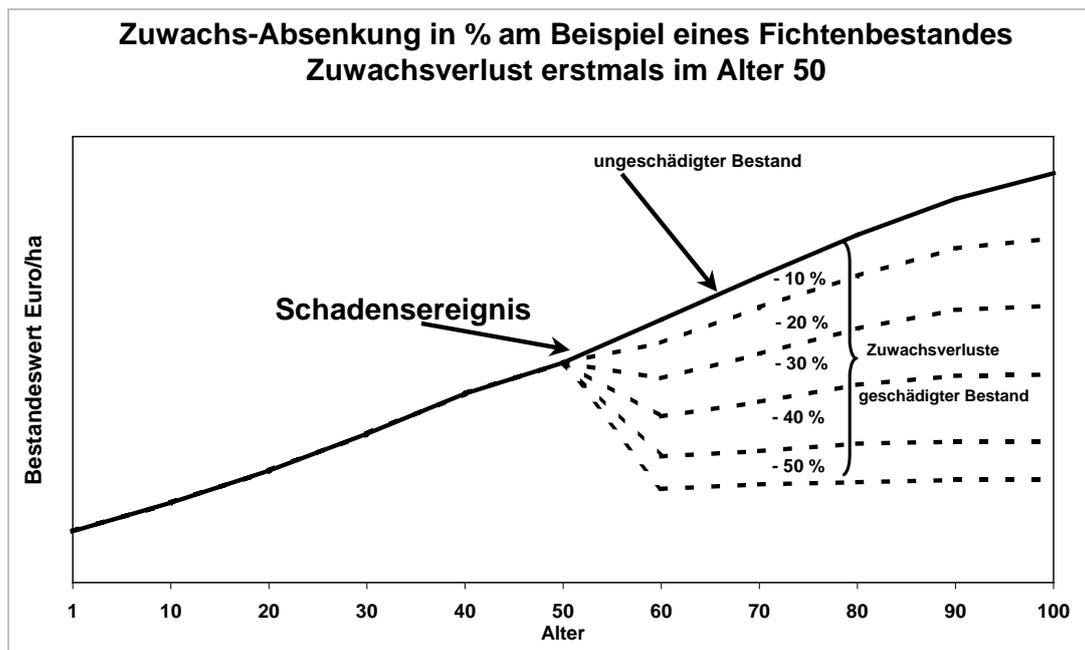


Abb. 5: Bestandeserwartungswerte in Abhängigkeit vom Bestandesalter bei ungestörtem Wachstum eines Fichtenbestandes (obere Kurve) bzw. bei gestörtem Wachstum als Folge der Grundwasserentnahme, beginnend im Alter 50. Mit den unterschiedlichen Auswirkungsgraden gehen entsprechende Zuwachsverluste [in %] einher (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN 2004).

In der Waldwertermittlung ist die Ausformung des Endbestandes von überragender Bedeutung für die Berechnung des Bestandeswertes, der im Wesentlichen als diskontierter Wert des Endbestandes beschrieben wird. Neben dem „ungeschädigten“ Wertverlauf (oben) sind Kurvenverläufe dargestellt, die auf unterschiedlich bemessenen Zuwachsverlusten basieren. Im Falle von Zuwachsverlusten durch Grundwasserabsenkungen ist ein dendrochronologischer Nachweis erforderlich. Über den Grad der Zuwachsverluste kann die Beziehung zwischen Grundwasserabsenkung und Zuwachsminderung (Abb. 5) hergestellt werden. Das geschieht baumartenspezifisch. In Abbildung 5 ist das am Beispiel der Fichte dargestellt. Die jeweilig zu entrichtende Entschädigungshöhe wird als Differenz zwischen der S-förmig ausgebildeten, das ungestörte Bestandesleben darstellenden Kurve und den je nach Zuwachsverlusten gestaffelten Schadenskurven hergeleitet. Diese ermittelten Differenzsummen wachsen mittels der holzartenspezifischen Verzinsung über die Jahre zu der Summe an, die im Endnutzungsalter den wertmäßigen Unterschied zwischen gestörtem und ungestörtem Bestandesleben bildet.

Literatur

- ALTHERR, E. (1972a) Das Karlsruher Wasserwerk "Hardtwald" aus forstlicher Sicht. Teil II: Auswirkungen der Grundwasserabsenkungen auf den laufenden Zuwachs der Kiefer, festgestellt mit Hilfe von Bohrkernanalysen. – Allg. Forst- u. J. Ztg. **143**: 109–117.
- ALTHERR, E. (1972b): Das Karlsruher Wasserwerk "Hardtwald" aus forstlicher Sicht. Teil IV: Prognose langfristiger Zuwachsschäden bei der Kiefer infolge Grundwasserabsenkung. – Allg. Forst- u. J. Ztg. **143**, Jg. 12: 245–253.
- ATHARI, S. (1981): Jahrringausfall, ein meist unbeachtetes Problem bei Zuwachsuntersuchungen in rauchgeschädigten und gesunden Fichtenbeständen. – Mitt. Forstl. Vers. Anst. **139**: 7–27; Wien.
- BENECKE, P. (1988): Wald und Grundwasser. – Allg. Forst Z. **159**: 38–49.
- BRECHTEL, H. M. & LEHNARDT, F. (1982): Einfluss der Grundwasserabsenkung auf Waldstandorten. – DVWK-Fortbildungslehrgang Grundwasser in Darmstadt.

DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1986): Beweissicherung bei Eingriffen in den Bodenwasserhaushalt von Vegetationsstandorten. – Merkblatt **208** 24 S.; Hamburg (Parey).

HILLMANN, M., MEESENBURG, H., RAISSI, F. & WORBES, M. (2009): Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die forstliche Nutzung, Teil 1: Rechtliche Rahmenbedingungen und Voruntersuchungen. – unter Mitarbeit von BÖTTCHER, A., GUERICKE, M., HAAS, W., HAASE, H., PINZ, K., WINKELMANN, L., KRIEGER, K.-H., MÜLLER, U. & ROSENBERG, A.; 3. Aufl., Geofakten **15**: 8 S., 4 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG).

JOHANN, K. (1993): DESER-Norm 1993. Normen der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten zur Aufbereitung von waldwachstumskundlichen Dauerversuchen. Tagungsbericht von der Jahrestagung 1993 der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten in Unterreichenbach-Kapfenhardt. – S. 96–104.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2004): Abbildung erstellt von L. WINKELMANN für vorliegende Veröffentlichung.

LEHMANN, L., RIEBELING, R. & ASTHALTER, K. (1981): Zur Beurteilung von Standortveränderungen infolge Grundwasserentnahmen im Waldbereich. – Allg. Forst Z. **36**.

LÜHRTE, A. v. (1987): Zur Jahresringentwicklung von Stieleichen im Fuhrberger Feld. – In: RÖDEL, D.: Vegetationsentwicklung nach Grundwasserabsenkungen. – Landschaftsentwicklung und Umweltforschung; Berlin.

MÜLLER, U. & RAISSI, F. (2002): Arbeitshilfe für bodenkundliche Stellungnahmen und Gutachten im Rahmen der Grundwassernutzung. – Arb.-H. Boden **2002/2**; 49 S.; Hannover.

MULL, R. (Hrsg.) (1987): Anthropogene Einflüsse auf den Bodenwasserhaushalt. – 110 S.; Weinheim (VCH).

NAGEL, J. (1999): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines Waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. – Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band **128**, 122 S.; Göttingen.

NFV - NIEDERSÄCHSISCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (2003): Arbeitsanweisung für die terrestrische Waldzustandserhebung. – 14 S. [Unveröff.].

PRETZSCH, H. (2002): Grundlagen der Waldwachstumsforschung. – 414 S.; Berlin (Parey).

PRETZSCH, H. & KÖLBEL, M. (1988) Einfluss von Grundwasserabsenkungen auf das Wuchsverhalten der Kiefernbestände im Gebiet des Nürnberger Hafens. – Forstarchiv **59**: 89–96.

PREUHLER, T. (1986): Zuwachsreaktionen auf Grundwasserabsenkungen in einem süddeutschen Auwaldgebiet. – Allg. Forst- u. J. Ztg., 157. Jg.: 1–12.

RENGER, M., WESSOLEK, G. & RIEK, W. (1996): Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Land- und Forstwirtschaft. – Niedersächsische Akademie der Geowissenschaften **11**: 98 S.; Hannover.

SCHWEINGRUBER, F. H. (1983): Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. – 234 S.; Bern (Haupt).

SCHWEINGRUBER, F. H. (1986): Abrupt growth changes in conifers. – IAWA Bulletin n. s. **7**(4): 277–283.

WORBES, M. (2004): Tree Rings. – In: BURLEY, J., EVANS, J. & YOUNGQUIST, J. (eds.): Encyclopaedia of Forest Sciences. – Oxford (Elsevier).

WORBES, M., BONN, S. & RIEMER, T. (1995): Methoden zur Erfassung von Zuwachsverlusten und mögliche Einflussfaktoren auf das Jahresringbild von Bäumen in geschädigten Waldbeständen. – Forstw. Centralblatt **114**: 313–325.

WORBES, M. & HILLMANN, M. (2001): Jahresringe zeigen Grundwasserabsenkungen im norddeutschen Flachland. – AFZ: 190–192.

Impressum:

Die Geofakten werden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) herausgegeben und erscheinen unregelmäßig bei Bedarf. Der Bezug beim LBEG ist kostenlos.

Die bisher erschienenen Geofakten können unter <http://www.lbeg.niedersachsen.de> abgerufen werden.

© LBEG Hannover 2009

Version: 16.09.2009

DOI: 10.48476/geofakt_16_3_2009

Die erste Auflage dieses Textes ist 2004 im damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erschienen, die zweite Auflage im Juli 2008 im LBEG.

Autoren

- Martin Hillmann, Tel.: 0511/ 3665-1441,
mail: Martin.Hillmann@lwk-niedersachsen.de
Landwirtschaftskammer Hannover
Johannsenstr. 10, 30159 Hannover
Internet: <http://www.lwk-niedersachsen.de>
- Dr. Henning Meesenburg, Tel.: 0551/ 69 401-170,
mail: Henning.Meesenburg@nw-fva.de
Nordwestdeutsche Forstliche
Versuchsanstalt, Abteilung Umweltkontrolle,
Sachgebiet Intensives Umweltmonitoring,
Grätzelstr. 2, 37079 Göttingen
Internet: <http://www.nw-fva.de>
- Dr. Farhad Raissi, Tel.: 0511/ 643-3581,
mail: Farhad.Raissi@lbeg.niedersachsen.de
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Stilleweg 2, 30655 Hannover
Internet: <http://www.lbeg.niedersachsen.de>
- PD Dr. Martin Worbes, Tel.: 0551/ 399-504,
mail: mworbes@gwdg.de
Institut für Tropischen Pflanzenbau
Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen
Internet: <http://www.gwdg.de>
- Andreas Böttcher, Tel.: 05135/ 9297-14,
mail: Andreas.Boettcher@nfa-fuhrberg.niedersachsen.de
Niedersächsisches Forstamt Fuhrberg
Funktionsstelle Waldökologie und Waldnaturschutz
Am Försterkamp 3, 30938 Fuhrberg
Internet: <http://www.nfa-fuhrberg.niedersachsen.de>
- Prof. Dr. Martin Guericke, Tel.: 03334/ 65-457,
mail: martin.guericke@fh-eberswalde.de
Fachhochschule Eberswalde – Waldcampus
Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde
Internet: <http://www.fh-eberswalde.de>
- Walter Haas
ehemals Bezirksregierung Hannover
- Henry Haase, Tel.: 05194/ 9894-12,
mail: Henry.Haase@nfa-sellhorn.niedersachsen.de
Niedersächsisches Forstamt Sellhorn
Sellhorn 1, 29646 Bispingen
- Dr. Katharina Pinz, Tel.: 04131/ 8545-271,
mail: Katharina.Pinz@nlwkn-lg-niedersachsen.de
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz
Adolph-Kolping-Str. 6, 21337 Lüneburg
Internet: <http://www.nlwkn-lg-niedersachsen.de>
- Lutz Winkelmann, Tel.: 0511/ 3665-1447,
mail: Lutz.Winkelmann@lwk-niedersachsen.de
Landwirtschaftskammer Hannover
Johannsenstr. 10, 30159 Hannover
Internet: <http://www.lwk-niedersachsen.de>
- Dr. Kurt-Heiner Krieger, Tel.: 0511/ 643-2485,
mail: Kurt-Heiner.Krieger@lbeg.niedersachsen.de
- Dr. Udo Müller, Tel.: 0511/ 643-3594,
mail: Udo.Mueller@lbeg.niedersachsen.de
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Stilleweg 2, 30655 Hannover
Internet: <http://www.lbeg.niedersachsen.de>
- Dr. Alexander Rosenberg, Tel.: 0441/ 801-704,
mail: a.rosenberg@lwk-niedersachsen.de
Landwirtschaftskammer Weser-Ems
Mars-la-Tour-Str. 1-3, 26121 Oldenburg
Internet: <http://www.lwk-niedersachsen.de>