

LWF *aktuell*

Magazin für Wald, Wissenschaft und Praxis

Stickstoff in Bayerns Wäldern

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

VORWORT

SCHWERPUNKT

Bedeutung des Waldes für die Trinkwassergewinnung	3
Das Nitrataustragsrisiko in Bayerns Wäldern	9
Nitratinventur und Regionalisierung	15
Beeinflusst der Standort den Nitrataustrag?	21
Beeinflussen Durchforstungen die Nitratkonzentration des Sickerwassers?	25
Wie wirkt sich großflächiger Borkenkäferbefall auf Abfluss und Wasserqualität aus?	26
Nitratausträge nach Borkenkäferbefall	30

WALD * WISSENSCHAFT * PRAXIS

Neues von der Maus	34
Zentrum Wald-Forst-Holz in Weißenstephan	38
Sorgfalt entscheidet über Pflanzenerfolg	40
FFH-Nachrichten	41

KURZ & BÜNDIG

Veröffentlichungen der LWF	42
kommen & gehen	43
Veranstaltungen	44
So erreichen Sie die LWF	44

LWF aktuell

MAGAZIN FÜR WALD, WISSENSCHAFT UND PRAXIS

IMPRESSUM

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Verantwortlich: Olaf Schmidt, Präsident

Redaktion, Konzeption: Dr. Alexandra Wauer

Layout, Gestaltung: Hildegard Naderer, Julia Lüdicke

Schlussredaktion: Dr. Joachim Hamberger, Dr. Alexandra Wauer

Druck: Druckerei Lerchl, Freising

Auflage: 6.000

Bezug: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF),
Am Hochanger 11, 85354 Freising

Tel. / Fax: 08161-71-4881 / -4971

URL: www.lwf.bayern.de

E-mail: redaktion@lwf.uni-muenchen.de oder poststelle@fo-lwf.bayern.de

ISSN 1435-4098

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Insbesondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Zeitschrift in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Dem Wald zuliebe  aus heimischem Holz
chlorfrei gebleicht

Titelseite: LWF

Liebe Leserinnen und Leser,

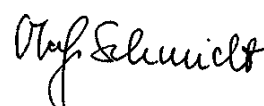
in dieser Ausgabe von LWF aktuell informieren wir Sie über Nitratbelastung und Wasserschutz in Wäldern. Dieser Themenkomplex war Schwerpunkt beim 7. Statusseminar der LWF am 16. Mai 2002 in Freising.



Sowohl mit dem jährlichen Statusseminar aus der laufenden forstlichen Forschung wie auch dem vorliegenden Heft versuchen wir der Aufgabe des Wissenstransfers gerecht zu werden. Wir entschlossen uns, die Kurzfassungen der dort gehaltenen Vorträge in LWF aktuell zu veröffentlichen, weil dieses Statusseminar mit einer Beteiligung von über 140 Teilnehmern aus den Kreisen der Waldbesitzer, der Verbände, der Wasserwirtschaft und der Forstleute ein neues Rekordergebnis erzielte. Diese hohe Beteiligung zeigt das große Interesse an wichtigen Fragen zur Nitratbelastung im Sickerwasser unter Wäldern. Forstleute und Waldbesitzer wollen ja an dem Ziel der Waldbewirtschaftung, trotz regional hoher Stickstoffeinträge über die Luft, die gute Qualität des Trinkwassers aus dem Wald zu sichern, festhalten. Die Vorträge zeigen auch die enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen forstlichen Forschungsinstitutionen in Weißenstephan ganz im Sinne des neu gegründeten Zentrums Wald-Forst-Holz Weißenstephan. Deshalb erscheint ab jetzt auch das Logo des Zentrums auf der Titelseite von LWF-aktuell.

Ich hoffe, dass auch dieses LWFaktuell-Heft zum Schwerpunktthema Nitratbelastung und Wasserschutz im Wald auf großes Interesse bei den forstlichen Praktikern stoßen wird.

Ihr



Olaf Schmidt

„Alle Ding' sind Gift und nichts ohn' Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding' kein Gift ist.“ (PARACELSUS)

Aktuelle Projekte an LWF und TUM

Forschung zur Stickstoff-Problematik

Im Stoffkreislauf von Ökosystemen spielt der Stickstoff eine zentrale Rolle. Eine ausreichende Stickstoffversorgung ist der Schlüssel für eine gute land- und forstwirtschaftliche Produktion. In Mitteleuropa wurde der Stickstoff in der Forstwirtschaft jedoch auf Grund der anhaltend hohen Stickoxid- und Ammoniakemissionen aus Verkehr, Landwirtschaft und Industrie zunehmend zu einem Überschusselement mit an einigen Standorten schon deutlicher Belastung der Sickerwasserspende mit Nitrat.

Zum Themenkomplex „Nitrat in Waldökosystemen“ förderte die Bayerische Staatsforstverwaltung eine Reihe von Untersuchungen, die sowohl die LWF als auch die forstlichen Professuren in Freising-Weihenstephan bearbeiteten. Anfang der neunziger Jahre begann C. KÖLLING mit *„Stickstoffhaushalt auf Sturmkahlf Flächen in der Phase der Wiederbewaldung - Ein Beitrag zur Risikoabschätzung atmogener Stickstoff-Deposition“*. Es folgten *„Untersuchungen zur Stickstoffsättigung in Rein- und Mischbeständen“* (A. ROTHE), *„Umbau von Fichtenreinbeständen in naturnahen Mischwald - Bodenkennwerte und Stoffflüsse“* (R. HEITZ), *„Vergleichende Untersuchungen zum Stoffverlust in Waldökosystemen bei Verjüngung über Gruppenschirmstellung und Kleinkahlschlag“* (W. WEIS), *„Kennwerte des Stickstoffhaushalts bayerischer Waldstandorte“* (K.-H. HÄBERLE), *„Ernährungslage und Schadstoffbelastung der Waldbestände im bayerischen Hochgebirge“* (K.-H. HÄBERLE) sowie *„Nitratkonzentrationen im Bodensickerwasser nach Durchforstungsmaßnahmen im Gebiet der Wasserversorgung Fürstfeldbruck“* (C. KÖLLING). In *„Bayerische Waldbodendauerbeobachtungsflächen - Bodenuntersuchungen“* (A. SCHUBERT) beschäftigt sich ein Abschnitt mit dem Zusammenhang von C/N-Verhältnissen und dem Nitrataustrag. Einen Überblick über Stickstoffdepositionen und Nitratausträge in Bayern gab die Studie *„Kenntnisstand und Datengrundlage zum Stickstoffstatus in Bayern“* (A. SPANGENBERG), in der bayerische Forschungsergebnisse der letzten zwei Jahrzehnte zusammengetragen wurden. Neu begonnen wurden in letzter Zeit die beiden Projekte: *„Mittel- und langfristige Auswirkungen der Verjüngung von Kiefernreinbeständen zu laubholzreichen Mischbeständen auf wichtige Kenngrößen der Bodenfruchtbarkeit sowie des Wasser- und Bioelementhaushaltes“* (J. PRIETZEL) und *„Regionale Übersicht über den Stickstoff-Status und das Nitrataustragsrisiko in Bayerns Wäldern“* (A. GENSIO und K.-H. MELLERT). Die Ergebnisse der letztgenannten Forschungsarbeit werden mit besonders großem Interesse erwartet, denn Bayern wird damit das erste Bundesland in Deutschland sein, das einen großflächigen Ansatz zur Darstellung des Nitrataustragsrisikos unter Waldflächen verfolgt.

VORWORT

Neben solchen umfangreichen Einzelprojekten nimmt die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft auch die Fachkompetenz für den Wald in Kooperationsprojekten mit anderen Institutionen wahr, so z. B. im langjährigen übergreifenden Projekt „*Saurer Regen - Grundwasser*“ bzw. „*Messnetz Stoffeintrag - Grundwasser*“ des Landesamtes für Wasserwirtschaft und im Forschungsverbund „*Referenzeinzugsgebiet Große Ohe*“. Einen wichtigen Beitrag zur Stickstoffproblematik leisten darüber hinaus die 22 Bayerischen Waldklimastationen durch ihr langfristiges und komplexes Waldökosystem-Monitoring inmitten größerer Waldgebiete. Für die an Bedeutung und Umfang zunehmenden immissionsschutzrechtlichen Beratungsaufgaben der LWF (z. B. Waldabstandsvorgaben für Massentierhaltungen) sind zusätzliche Informationen zur Belastung an Waldrändern erforderlich, wie sie z. B. im Projekt „*Gradienten der Stickstoffbelastung an Waldrändern in Regionen mit hoher Ammoniakemission in Bayern*“ (A. SPANGENBERG) näher erkundet wurden.

So war es nur folgerichtig, dass beim 7. Statusseminar des Kuratoriums der Bayerischen Staatsforstverwaltung am 16. Mai 2002 ein Vortragsblock dem Thema „*Nitrat im Waldsickerwasser – sind unsere Wälder stickstoff-gesättigt?*“ gewidmet wurde, in dem Wissenschaftler der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft wie auch des Fachgebietes Waldernährung und Wasserhaushalt der TU München und des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft über den aktuellen Kenntnisstand berichteten.

Die Beiträge aus diesem Vortragsblock sind in diesem Sonderheft von LWFaktuell zusammengefasst.

Freising, November 2002

Prof. Dr. T. Preuksler, LWF
Sachgebiet II, Standort und Umwelt

Prof. Dr. A. Göttlein, TU München
Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt

Anforderungen an die Forstwirtschaft zur Qualitätssicherung

Bedeutung des Waldes für die Trinkwassergewinnung

von Walter Wenger*

Historisch betrachtet wuchs die Bedeutung des Waldes für die Trinkwassergewinnung in zwei Entwicklungsphasen der öffentlichen Wasserversorgung. Die erste Phase liegt über hundert Jahre zurück, als die Trinkwasserbrunnen auf Grund der großen, von verschmutztem Trinkwasser ausgehenden Epidemien aus den Städten und Dörfern hinaus aufs Land verlegt wurden. Es war die Flucht vor den Folgen der unregelmäßigen Abwasserbeseitigung. Damals suchte man bereits gezielt Gegenden zur Trinkwassergewinnung aus, in denen mit Beeinträchtigungen durch Bakterien, Viren und anderen Krankheitserregern nicht gerechnet werden musste. Schon damals hatten Waldstandorte eine besondere Bedeutung für den Gewässerschutz. Die Verschärfung der Trinkwasserverordnung, die zu einer Absenkung des Grenzwertes für Nitrat von 90 auf 50 mg pro Liter und zur Einführung von Grenzwerten für Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel führte, löste vor ca. 15 Jahren die zweite Phase aus. Die Folge war ein Ausweichen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Waldgebiete. Diese Entwicklung ist immer noch im Gange.

Bedeutung des Waldes für die Trinkwassergewinnung

Zwei Faktoren machen die Bedeutung des Waldes für die Trinkwassergewinnung aus:

- geringere Nutzungskonflikte im Wald und damit auch weniger Schwierigkeiten bei Schutzgebietsausweisungen;
- die im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Flächen geringere Nitrat- und Pflanzenschutzmittelbelastung der Sickerwässer im Wald.

Der Wald dient damit der Entflechtung konkurrierender Nutzungen und der Qualitätssicherung bei der Trinkwasserversorgung.

Während der Anteil des Waldes an der Fläche Bayerns etwa bei 36 % liegt, beträgt der Waldanteil in Wasserschutzgebieten etwa 47 %. Diese Zahlen belegen, dass für die Trinkwassererschließung bevorzugt Waldgebiete ausgewählt wurden.

Wie sieht es mit der Wasserqualität aus?

Einen Überblick über die Nitratbelastung des Grundwassers liefert in regelmäßigen Abständen der „Nitratbericht Bayern“ des Bayerischen

Landesamtes für Wasserwirtschaft. Abbildung 1 zeigt die Situation im Jahre 1999.

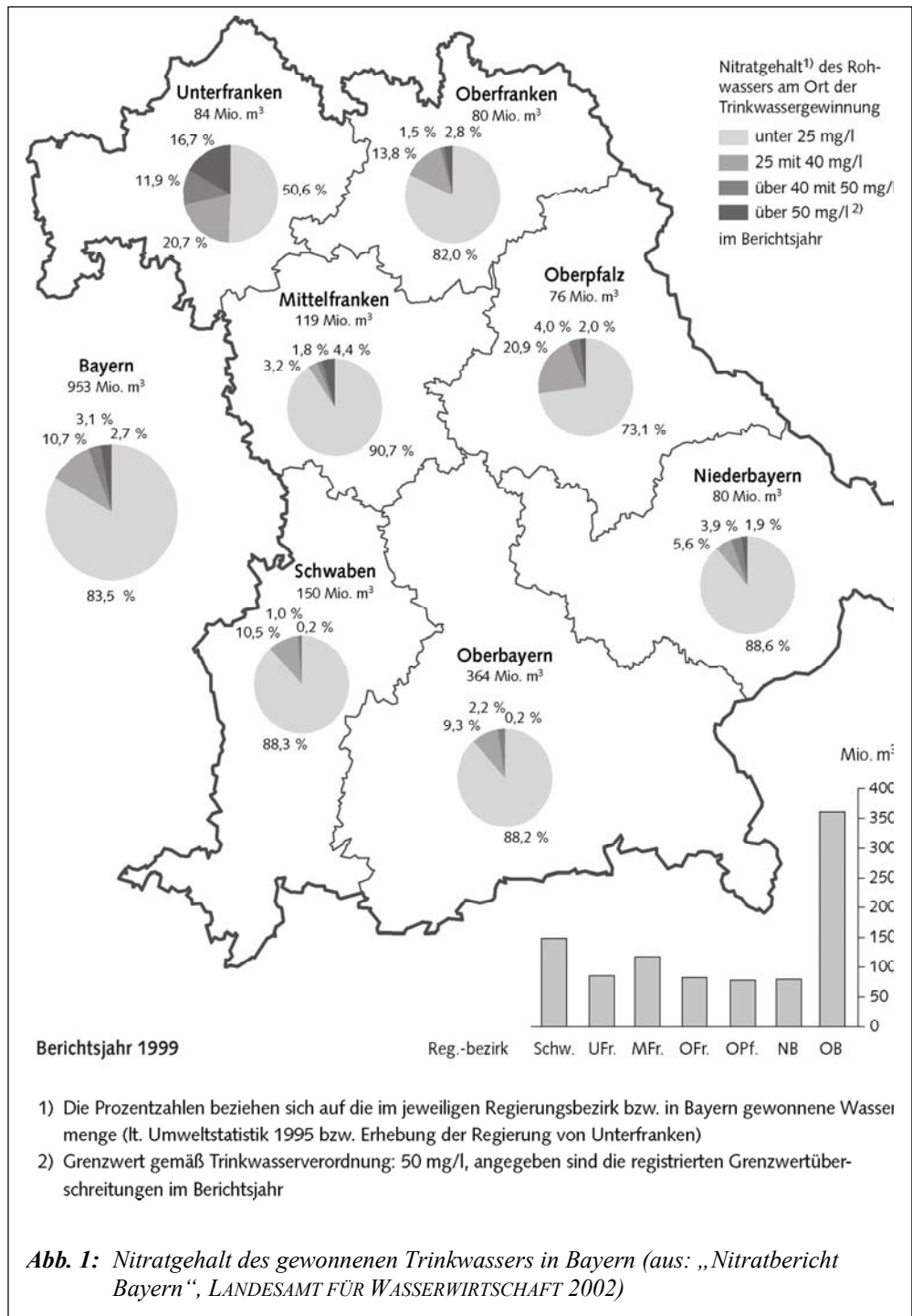
2,7 % des gewonnenen Trinkwassers weisen Nitratgehalte über 50 mg/l auf, 3,1 % zwischen 40 und 50 mg/l und 10,7 % über dem EU-Richtwert von 25 mg/l. In der regionalen Verteilung überlagern sich klimatische und geologische Einflüsse sowie Art und Intensität der Landnutzung. Zur Beurteilung des Einflusses der Wälder auf die Grundwasserqualität sind kleinräumigere Analysen durchzuführen. Ausschlaggebend für die Wasserqualität ist nicht die Lage eines Brunnens oder einer Quelle im Wald, sondern der Waldanteil im Einzugsgebiet dieser Wasserfassung. Da statistische Aussagen auf der Basis der Grundwassereinzugsgebiete mangels einer geeigneten Datengrundlage derzeit nicht möglich sind, lassen sich die Auswirkungen des Waldbestandes auf die Grundwasserqualität beispielhaft in einer landkreisbezogenen Auswertung darstellen. Dazu bieten sich die unterfränkischen Landkreise an, weil hier – bei ähnlichen meteorologischen Verhältnissen – eine signifikante Zweiteilung beim Waldbestand vorhanden ist.

* Dr. WALTER WENGER ist Mitarbeiter des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft.

Während in den Landkreisen Aschaffenburg, Miltenberg und Main-Spessart über 60 % der Landkreisflächen bewaldet sind, liegt in den Landkreisen Würzburg, Kitzingen und Schweinfurt der Waldanteil bei nur etwa 30 %.

Entsprechend beträgt der durchschnittliche Nitratgehalt der Wasserfassungen in den waldreichen Landkreisen maximal 20 mg/l, in den landwirtschaftlich geprägten Landkreisen eher über 30 mg/l.

Die qualitätsprägende Wirkung des Waldes zeigt sich auch an der Situation des Ebersberger Forstes und der Rodungsinseln auf der südöstlichen Münchener Schotterebene, der als Gewinnungsgebiet für Trinkwasser eine herausragende Bedeutung zukommt (Abb. 2). An der räumlichen Nitratverteilung und der generellen Grundwasserfließrichtung kann man deutlich die Auswirkungen der landwirtschaftlich genutzten Rodungsinseln erkennen, von denen nitratbelastete Abstromfahnen weit in die Waldgebiete hineinreichen. Hier verbessert die geringe Grundwasserneubildung in den Fichtenmonokulturen die Qualität kaum. Dagegen weisen die Grundwasserströme, deren Einzugsgebiete fast ausschließlich bewaldet sind, Nitratwerte von zum Teil unter 10 mg/l auf. Dazu gehört der östliche Teil des Ebersberger Forstes, da eine Grundwasserscheitelzone im Bereich der



Endmoränenwälle die sich im Süden anschließenden landwirtschaftlichen Flächen abtrennt. Gerade in unbelasteten Wäldern der Münchener Schotterebene zeigen die Wasserversorgungsunternehmen größtes Interesse, die dortigen qualitativ hochwertigen und ergiebigen Grundwasservorkommen zu nutzen.

Am Beispiel des Ebersberger Forstes kommt aber auch ein Nachteil des Waldes für die Trinkwassergewinnung zum Ausdruck. Das ist die geringe Grundwasserneubildungsrate als Folge der hohen Verdunstung und Transpiration der Waldbestände. Dies gilt in besonderem Maße für Nadelwälder. Unter Laubwäldern bildet sich mehr Grundwasser, da die Belaubung nicht ganzjährig vorhanden ist, die wirksame Oberfläche kleiner ist und somit die Evapotranspiration geringer ausfällt.

Wasserwirtschaftliche Anforderungen

Die Beispiele zeigen, wie wichtig der Wald für die Zukunftssicherung unserer Wasserversorgung in unserer ansonsten intensiv genutzten Landschaft ist. Die Trinkwassergewinnung ist auf gesunde, stabile Wälder angewiesen, die sich durch vergleichsweise geringe stoffliche Belastungen auszeichnen.

- Wünschenswert wäre es, naturnahe und damit auch altersgestufte Mischwälder aufzubauen bzw. zu erhalten, wo sie noch vorhanden sind, so wie es die Bayerische Staatsforstverwaltung empfiehlt. Laubbäume besitzen aus Sicht des Gewässerschutzes die günstigeren Eigenschaften.
- Wo nötig, sollte der Wald möglichst grundwasserschonend, d.h. ohne Kahlschläge, umgebaut werden (idealerweise Plenterbewirtschaftung).
- Waldkalkungen sollen nur nach gewissenhafter Prüfung der Notwendigkeit und unter Berücksichtigung des Gewässerschutzes erfolgen.
- Erstrebenswert wäre eine Erhöhung des Waldanteils an der Landesfläche, insbesondere aber im Einzugsgebiet von Wassergewinnungsanlagen, die mit landwirtschaftlichen Nutzungen belastet sind (soweit eine Minderung des Grundwasserdargebotes hingenommen werden kann).
- Hiebsmaßnahmen sollten ohne Schädigung der Bodenstruktur erfolgen, d.h. ohne Einsatz schwerer Maschinen.
- Auf Pflanzenschutzmittelanwendungen sollte möglichst verzichtet werden.

*Dr. Walter Wenger,
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft*

Neben den Wünschen an die Waldbewirtschaftung ist es aber von größter Bedeutung, atmogenen, die Sickerwasserqualität in den Waldgebieten verändernden Einflüssen verstärkt entgegen zu wirken. Generell müssen die Emissionen von Stickstoffverbindungen, Säuren und Säurebildnern weiter reduziert werden. Die atmosphärischen Einträge in die Wälder sind teilweise höher als es deren Belastbarkeit zulässt. Dies hat unerwünschte stoffliche Einträge in die Gewässer zur Folge. So müsste z. B. im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzungen vor allem stärker auf den Einsatz bodennaher Gülleausbringtechnik gedrängt werden. Ein weiteres, sich weitaus schwieriger gestaltendes Problem bereiten die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung.

Die dargestellten Maßnahmen beziehen sich in erster Linie auf den Schutz des Grundwassers. Dies steht im Vordergrund, weil in Bayern 97 % des Trinkwassers aus Grundwasser und Uferfiltrat gewonnen werden. Das Merkblatt W 105 „Behandlung des Waldes in Wasserschutzgebieten für Trinkwassertalsperren“ der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) befasst sich speziell mit Anforderungen an die Waldbewirtschaftung für die Nutzung oberirdischer Gewässer zur Trinkwassergewinnung. Dabei erhält die Funktion des Waldes beim Erosionsschutz stärkeres Gewicht. In Bayern existieren nur zwei Wasserschutzgebiete dieser Art, in denen der Wald aber flächenmäßig eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Anforderungen in Wasserschutzgebieten

Dank der Tatsache, dass die Nitratsituation im Wald derzeit vergleichsweise gut ist, finden sich in der „Musterverordnung für Wasserschutzgebiete“ des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen im Vergleich zu dem langen Katalog an Anforderungen an die Waldbewirtschaftung auffällig wenig diesbezügliche Regelungen.

Im Hinblick auf forstliche Aspekte enthält sie im wesentlichen nur Beschränkungen bei der Größe von Kahlschlägen. Kahlschläge sind aus wasserwirtschaftlicher Sicht problematisch. Die Temperatur- und Lichtverhältnisse auf dem Waldboden ändern sich so, dass Nitrat im Überschuss gebildet werden kann, das dann die

Gewässer belastet. Dieser Effekt kann bereits auf kleineren Flächen (ca. 1000 m², eine Altbaumlänge) auftreten. Auch im Kommentar zum Waldgesetz für Bayern wird bei Kahlhieb im Schutzwald (i.S. Art. 10 BayWaldG), der diese Flächengröße übersteigt, eine Beeinträchtigung der Schutzfunktion des Waldes gesehen.

Ausgehend von diesem Sachverhalt ist im konkreten Einzelfall abzuwägen, welches Risiko für die Wassergewinnung getragen werden kann und die zulässige Kahlschlaggröße in der Schutzgebietsverordnung festzulegen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass derselbe oder verschiedene Waldbesitzer den Wald auf mehreren Parzellen der festgelegten Größe eventuell gleichzeitig einschlagen. Die dabei entstehenden Summeneffekte können sich erheblich auf die Wasserqualität auswirken. Im einzelnen ist das Risiko u.a. abhängig von der Größe des Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage, der Entfernung der Waldfläche von den Wasserfassungen und der Vorbelastung des gewonnenen Trinkwassers. Maßstab darf nicht sein, die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung bis an die Grenze auszureizen, sondern es muss dem Minimierungsgebot der Trinkwasserverordnung Rechnung getragen werden, d.h. es darf im Grunde genommen bei den vorgenommenen Festlegungen kein Nitratanstieg zu erwarten sein.

Für den Waldbesitzer ist dabei wichtig, dass bei vorhandener, unbeschädigter Vorausverjüngung die Flächenbegrenzung nicht zwingend gelten muss.

Dies eröffnet ihm durchaus erweiterten Handlungsspielraum. Ziel der Schutzgebietsverordnung ist es, sanftere Bewirtschaftungsformen umzusetzen und größere Hiebsmaßnahmen nur im Einzelfall im Rahmen einer Ausnahmegenehmigung von den Vorschriften der Schutzgebietsverordnung zuzulassen. Nur damit wird sicher gewährleistet, dass größere Eingriffe nicht gleichzeitig stattfinden.

Konflikte zwischen Forstwirtschaft und Trinkwassergewinnung

Die geschilderten Anforderungen an die Waldbewirtschaftung zeigen erfreulicherweise, dass keine Konflikte zwischen den Zielen der staatlichen Forstwirtschaft und Beratung sowie den wasserwirtschaftlichen Anforderungen bestehen. Die wasserwirtschaftlichen Vorstellungen und die Bewirtschaftungskonzepte der Forstverwaltung stimmen im wesentlichen überein.

Mit privaten Waldbesitzern sind Konflikte in Schutzgebietsverfahren jedoch an der Tagesordnung. Dies ist zumindest der Fall, wenn die Forstbewirtschaftung auf großflächige Holzernte ausgelegt ist, denn dem steht, bei einer sachgerechten Einzelfallfestlegung, die Flächenbegrenzung von Kahlschlägen entgegen. Der Waldbesitzer kann meiner Ansicht nach seinen Eigenbedarf an Holz im Normalfall auch unter den beschränkenden Maßgaben der Schutzgebietsverordnung decken.

Sickerwasser – Grundwasser – Trinkwasser: Alles die gleiche „Sauce“?

Nur wenige Studien befassen sich gleichzeitig mit den Nitratwerten im Sicker- und Grundwasser eines Einzugsgebietes. In Bayern unterhält das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft in Kooperation mit der LWF ein umfangreiches Messnetz in den wichtigsten Landschaftstypen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (LfW) 1992 bzw. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (LfW) 1994). Ob die Nitratgehalte des Grundwassers im Vergleich zum Sickerwasser ab- oder zunehmen, hängt von der Größe, der Gesteinszusammensetzung, den seitlichen Bewegungen des Wassers (besonders in Mittelgebirgen von Bedeutung), den Fließgeschwindigkeiten insgesamt (Grundwasserneubildungsrate) und den Verweilzeiten des Grundwassers mit eventuellen Stoffumsetzungen im Becken ab. In der Mehrzahl der in Bayern untersuchten Fälle verringert sich der Nitratgehalt vom Sickerwasser zum Grundwasser hin (Abreicherung). Vom Grundwasser zum Trinkwasser ist es nur ein kleiner Schritt, den die öffentliche Wasserversorgung in Bayern jedoch stets kontrolliert. Trinkwasser mit mehr als 50 mg Nitrat pro Liter darf in der Regel nicht an den Endverbraucher abgegeben werden.

Dr. Andrea Spangenberg

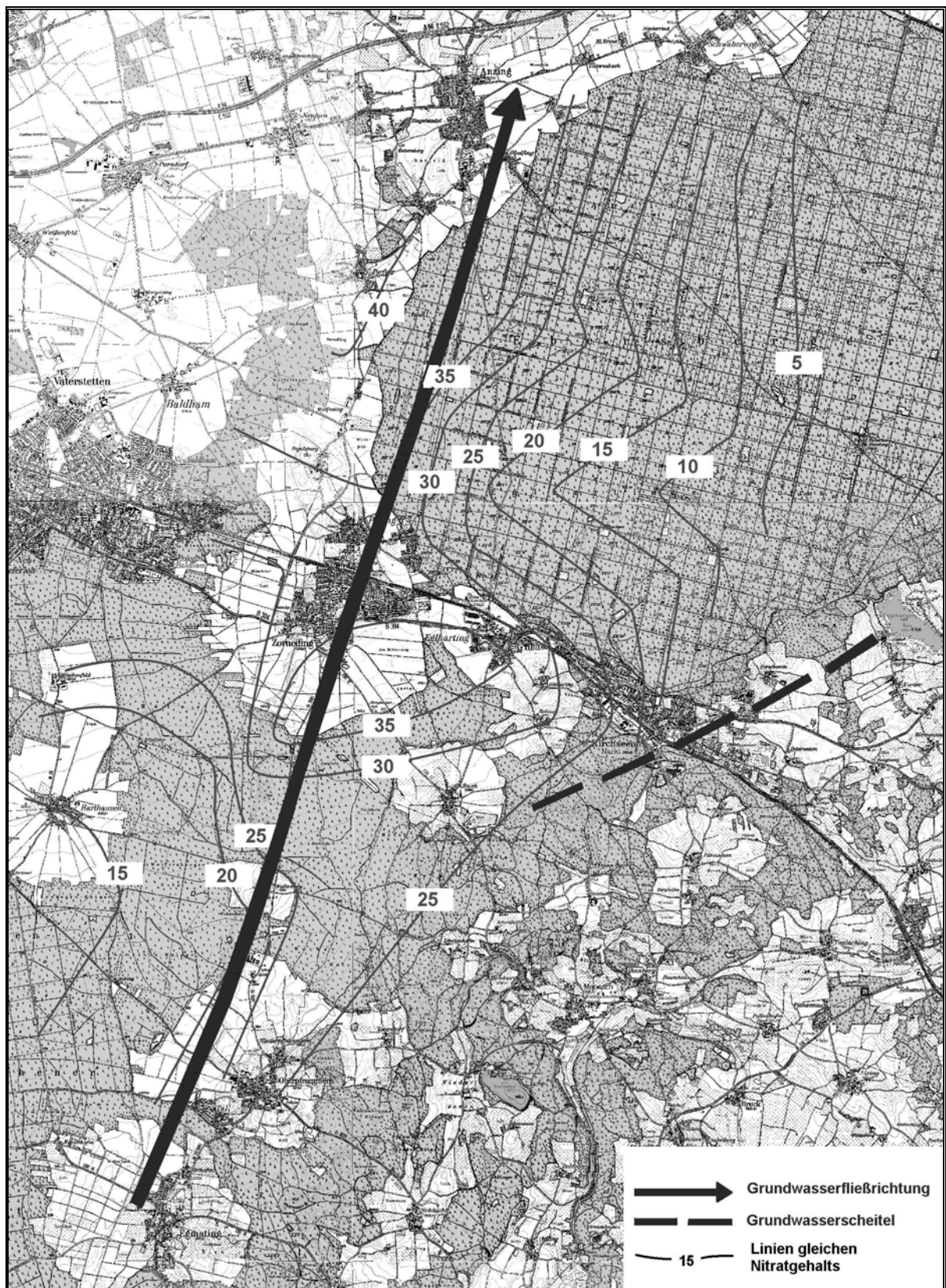


Abb. 2: Nitratbelastung des Grundwassers im Bereich der südöstlichen Münchener Schotterebene

Ein erst in letzter Zeit häufiger diskutiertes Thema ist die Frage von Ausgleichsleistungen nach § 19 Absatz 4 Wasserhaushaltsgesetz für Beschränkungen der ordnungsgemäßen forstwirtschaftlichen Nutzung. Als diese Regelung im Jahre 1986 in das Wasserhaushaltsgesetz aufgenommen wurde, führte sie zu jahrelangen intensiven Diskussionen, was unter ordnungsgemäßer Landwirtschaft zu verstehen sei.

Erst dann war man in der Lage, zu sagen, worin erhöhte Anforderungen in Wasserschutzgebieten tatsächlich bestehen. Der Frage, was ordnungsgemäße Forstwirtschaft ist, wurde in dieser Intensität noch nicht nachgegangen. Dies wäre aus Sicht der Wasserwirtschaftsverwaltung erforderlich. Denn im Bereich Landwirtschaft ist „ordnungsgemäß“ nicht gleichzusetzen mit „gängiger Praxis“. Nach der Definition des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten (Forstinfo 1/97) trägt ordnungsgemäße Forstwirtschaft auch den Belangen des Gewässerschutzes Rechnung. Angesichts

der Erkenntnisse über die Nitratbelastung der Sickerwässer unter Kahlschlagflächen ist durchaus ein Konflikt mit § 1a Abs. 2 des Wasserhaushaltsgesetzes zu sehen.

Das Kahlschlagproblem könnte sich längerfristig wegen der zunehmenden Nachfrage nach zertifiziertem, d.h. aus nachhaltigem Waldbau ohne Kahlschläge gewonnenem Holz, entschärfen. Bisherige Bewirtschaftungsformen werden unrentabel, wenn der Verkauf von Holz ohne Zertifikat schwieriger wird und der Erlös geringer ausfällt. Neue Gesichtspunkte ergeben sich auch aus dem Kahlschlagverbot in § 5 Abs. 5 des novellierten Bundesnaturschutzgesetzes. Als Bestandteil des Naturhaushalts wird dem Schutz der Gewässer bei der Konkretisierung dieser Maßgaben in den Ländergesetzen Rechnung zu tragen sein.

Trinkwassergewinnung in Bayern

In Bayern stammt das Trinkwasser zu über 93 % aus Grund- und Quellwasser (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (LfW) 1992), weshalb dem Grundwasserschutz eine besondere Bedeutung zukommt. Insgesamt werden jährlich mehr als 950 Mio Kubikmeter Wasser aus mehr als 4.000 Wassergewinnungsanlagen gefördert (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (LfW) 2001). Seit 1983 wird zur ständigen Kontrolle der Nitratgehalt im Trinkwasser gemessen. Liegt der Wert über den gesetzlich festgelegten 50 mg/l, so wird meist nitratärmeres Wasser zugemischt. 1991 traf dies auf 5,7 % des geförderten Rohwassers zu. Immerhin noch 2,8 % wurden trotz der Überschreitung des Grenzwertes an den Endverbraucher abgegeben. Dies ist jedoch in der Regel nur mit der Auflage verbunden, dass ein Sanierungskonzept für die betroffenen Anlagen vorliegt. Zudem verbesserte sich die Situation im letzten Jahrzehnt. 1999 lagen nur noch 2,7 % des geförderten Wassers über dem Trinkwassergrenzwert von 50 mg/l, lediglich 1,2 % wurden an den Endverbraucher abgegeben. Am stärksten belastet ist in Bayern die trockene Region Unterfranken.

Dr. Andrea Spangenberg

Eine Schätzung „pi mal Daumen“?

Das Nitrataustragsrisiko in Bayerns Wäldern

von Andrea Spangenberg, Gudrun Faißt, Christian Kölling und Karl-Heinz Mellert*

Stickstoff war lange Zeit im Forst kein Thema. Das hat sich vielerorts allerdings geändert. Ein bislang harmloser Ortstermin zum Thema Nitrat kann zur „Staatsaffäre“ werden, wenn dem sprachlosen Forstbeamten vorgeworfen wird, „er käme wohl seinen Pflichten nicht nach, wenn sein Wald plötzlich Nitrat ins Sicker- und Grundwasser ablässt“. Manch ein Forstamt findet sich daher auf Grund der Lage seiner Waldflächen in Wassereinzugsgebieten plötzlich zwischen den Interessen von Wasserwirtschaftsämtern und Naturschutzbehörden einerseits und der Landwirtschaft andererseits wieder.

Wir wollen nun der Frage nachgehen, was den Nitratgehalt im Sickerwasser steuert und welche Regionen in Bayern besonders gefährdet sind.

Einen ersten Anhalt gibt der Stickstoffstatus. Um ihn an bayerischen Standorten einschätzen zu können, wurden Daten aus über 30 Einzelstudien gesammelt (Projekt ST 84 der LWF, finanziert von der Bayerischen Staatsforstverwaltung). Darin wurden, überwiegend in Fichtenwäldern, der Stickstoffeintrag in den Wald, die Nitratausträge mit dem Sickerwasser und zum Teil noch die C/N-Verhältnisse der Humusaufgabe gemessen.

Diese Daten wurden statistisch analysiert und auf Zusammenhänge zwischen den aufgenommenen Parametern geprüft, um ihre Aussagefähigkeit hinsichtlich des Stickstoffstatus und der Einflussgrößen auf den Nitrataustrag zu testen (SPANGENBERG und KÖLLING 2002).

Die Ergebnisse aus diesen bayerischen Studien zeigen erhöhte **Nitratkonzentrationen** im Sickerwasser mit Werten bis über 150 mg NO₃/l hauptsächlich in Südbayern (Wuchsgebiete 12, 13 und 14) sowie im Umfeld von starken Stickstoffemittenten, z. B. Tiermastanlagen (Abb. 1).

Die „Stickstoffsättigung“ – Definition eines neuen Schlagwortes

Der *Stickstoffstatus* beschreibt die *Sättigung* eines Ökosystems mit Stickstoff. Zu seiner *Einschätzung* können verschiedene Parameter und Kennwerte zu Rate gezogen werden, die alle einen gewissen Hinweis auf die Stickstoffsättigung liefern. Direkte Kennwerte sind z. B. die *Eintrags-, also Depositionsraten*. Hierbei wird gemessen, wie viel anorganischer Stickstoff in Form von Ammonium (NH₄) und Nitrat (NO₃) auf der Waldoberfläche deponiert wird. Einen ebenso direkten Hinweis auf die Stickstoffsättigung liefert die Messung der *Nitratausträge* unterhalb der Hauptwurzelzone. Alles, was hier landet, ist „zuviel“ im Ökosystem, denn die Bäume wollten und konnten es nicht mehr aufnehmen. Wenn Stickstoff ein Waldökosystem über das Sickerwasser verlässt, dann zu weit über 90 % als Nitrat, denn dieser Stoff ist im Boden sehr mobil. Auch die *Bilanz aus Eintrags- und Austragsraten* gibt einen guten Überblick über die Stickstoffsättigung. Wird weniger Stickstoff ausgetragen als in das Ökosystem hineinkommt, speichert und „nutzt“ das System den Stickstoff zum Biomasseaufbau. Es ist also noch intakt.

Dr. Andrea Spangenberg

* Dr. ANDREA SPANGENBERG ist Mitarbeiterin im Sachgebiet Leitung der LWF; GUDRUN FAIßT ist Mitarbeiterin im Sachgebiet „Zentrale Dienste“ der LWF; Dr. CHRISTIAN KÖLLING ist Mitarbeiter im Sachgebiet „Standort und Umwelt“ der LWF; KARL-HEINZ MELLERT arbeitet im Fachgebiet „Waldernährung und Wasserhaushalt“ der Technischen Universität München.

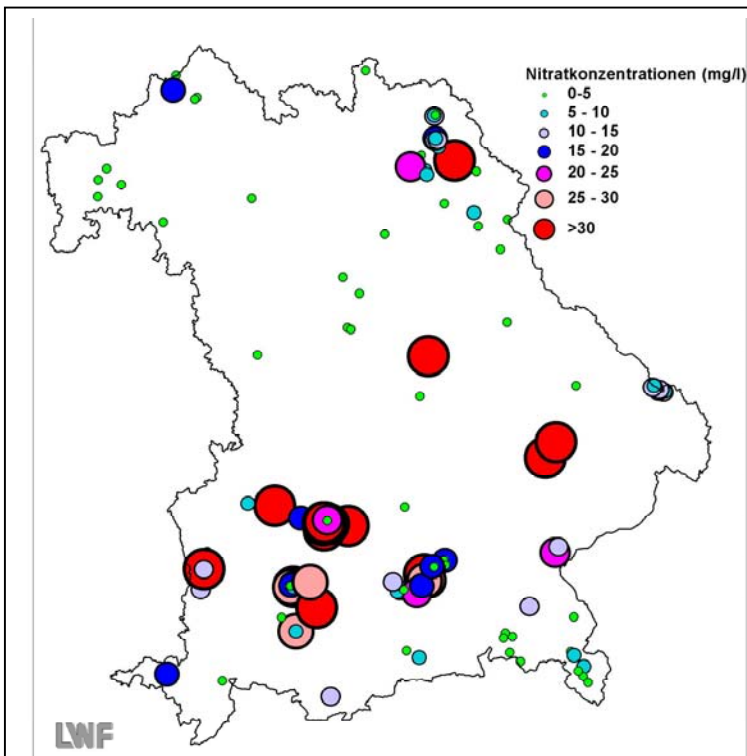


Abb. 1: Nitratkonzentrationen [mg NO₃/l] im Sickerwasser bayerischer Wälder

Verfolgt man die Nitratkonzentration im Zeitverlauf, so zeigt sich ein deutlicher Anstieg in den letzten Jahren (Abb. 2). Allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass die Grafik auf einer „unechten“ Zeitreihe basiert, da nicht die gleichen Standorte immer wieder beprobt wurden.

Generelle Aussagen zur Nitratbelastung des Sickerwassers in Bayern lassen sich auf Grund der geringen Datendichte jedenfalls nicht herleiten, dies gilt auch für die **Stickstoffaustragsmengen**. Die Austragsmengen erhält man über eine Verschneidung der Stoffkonzentrationen mit den Sickerwasserraten. Eine größere Anzahl von Wäldern hat die „Unbedenklichkeitsschwelle“ von max. 4 kg N/ha, Jahr („Critical Load“, NAGEL und GREGOR 1999; siehe Abb. 3) überschritten. Diese Überschreitung ist einerseits auf hohe Nitratkonzentrationen, andererseits aber auch auf hohe Sickerwasserraten zurückzuführen. Mittelgebirge sind auf Grund erhöhter Niederschlagsraten daher besonders betroffen und gefährdet.

Bei den **Stickstoffeinträgen** zeigt sich häufig ein über 60 %iger Anteil des Ammoniaks am

Gesamteintrag. Dies weist auf die besondere Rolle der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen in Bayern hin. Normalerweise besteht die Deposition zu jeweils ca. 50 % aus Ammonium und Nitrat. Auch die Depositionsmengen überschreiten mehrfach die nach dem „Critical-load“-Konzept zulässigen Höchstmengen von max. 10-15 kg/ha, Jahr für Fichtenbestände.

Die **Stickstoffbilanzen** sind an rund 10 % von insgesamt 153 Messstellen deutlich negativ (Abb. 3). Die Ursachen dafür liegen meist bei extremen Stickstoffbelastungen (z. B. im Umfeld von Tiermastanlagen) oder Borkenkäferkalamitäten (besonders im Bayerischen Wald). Nur rund 54 % der gesammelten Daten weisen auf einen nicht gesättigten Stickstoffstatus der Ökosysteme hin (vgl. Abb. 3 und Tab. 1). Bei der Interpretation dieser Ergebnisse sollten sowohl die Art der Auswahl der Untersuchungsflächen als auch die Messzeiträume berücksichtigt werden. Die Flächen wurden nicht immer zufällig ausgewählt, sondern zum Teil mit dem erklärten Ziel, emissionsstarke Regionen zu beproben. Andererseits sind weite Teile bayerischer Regionen anerkanntermaßen zu stark stickstoffbelastet, d.h. hohe Emissionen sind inzwischen sehr häufig anzutreffen.

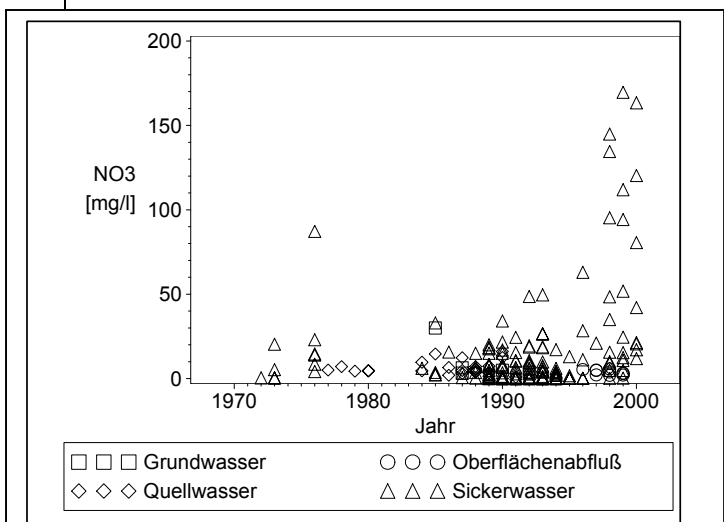


Abb. 2: Nitratkonzentrationen [mg NO₃/l] unter bayerischen Wäldern im Zeitverlauf (SPANGENBERG 2002)

Langer Exkurs, kurzes Resümee

Der Stickstoffstatus mit Ein- und Austrägen gibt einen gewissen Hinweis auf das Nitrataustragsrisiko: Je höher der Eintrag, desto größer die Belastung des Waldbestandes, desto höher das Risiko für Austräge. Doch diese Rechnung geht nicht immer auf: Manchmal sind die Einträge hoch und die Austräge trotzdem niedrig. Oder man glaubt, die Einträge seien niedrig und wundert sich über flächendeckenden Brombeerbewuchs.

Verschiedene Arbeiten der neueren Zeit (u.a. CALLESEN 1999) weisen darauf hin, dass in erster Linie folgende weitere Faktoren die Höhe des Nitrataustrags mitbestimmen:

- **Waldrandeffekte** und die Gesamtgröße eines Waldgebietes;
- **Bestandestyp, Bestandesalter** und **Bewirtschaftungsform**;
- **Standort/Bodentyp**.

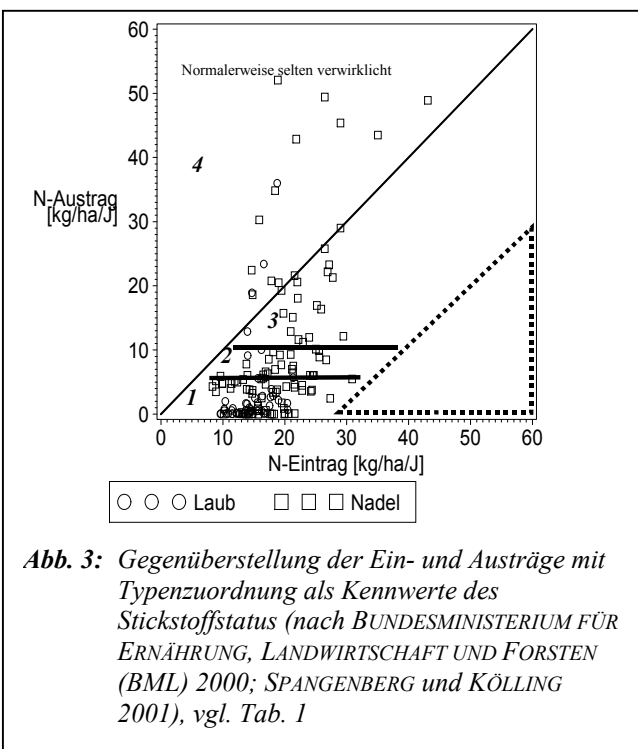


Abb. 3: Gegenüberstellung der Ein- und Austräge mit Typenzuordnung als Kennwerte des Stickstoffstatus (nach BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BML) 2000; SPANGENBERG und KÖLLING 2001), vgl. Tab. 1

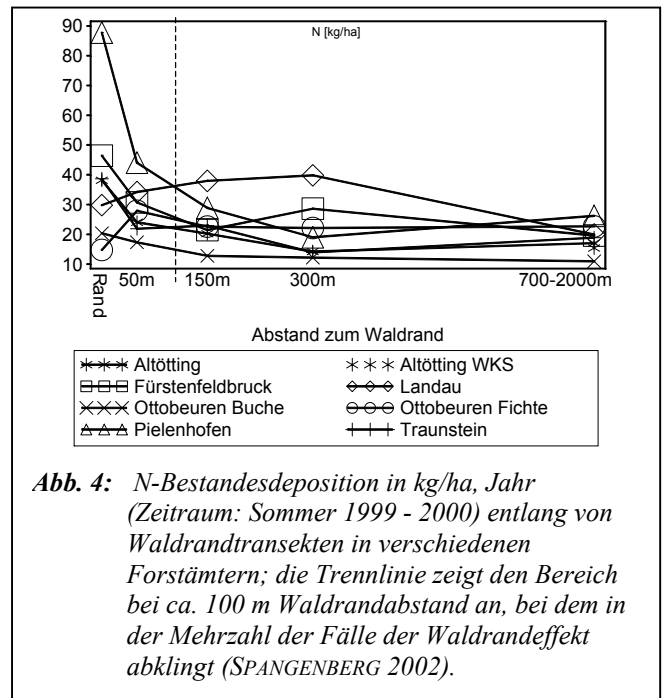


Abb. 4: N-Bestandesdeposition in kg/ha, Jahr (Zeitraum: Sommer 1999 - 2000) entlang von Waldrandtransekten in verschiedenen Forstämtern; die Trennlinie zeigt den Bereich bei ca. 100 m Waldrandabstand an, bei dem in der Mehrzahl der Fälle der Waldrandeffekt abklingt (SPANGENBERG 2002).

An Waldrändern findet generell eine erhöhte Stoffdeposition statt. Dieser „Waldrandeffekt“ ist für Stickstoff besonders stark ausgeprägt in Regionen mit hoher Ammoniakemission (SPANGENBERG 2002). Abbildung 4 zeigt den Verlauf der Stickstoffdeposition vom Waldrand ins Waldesinnere (Waldrand, 50 m, 150 m etc.) an sechs unterschiedlichen Standorten in südbayerischen Forstämtern. Besonders bemerkenswert ist die Waldrandbelastung in den Forstämtern Pielenhofen und Landau. Dort sind Legehennenanlagen mit hohen Emissionen dem Waldgebiet vorgelagert.

Um die Bedeutung dieser Messungen zu veranschaulichen, sind die Ergebnisse des Depositionsgradienten im Forstamt Fürstenfeldbruck auf den konkreten Waldbestand angewendet (Abb. 5). Hier zeigt sich, dass die mittlere Gesamtbelastung für das gesamte Waldgebiet bei 27,4 kg N/ha, Jahr, liegt. Würde man die Stickstoffbelastung jedoch, wie sehr häufig praktiziert, nur im Waldesinneren messen, dann käme man lediglich auf 22 kg N/ha, Jahr. Das würde eine Unterschätzung um ca. 25 % bedeuten.

Wenn der Waldrand in Gebieten mit hoher Stickstoffbelastung liegt und daher stärker gefährdet ist, **wie hoch ist dann schätzungsweise der Waldrandanteil (bis 100 m Walddtiefe) in Gesamtbayern?**

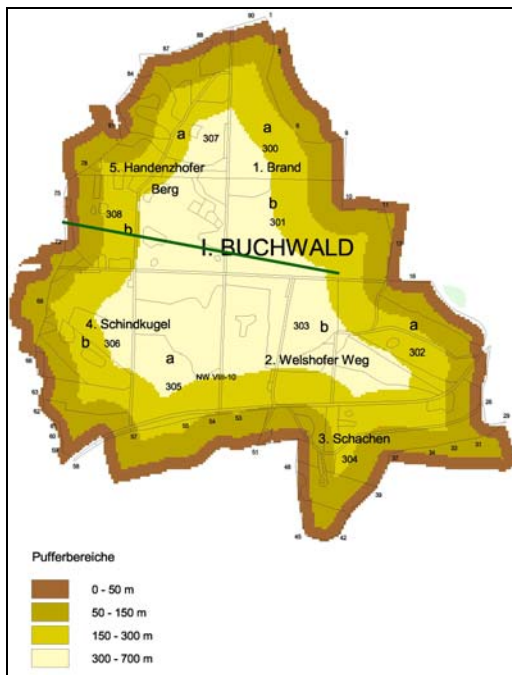


Abb. 5: Waldrandbereiche mit unterschiedlich hohen Einträgen entsprechend der Transektmessungen (siehe Abb. 4) im Forstamt Fürstfeldbruck, Distrikt I Buchwald

Schätzt man den Waldrandanteil mit dem Walddecker 1:50.000, so zeigt sich, dass der Waldrandbereich bis 100 m ca. 40 % der bayerischen Waldfläche umfasst (Abb. 6). Zum Vergleich: Unsere niederländischen Nachbarn gehen von einem geschätzten Waldrandanteil von ca. 50 % aus.

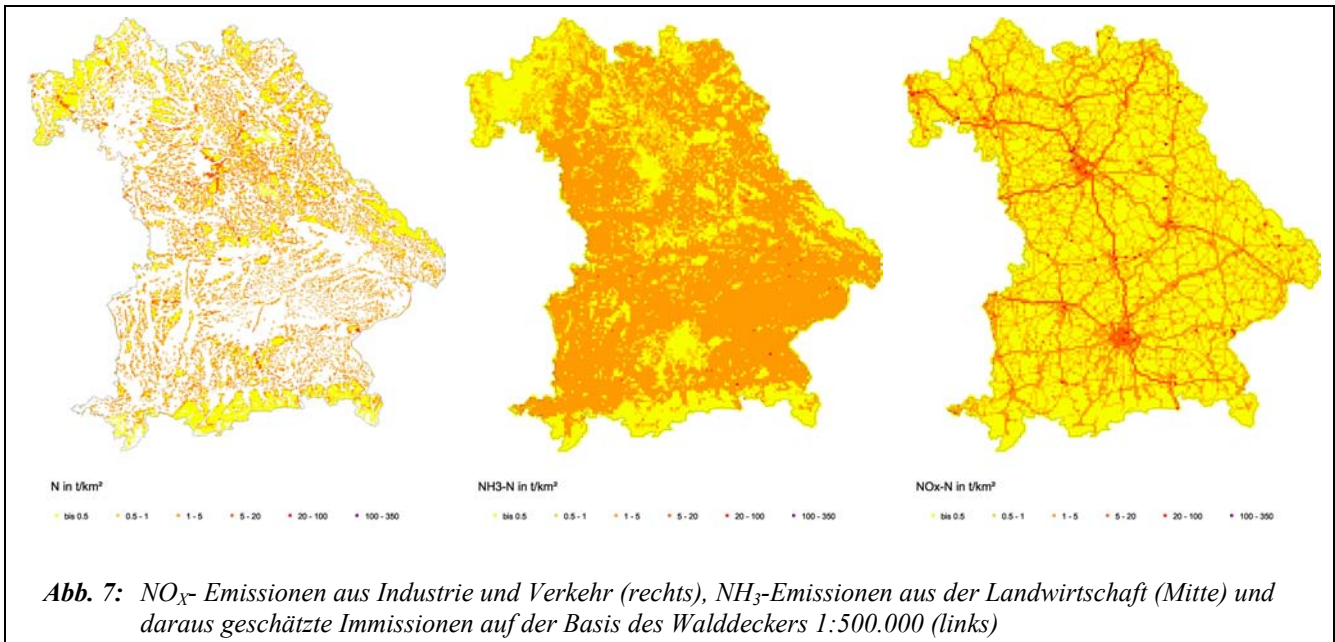
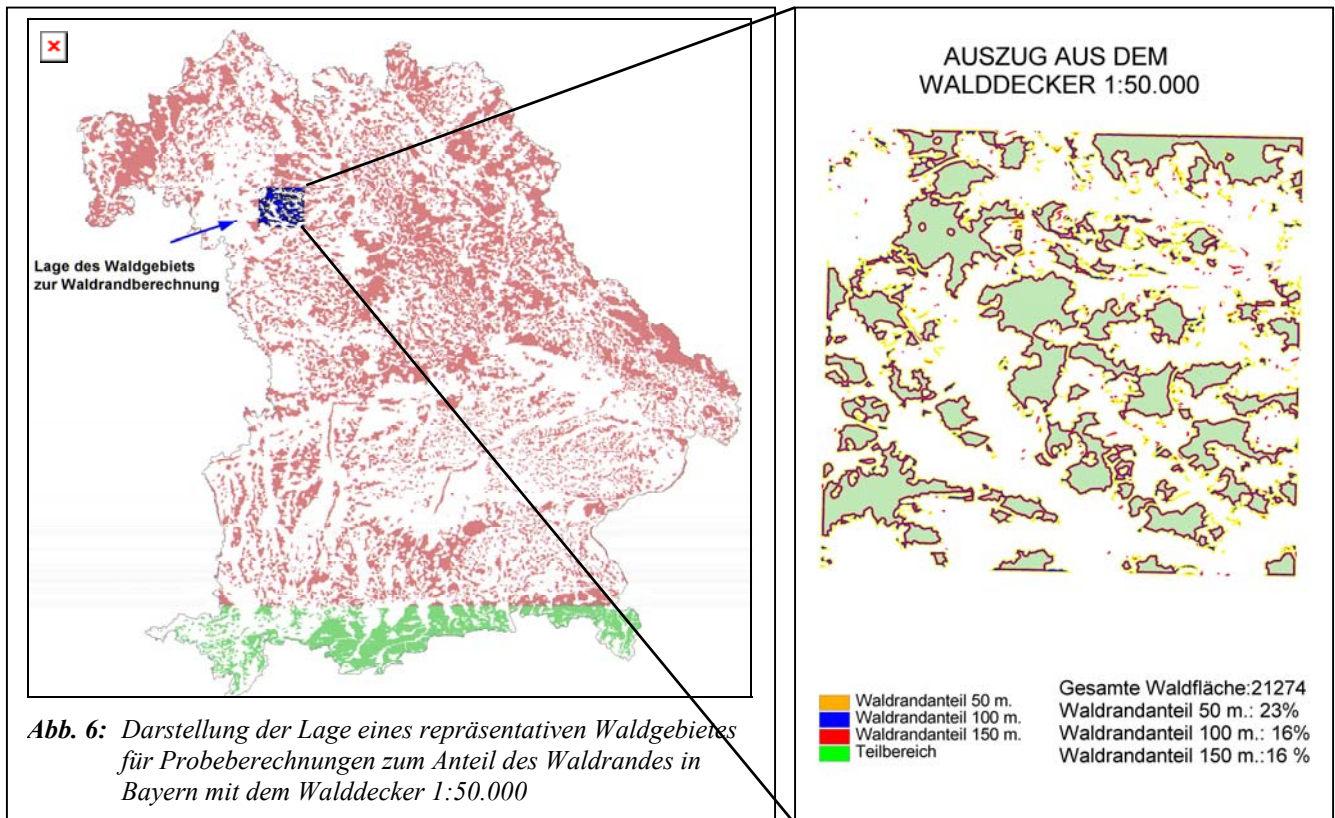
Große, zusammenhängende Waldgebiete liegen in Bayern im Spessart, im Alpenraum und Oberpfälzer Wald. Kleine, zerstückelte Gebiete finden sich im Tertiären Hügelland, in Teilen der Alt- und Jungmoränenlandschaft. **Demnach sind die für erhöhte Stickstoffeinträge besonders gefährdeten Gebiete dort zu suchen, wo hohe Belastungen aus Landwirtschaft, Industrie und Verkehr auf kleine, zerstückelte Waldgebiete treffen.** Abbildung 7 zeigt hierzu die Stickoxid- und Ammoniakemissionen in Bayern (Quelle: LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (LfU)), die summiert und dann mit dem Walddecker 1:500.000 verschnitten wurden. Daraus ergibt sich ein Überblick über die Lage besonders gefährdeter Waldgebiete; z. B. das Tertiäre Hügelland.

Auch der *Bestandestyp* und die *Bewirtschaftungsform* beeinflussen den Nitrataustrag. Fichtenreinbestände und starke Eingriffe wie z. B. Kahlschläge zeigen die höchsten Nitratausträge (Abb. 8). Nadel- und Laubhölzer unterscheiden sich sowohl in den verschiedenen hohen Eintragsraten als auch in den bevorzugten Komponenten bei der Stickstoffernährung. Harthölzer nehmen in der Regel mehr Nitrat-Stickstoff als Ammonium auf.

Das *Bestandesalter* ist ebenfalls zu berücksichtigen, da ein Jungbestand in der Biomasseaufbauphase deutlich mehr Stickstoff festlegen und nutzen kann als ein Altbestand.

Tab.1: Kennwerte des Stickstoffstatus aus der Ökosystembilanz (aus: BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (BML) 2000)

Typ	Output	Input	Output: Input	N-Status	Durch Werte repräsentiert
1	$< 5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	$< 25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	≤ 1	nicht gesättigt	83 (54%)
2	zwischen 5 und $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	zwischen 5 und $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	≤ 1	gesättigt auf niedrigem Niveau	33 (22%)
3	$> 15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	$> 15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	≤ 1	gesättigt auf hohem Niveau	22 (14%)
4			> 1	N-Freisetzung im System (Störung)	15 (10%)
Σ					153 Messorte (bei nur rund 50 versch. Standorten)

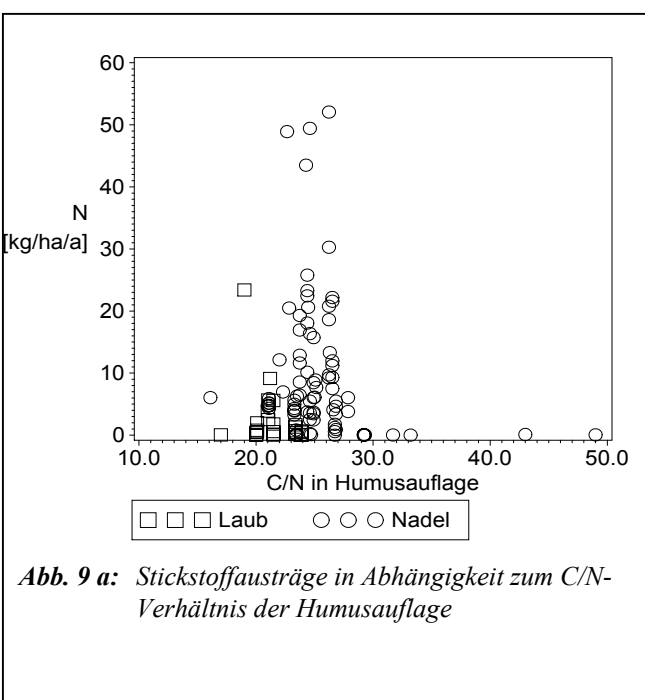
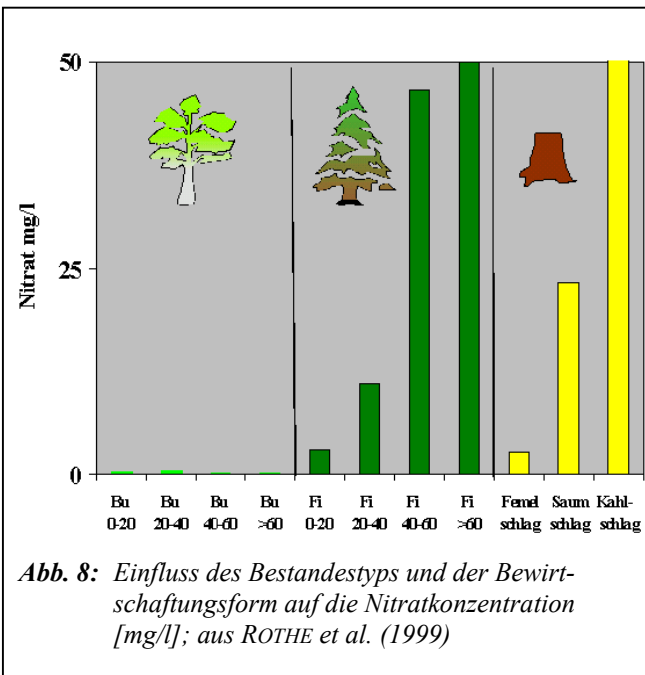


Standort und Bodentyp beeinflussen den Nitrataustrag hauptsächlich, wenn es sich um sandige, also sehr durchlässige Böden handelt. Von Bedeutung ist auch die Humusform. Bei den Moderhumusformen werden C/N-Verhältnisse von 20-30 erreicht (Abb. 9 b), genau der Bereich, der das höchste Nitrataustragsrisiko birgt (Abb. 9 a).

Hier ist das Verhältnis von Stickstoff und Kohlenstoff anscheinend optimal für die Ernährung der Bakterien, die den Umsatz bei der Mineralisation leisten.

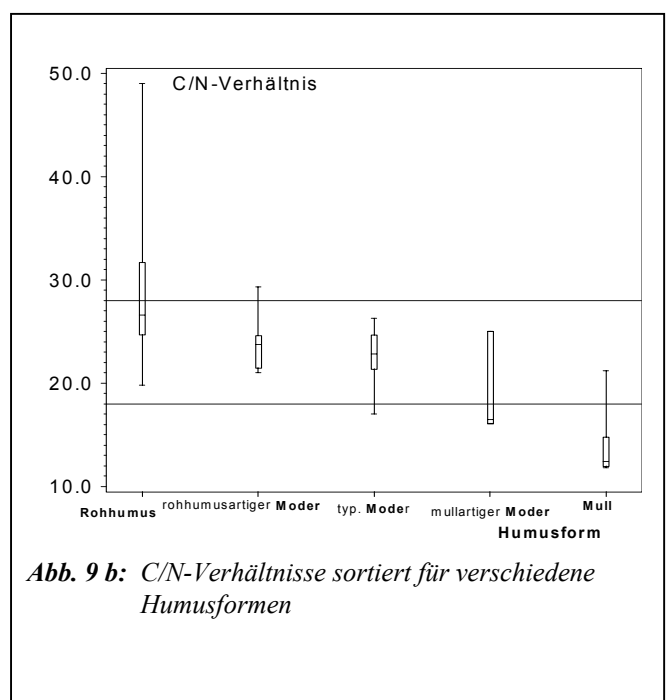
Klare Fakten können Argumentationspotentiale für eine Diskussion um Eintragsreduktionen schaffen. Daher werden die Ergebnisse von

MELLERT et al. bereits mit Spannung erwartet. Falls sich auf regionaler Basis dabei geringere Nitrataustragsrisiken abzeichnen sollten als nach Schätzungen erwartet, kann mit diesem Ergebnis gleichzeitig dargestellt werden, welchen großen Nutzen für den Grundwasserschutz Waldflächen im Rahmen regulärer Forstwirtschaft erfüllen. Dabei werden große, zusammenhängende Mischwaldgebiete in Zukunft eine wichtigere Rolle spielen als bisher.



Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): Kennwerte zur Charakterisierung des ökochemischen Bodenzustandes und des Gefährdungspotentials durch Bodenversauerung und Stickstoffsättigung an Level II-Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen. Arbeitskreis C der Bund-Länder Arbeitsgruppe Level II, 167 S.
- CALLESEN, I.; RAULUND-RASMUSSEN, K.; GUNDERSEN, P.; STRYHN, H. (1999): Nitrate concentrations in soil solutions below Danish forests. *Forest Ecology and Management* 114, S. 71-82
- NAGEL, H.-D.; GREGOR, H.-D. (1999): Ökologische Belastungsgrenzen, Critical Loads und Levels. Springer Verlag, 259 S.
- ROTHE, A.; BRANDT, S.; HURLER, R. (1999): Waldbewirtschaftung und Nitratbelastung des Grundwassers. *AFZ/Der Wald* 10, S. 531-533
- SPANGENBERG, A.; KÖLLING, C. (2002): Aktueller Kenntnisstand und Datengrundlage zum Stickstoffstatus in Bayern. Materialienband der LWF, unveröffentlicht, 70 S.
- SPANGENBERG, A. (2002): Stickstoffbelastung an Waldrändern – Untersuchungen in südbayerischen Regionen mit hoher Ammoniakemission. *Forstliche Forschungsberichte München*, Band 190, 176 S.
- SPANGENBERG, A.; KÖLLING, C. (2001): Sind Bayerns Wälder stickstoffgesättigt? - Eine Zusammenstellung neuerer Forschungsergebnisse. *AFZ/Der Wald* 20, S. 1074-1076



Vom Punkt auf die Fläche

Nitratinventur und Regionalisierung

*von Karl-Heinz Mellert, Andreas Gensior, Andrea Spangenberg, Gernot Rücker, Verena Kukuk, Uwe Gmach, Matthias Riß und Christian Kölling**

Dieser Beitrag befasst sich mit dem von der bayerischen Staatsforstverwaltung finanzierten und derzeit laufenden Kuratoriumsprojekt B 61 „Regionale Übersicht über den Stickstoffstatus und das Nitrataustragsrisiko in Bayerns Wäldern“. Das Projekt bearbeiten LWF und TU München gemeinsam. Die Nitratinventur (Teilprojekt A) führt die LWF durch, die Regionalisierung (Teilprojekt B) die TU München.

Projektidee

Obwohl es bereits viele Erkenntnisse aus Fallstudien und Monitoringprogrammen zum Problemkreis Stickstoffsättigung und Nitrataustrag gibt, ist bislang noch kein praktikables System zur Vorhersage des Stickstoff-Status (N-Status) größerer bewaldeter Flächen in Deutschland verfügbar. Wegen des möglichen Verlustes erheblicher Mengen an Kationen und Nitrat berührt die Stickstoffsättigung der Wälder nicht nur die Forstwirtschaft, sondern auch die Wasserwirtschaft, speziell die Versorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser.

Projektziel

Ziel der Studie ist es,

- eine Übersicht über den Stickstoffstatus bayerischer Wälder zu geben, die es erlaubt, Problemregionen zu lokalisieren;
- das regionale Nitrataustragsrisiko besonders in den belasteten Wäldern abzuschätzen;
- einen Kriterienkatalog für Stickstoffsättigung und Nitrataustrag zu erstellen, der Hinweise für vordringliche Gegenmaßnahmen geben soll;
- eine Planungsgrundlage zur angepassten Waldbewirtschaftung in Form einer aktualisierbaren Karte des Stickstoffstatus als forstliches geographisches Informations-

system (GIS) für ein Modellgebiet und einen Modellforstbetrieb bereitzustellen.

Ablauf der Projektarbeit

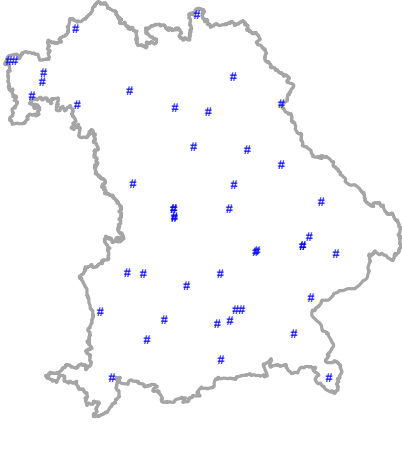
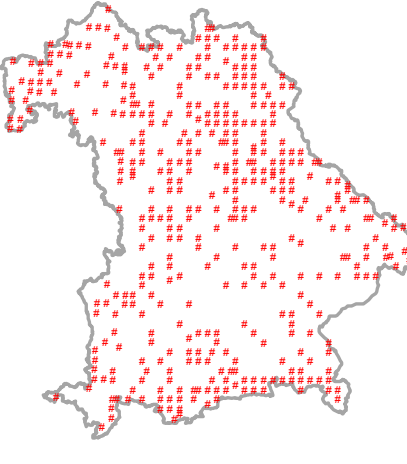
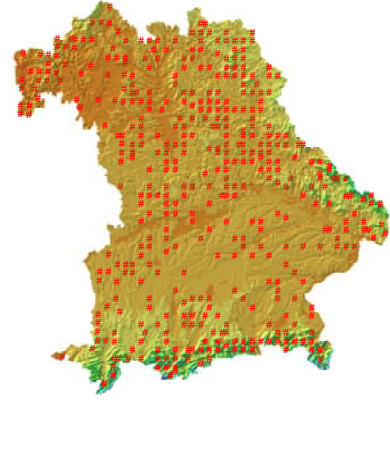
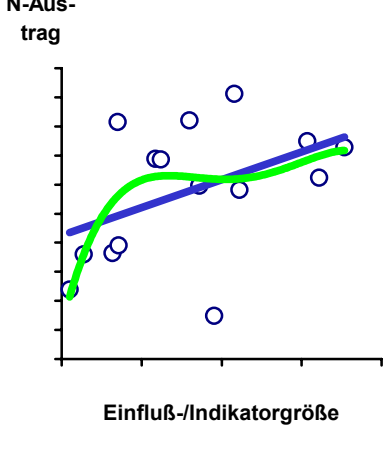
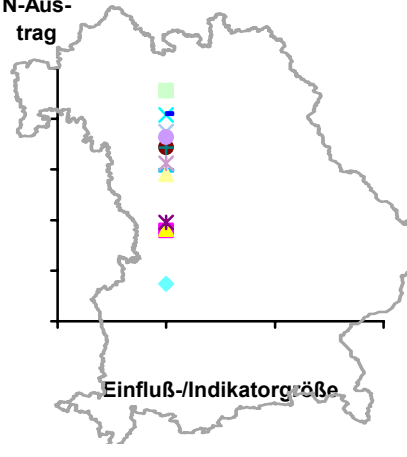
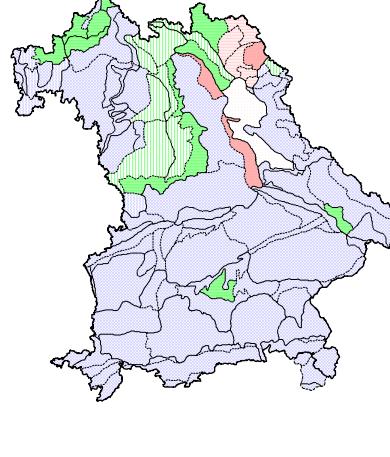
Tab. 1 bietet einen Überblick über die Projektphasen (I bis VI). Die in Bayern vorliegenden Daten aus Studien von LWF und TU München zum N-Haushalt wurden gesammelt und in einer Datenbank zusammengeführt. Fremddaten vor allem aus der Literatur ergänzen diese Fallstudien-Datenbank (Tab. 1-I.).

Anhand der Nitratinventur an den WBI-Punkten (Tab. 1-II.) wird ein erster, rasterpunktartiger Überblick des N-Status in Bayern erstellt. Diese Rasterpunktarte bietet eine Übersicht über den bayernweiten N-Status der Bestände. In einigen Fällen ist jedoch der Bestand am Rasterpunkt nicht repräsentativ für die umgebenden Bestände bzw. Wälder, sondern repräsentiert eine ganz bestimmte Faktorenkombination. Hier setzt die Regionalisierung an. Über statistische Analyse wird ermittelt, welches Risiko unter welcher Faktorenkonstellation herrscht.

Hierzu werden weitere Datengrundlagen benötigt (Tab. 2). So wurden beispielsweise die Daten für die N-Deposition über ein vorhandenes GIS-Modell (NAGEL und GREGOR 1999) für die einzelnen Inventurpunkte berechnet (Tab. 1-III.).

* KARL-HEINZ MELLERT, VERENA KUKUK, UWE GMACH und MATTHIAS RIß arbeiten im Fachgebiet „Waldernährung und Wasserhaushalt“ der Technischen Universität München; Dr. ANDREAS GENSIOR und Dr. CHRISTIAN KÖLLING sind Mitarbeiter im Sachgebiet „Standort und Umwelt“ der LWF; Dr. ANDREA SPANGENBERG war Mitarbeiterin im Sachgebiet „Standort und Umwelt“ der LWF; GERNOT RÜCKER ist Mitarbeiter der Firma Zebris GeoConsult, München.

Tab. 1: Ablauf der Projektarbeit

		
I. Vorhandene Datengrundlagen aus Level-II-Programm und Fallstudien	II. Ergänzung der Datengrundlagen durch Nitratinventur in den WBI-Beständen	III. Akquisition und Anpassung von GIS-Daten und Vervollständigung der Datengrundlagen für die Regionalisierung
N-Aus-trag  Einfluß-/Indikatorgröße	N-Aus-trag  Einfluß-/Indikatorgröße	
IV. Entwicklung des Kriterienkatalogs und der empirischen Modelle einschließlich Validierung	V. Entwicklung eines Regionalisierungsverfahrens basierend auf einem Flächendaten-Modell	VI. Erstellung von landesweiten und regionalen Übersichten des N-Austrags

Das Verfahren zur Regionalisierung wird aus den Zusammenhängen zwischen den verschiedenen Indikatorgrößen (Tab. 2) und den im Rahmen der Nitratinventur gemessenen Nitratkonzentrationen abgeleitet (Tab. 1-IV.). Das Regionalisierungsverfahren wird in eine GIS-Applikation integriert. In diesem System sind die in entsprechende Flächeninformationen umgewandelten Datensätze der verschiedenen Indikatoren enthalten (Flächenkarten). Die Prognose von

Stickstoffsättigung und Nitrataustrag erfolgt über die rechnerische Verknüpfung der Flächenkarten (Layer) mit den entwickelten Algorithmen (Tab. 1-V). Das Ergebnis wird eine landesweite Übersicht des N-Austragsrisikos sein (Tab. 1-VI). Für die „Modellregion München“ (siehe Abb. 1) werden detailliertere Kartendarstellungen erarbeitet (siehe Anwendungsbeispiel).

SCHWERPUNKT

Tab. 2: Datensatz Modellentwicklung und Regionalisierung

Parametergruppe	Betrachtete N-Haushaltsgrößen	Benutzter Indikator
geographische Lagedaten	N-Deposition	Exposition, Neigung
Forstlicher Standort	N-Mineralisation N-Aufnahme und N-Speicherung	Geologie, Bodentyp, Standortseinheit, Klima, Humusform, Bodenvegetation
Waldbestand	N-Deposition N-Aufnahme und N-Speicherung	Holzart, Höhe, Dichte, Baumart, Alter, Bestockungsgrad, Bonität
Stoffhaushalt	N-Aufnahme und N-Speicherung N-Mineralisation N-Deposition N-Austrag	N-Ernährung C/N-Verhältnis N-Deposition (Depositionsmodell) Landnutzung (Umgebung) Bestandesdeposition Nitratkonzentration im Sickerwasser *Sickerung
Wasserhaushalt	Sickerung/Grundwasserabflußspende	Sickerung aus klimatischer Wasserbilanz bzw. Wasserhaushaltsmodellen

Erste Ergebnisse

Waldtypenkartierung: Auf der Grundlage von Satellitendaten wurde eine Waldtypenkarte zur Charakterisierung der Wälder erstellt. Diese Karte enthält für die Einschätzung der N-Sättigung wichtige Eigenschaften des Waldes wie Holzarten und Altersklassen. Der Einsatz von Satellitendaten ermöglicht bei Bedarf eine relative einfache und schnelle Erstellung von Stickstoffsättigungskarten für bestimmte Gebiete. Die rasche Aktualisierungs-

möglichkeit der Karte ist insbesondere auch dann hilfreich, wenn wegen schlagartig eintretender großflächiger Ereignisse (beispielsweise Kalamitäten durch Borkenkäfer oder Sturm) eine plötzliche Änderung der Datengrundlagen eintritt. Aber auch das planmäßige Wirtschaften führt zu einem Aktualisierungsbedarf etwa im Zehnjahreszyklus.

Kenndaten zum Stickstoff

Stickstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das erst bei -196°C flüssig wird und bei -210°C erstarrt. In der Atmosphäre nimmt es einen Anteil von rund 78 Volumenprozent ein, ist also allein von seiner Menge her für den Menschen bedeutsam. In der Erdkruste kommt es ähnlich häufig vor wie Lithium oder Cobalt. Große mineralische Stickstoffvorkommen findet man in Form von Chilesalpeter (NaNO_3) und Kalisalpeter (KNO_3).

Alle Organismen enthalten Stickstoff in Form von Proteinen und Nukleinsäuren. Er ist daher essentiell für alle Pflanzen und Tiere. Der Körper eines Erwachsenen mit einem Durchschnittsgewicht von 70 kg enthält beispielsweise knapp 2 kg Stickstoff. Alle tierischen Organismen gewinnen Stickstoff aus der Nahrung. Pflanzen nehmen anorganischen Stickstoff in Form von Ammonium und Nitrat aus ihrem Substrat auf.

Nur einige Bakterienarten können Luftstickstoff fixieren. Nur wenige Pflanzen - wie zum Beispiel die Schwarzerle - sind in der Lage, über Symbiosen mit Bakterien (in ihren Wurzelknöllchen) auch Luftstickstoff zu nutzen.

Dr. Andrea Spangenberg

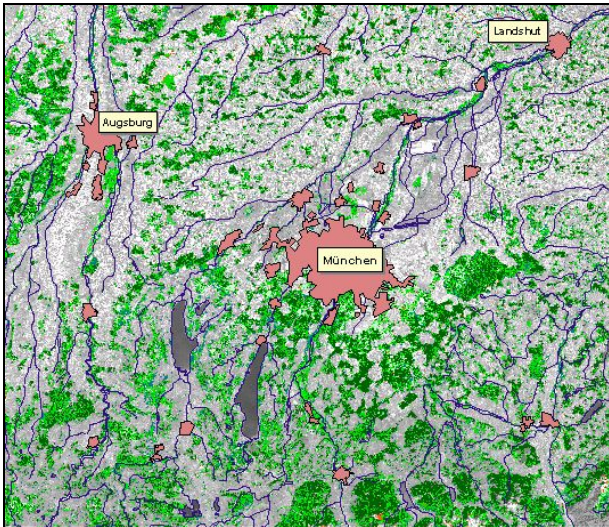


Abb. 1: Klassifikation der Waldtypen im Modellgebiet

Nitratinventur

Im Zuge der Nitratinventur wurden bisher 80 WBI-Bestände untersucht (Stand Mai 2002). Die höchsten bisher in der Studie erfassten Nitratkonzentrationen finden sich zum einen in

Böden, die „von Natur aus“ hohe Nitratkonzentrationen aufweisen (z. B. nährstoffreiche Auenböden), zum anderen bei Böden in Waldrandlage, in Nachbarschaft zu landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen (teilweise Nitratkonzentrationen > 200 mg/l in allen Mineralbodenhorizonten). Die Nitratkonzentrationen streuen auch innerhalb der Beprobungsflächen zum Teil erheblich. Offensichtlich können in allen Böden „hot spots“ auftreten, Bereiche extremer Konzentrationen bzw. Austräge, wodurch der Nitrataustrag in der Regel unterschätzt werden dürfte.

Die Häufigkeitsverteilung der Nitratkonzentrationen unterhalb des Hauptwurzelsraumes (Abb. 2) verdeutlicht, dass der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/l) im Unterboden in 10 % aller ausgewerteten Standorte meist erheblich überschritten wird. Da die Zusammensetzung des Bodenwassers in 60 – 100 cm Tiefe als repräsentativ für die aus dem Hauptwurzelsraum ausgewaschene Bodenlösung betrachtet wird, lassen diese ersten Ergebnisse aufhorchen.

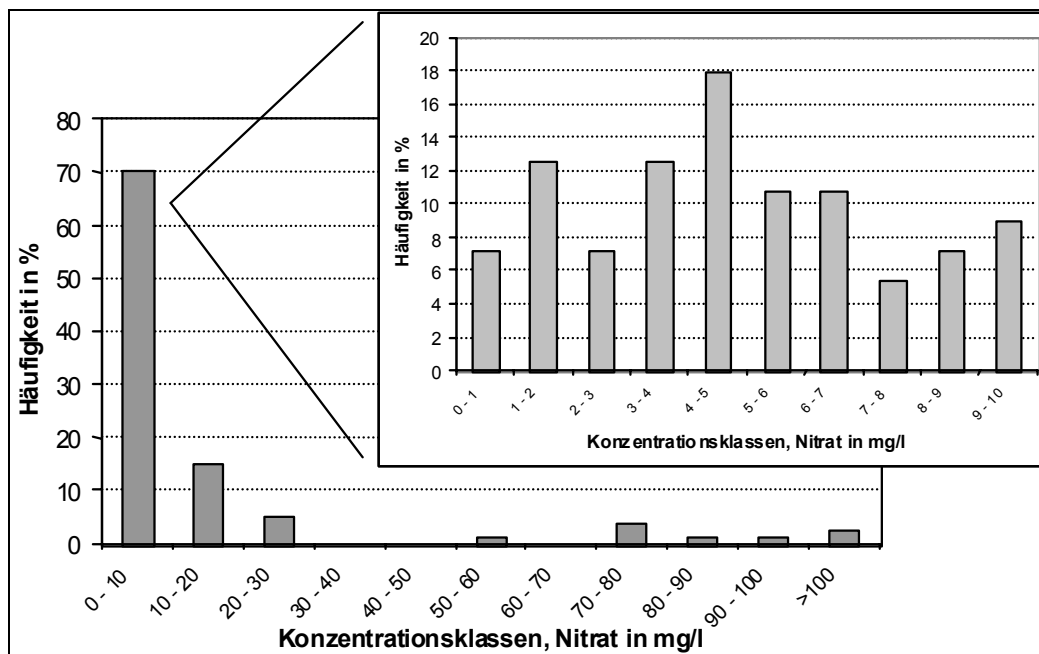


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Nitratkonzentrationen bayerischer Waldböden in 60 – 100 cm Tiefe (n = 80 Standorte)

Anwendungsbeispiel „Trinkwasserschutzwald“

Das Beispiel einer Flächenstudie im Auftrag von 14 Wasserversorgungsunternehmen in der südöstlichen Münchener Schotterebene, deren Wasserschutzgebiete ganz überwiegend und zum Teil vollständig im Wald liegen, soll eine Anwendungsmöglichkeit regionalisierter Nitratuntersuchungen aufzeigen (GMACH 1999, RIB 2000).

Hauptgegenstand der Studie war die Frage, ob der innerhalb der letzten 30 Jahre beobachtete Anstieg der Nitratkonzentration der Brunnenrohrröhren (Abb. 3) mit einer entsprechenden Befruchtung des Waldsickerwassers zu erklären ist oder ob die Quellen dafür außerhalb des Waldes

zwischen Holzart und Alter, die auf die aus den Forsteinrichtungskarten ermittelten Informationen übertragen wurden (Abb. 4). Der für den Deisenhofener Forst ermittelte flächengewichtete Durchschnitt der Nitratkonzentration betrug demnach 6,5 mg/l (95 % Konfidenzintervall 3 – 10 mg/l).

Dies bedeutet, dass die Nitratbelastung aus den bewaldeten Gebieten den Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser nicht erklären kann. Im Gegenteil, Wald puffert den größten Teil der ihn treffenden Belastung ab. Diese Pufferung bedeutet jedoch, dass der N-Sättigungsgrad des Waldes steigt. Gerade bei Fichtenaltbeständen wurden bereits deutliche Sättigungserscheinungen festgestellt. Dies unterstreicht die Bedeutung der Anstrengungen, Laubholz in diese fichtendominierten Wälder

einzubringen. Die forstlichen Zielsetzungen im Wuchsgebiet wurden also auch aus der Sicht des Stoffhaushalts bestätigt.

Verglichen mit anderen südbayerischen Untersuchungsgebieten weist die am stärksten bewaldete südöstliche Schotterebene die niedrigsten Werte aus. Sowohl die Ergebnisse von SPANGENBERG als auch diejenigen von Flächenstudien in der westlichen Münchener Schotterebene, im Lechfeld (KUKUK 2001) und im Eurasburger Forst (ROTHE, BRANDT und HURLER 1999) sprechen dafür, dass die Bewaldung der Landschaft ein ganz entscheidendes Kriterium für den N-Status des Waldes darstellt. Die Beantwortung der Frage, ob sich der Befund „viel Wald = wenig Nitrat“

für ganz Bayern bestätigt, ist eines der Ziele (siehe Projektziele), die im Wege des laufenden Projektes erfüllt werden sollen. Die zumindest gebietsweise erhebliche Verbesserung der digitalen Datengrundlage zum Wald wirkt einen Nebennutzen ab. Von den Erfahrungen aus Fernerkundung und GIS können alle profitieren, die mit Flächendaten zu tun haben.

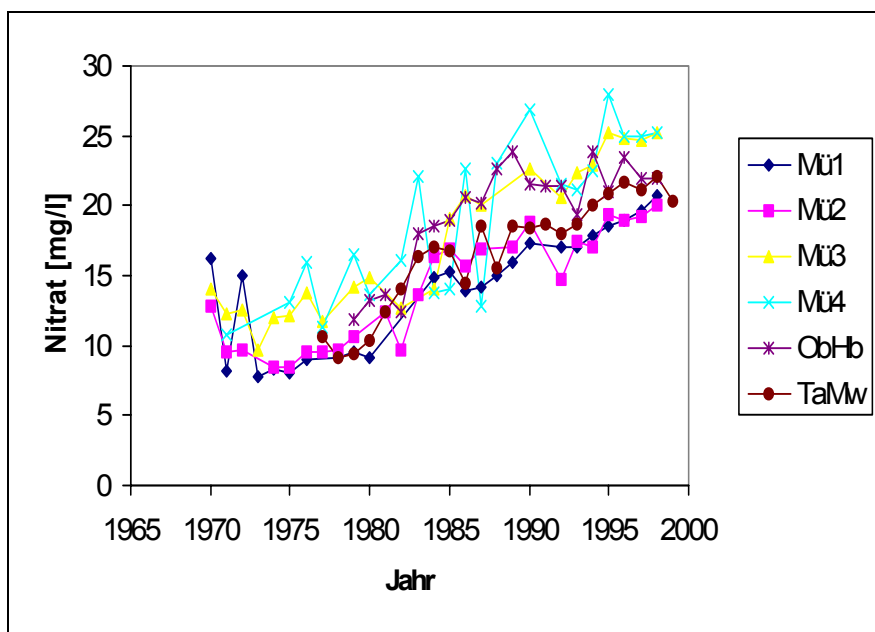


Abb. 3: Nitratkonzentration in den Rohwässern verschiedener Brunnen im Deisenhofener Forst, aus GMACH (2000)

liegen müssen. Die flächige Abschätzung der Nitratbelastung aus dem Wald erarbeitete Matthias RIB im Rahmen seiner Diplomarbeit (RIB 2000).

Bei der Untersuchung des Trinkwasserschutzwaldes wurde ähnlich wie bei der bayernweiten Nitratinventur Nitrat vor Ort gemessen; allerdings nicht im Raster, sondern in repräsentativen Beständen und nicht als einmaliger Extrakt, sondern aus einer einjährigen Sickerwasserprobenkampagne. Die Prognose von Stickstoffsättigung und Nitrat-
austag erfolgt über die empirischen Beziehungen

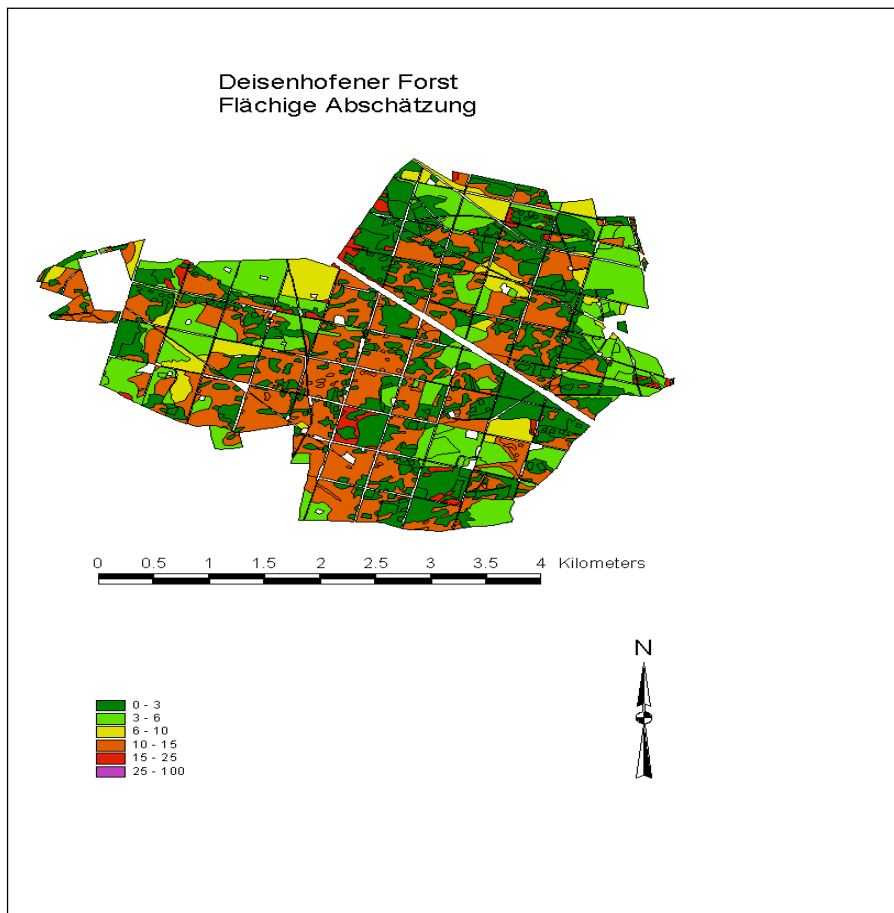


Abb. 4: Bestandsweise flächige Abschätzung der Nitratkonzentration im Deisenhofener Forst; aus Riß (2000)

Literatur

- GMACH, U. (2000): Untersuchung zur Nitratbelastung in den Wäldern der südlichen Münchener Schotterebene, 1. Teil – Einfluß von Baumart, Alter und Verjüngungsverfahren. Diplomarbeit TU München
- KUKUK, V. (2001): Studien zum Bestandeseinfluss auf die Nitratbelastung des Sickerwassers südbayerischer Modellbestände. Diplomarbeit TU München
- RIß, M. (2000): Untersuchung zur Nitratbelastung in den Wäldern der südlichen Münchener Schotterebene, 2. Teil - Flächige Abschätzung und Prognose. Diplomarbeit TU München
- ROTHE, A.; BRANDT, S.; HURLER, R. (1999): Waldbewirtschaftung und Nitratbelastung des Grundwassers. AFZ/Der Wald 10, S. 531-533

Stickstoff – die Karriere eines Elements vom Mangel zum Überfluss

Als der Schotte DANIEL RUTHERFORD 1772 nacheinander eine Maus, eine Kerze und einen Filter zur Entfernung von Kohlendioxid unter eine Glasglocke setzte, nannte er den übrig gebliebenen Stoff „noxious“ – schädlich, da die Maus tot und die Flamme ausgegangen war. Daraus wurde später „Stickstoff“, die Substanz, die alles erstickt. Als Grundstoff für Eiweiße und Nukleinsäuren hat Stickstoff für die Pflanzenernährung eine große Bedeutung. In vielen Teilen der Welt ist er bis heute Mangelware. Erst seit der industriellen Nutzung des Haber-Bosch-Verfahrens nach dem 2. Weltkrieg wurde Stickstoff in hochproduktiven Agrarländern zum Überflusselement. Bei diesem Verfahren wird Ammoniak aus Luftstickstoff für die Düngemittelproduktion gewonnen. Dadurch reichert sich die in Böden, Gewässern und Nahrungsmitteln enthaltene Stickstoffmenge ständig an. Seit 1960 hat sich die künstliche Fixierung von Stickstoff mehr als verdoppelt.

Dr. Andrea Spangenberg

Verjüngung von Fichtenaltbeständen

Beeinflusst der Standort den Nitrataustrag?

von Wendelin Weis*

Fichtenaltbestände werden in Bayern in der Regel im Femelschlag unterschiedlicher Intensität verjüngt. Darüber hinaus entstehen Kahlflächen sowohl auf natürliche Weise (Sturmwurf oder Borkenkäferkalamitäten) als auch im Zuge der Bewirtschaftung (Saum- und Kahlschlagsbetrieb). Beides greift in den Stoffhaushalt der Wälder ein. Der erhöhte Strahlungseinfall führt zu einer verringerten Nährelementaufnahme im Altbestand und beschleunigt bodenbiologische Prozesse wie Mineralisation und Nitrifikation. Daraus folgen hohe Nitratausträge mit dem Sickerwasser und, falls das Nitrat bis in den Grundwasserleiter gelangt, eine Beeinträchtigung des Trinkwassers. Gleichzeitig können hohe Nitratausträge den Export von Nährstoffkationen aus dem Oberboden bewirken und damit die Bodenfruchtbarkeit verschlechtern.

Forschungskonzept

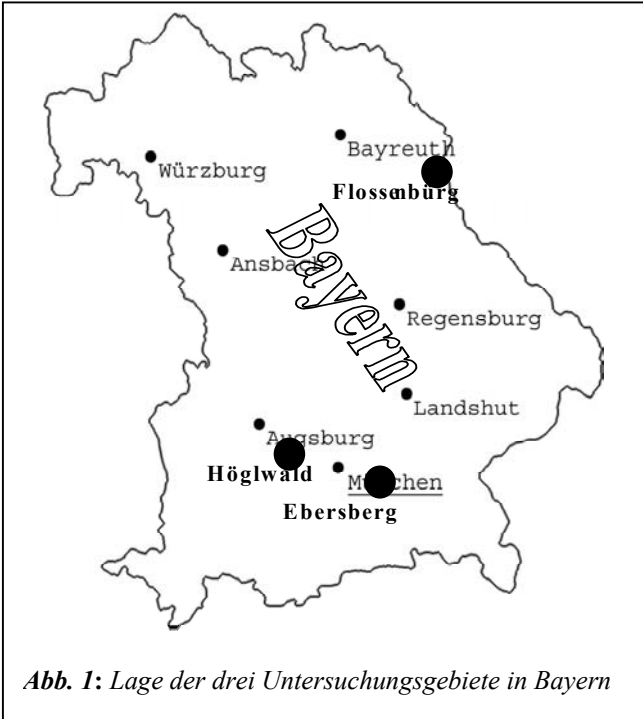
Ob und in welchem Ausmaß sind Nitratausträge bei der Verjüngung von Fichtenaltbeständen auf Femel- und Kahlflächen zu erwarten? Um diese Frage im Rahmen des von der Bayerischen Staatsforstverwaltung finanzierten Projektes B 59 zu beantworten, wurde in drei repräsentativen Beständen Bayerns das Sickerwasser analysiert. Die gewählten Standorte in den Forschungsbeständen der Waldklimastationen Ebersberg (Münchener Schotterebene), Flossenbürg (Innerer Oberpfälzer Wald) und Höglwald (Oberbayerisches Tertiärhügelland) (Abb. 1) unterscheiden sich hinsichtlich Klima, Boden, Stoffeintrag, Bestandesdichte und Bodenvegetation (Tab. 1). An jedem Standort wurden der Stoffeintrag mit dem Bestandesniederschlag sowie die Elementkonzentration im Sickerwasser unterhalb der organischen Auflage (Gravitationslysimeter) und in 40 cm Bodentiefe (Saugkerzen) mit je 10

Tab. 1: Standortmerkmale der Untersuchungsgebiete

Lage und Klima	Höhe über NN	T (Jahresmittel)		T (Veg. Per.)	Veg. Per. (T > 5 °C)	NDS	N-Eintrag Bestand	
	[m]	[°C]		[°C]	[d]	[mm a ⁻¹]	[kg ha ⁻¹]	
Flossenbürg	840	5.5		11	180	900	18	
Ebersberg	540	7.5		13	225	1000	15	
Höglwald	540	7.8		13	225	870	30	
Boden/-Vegetation	Humustyp		Bodentyp	Bodenart	potentielle Vegetation		aktuelle Vegetation	
Flossenbürg	Rohhumus - Grasswurzelmöder		podsolierter Braunerde	LS - SI	Domfarn-Buchenwald		Heidelbeere/Drahtschmiele	
Ebersberg	Rohhumus-Möder		Parabraunerde	Ul - LS	Hainsimsen-Buchenwald		++ Moosschicht - Krautschicht	
Höglwald	Möder		Parabraunerde	LS - Lt	Hainsimsen-Buchenwald		++ Moosschicht - Krautschicht	
Bestand	Alter	Anzahl	BHD	Grundfläche	Mittelhöhe	Vorrat	Bestockungsgrad	Aufflichtung Femel
	[a]	[ha ⁻¹]	[cm]	[m ² ha ⁻¹]	[m]	[m ³]	[m ³]	[%]
Ebersberg	85	520	40	64	33	966	1.08	34
Flossenbürg	85-100	544	31	41	25	560	0.86	40
Höglwald	95	620	39	79	35	1309	1.16	10

* Dr. WENDELIN WEIS war Mitarbeiter im Fachgebiet „Waldernährung und Wasserhaushalt“ der Technischen Universität München und ist derzeit Mitarbeiter im Sachgebiet „Standort und Umwelt“ der LWF.

bzw. 20 (Höglwald) Parallelen für Altbestand, Femel- und Kahlfäche erfasst. Die Probennahme erfolgte in zwei- bis vier-wöchigen Abständen,



begann ca. ein halbes Jahr vor Entnahme der Bäume und endete zwei Vegetationsperioden nach dem Eingriff.

Ergebnisse

Die Konzentrationsverläufe und mittleren Konzentrationen für Nitrat von Femel- und Kahlfächen sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Wasser- und Stoffflüsse der wichtigsten Nährelemente nach Gruppenschirmstellung und Kahlschlag.

Auf allen drei Standorten wurde auf der Kahlfäche eine Erhöhung des Nitrataustrags und jeweils zum Ende der Vegetationsperiode ein Anstieg der Nitratkonzentrationen in 40 cm Tiefe beobachtet. Bei sehr dichten Fichtenaltbeständen ohne nennenswerte Bodenvegetation (Ebersberg, Höglwald) errechnen sich im ersten Jahr nach Kahlschlag Nitratausträge von über 100 kg N/ha, a. Die Nitratkonzentrationen erreichen Werte bis über

130 mg/l (am Standort Höglwald einzelne Saugkerzen bis über 220 mg/l). Im Falle hoher Stickstoffsättigung des Standorts und damit hohen Nitratkonzentrationen schon im Sickerwasser des Altbestandes (Höglwald > 50 mg/l) ändert sich in den ersten beiden Jahren nach Kahlschlag die durchschnittliche Nitratkonzentration auf Grund der höheren Sickerwasserspense kaum. Am Standort Ebersberg dagegen, mit moderaten Stickstoffeinträgen und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser des Altbestandes von unter 5 mg/l, steigt nach Kahlschlag die durchschnittliche Nitratkonzentration auf ca. 35 mg/l an.

Die aufkommende Bodenvegetation reduziert den hohen Nitrataustrag. Dichte, biomassereiche Vegetation kann ihn vollständig kompensieren. Die wichtige Rolle der Bodenvegetation zeigt sich auch am Standort Flossenbürg. Hier kann die unter einem lichten Altholzschirm bereits etablierte Bodenvegetation einen Teil des nach Kahlschlag entstehenden Nitrats aufnehmen. Entsprechend steigen hier die Nitratausträge von ca. 7 kg N/ha, a im Altbestand auf nur knapp 30 kg/ha, a an und gehen bereits im zweiten Jahr auf Werte vergleichbar mit denen des Altbestandes zurück.

Femelhiebe führen, sofern nur einzelne Bäume oder kleine Gruppen von zwei bis drei Bäumen entnommen werden, zu keiner nennenswerten

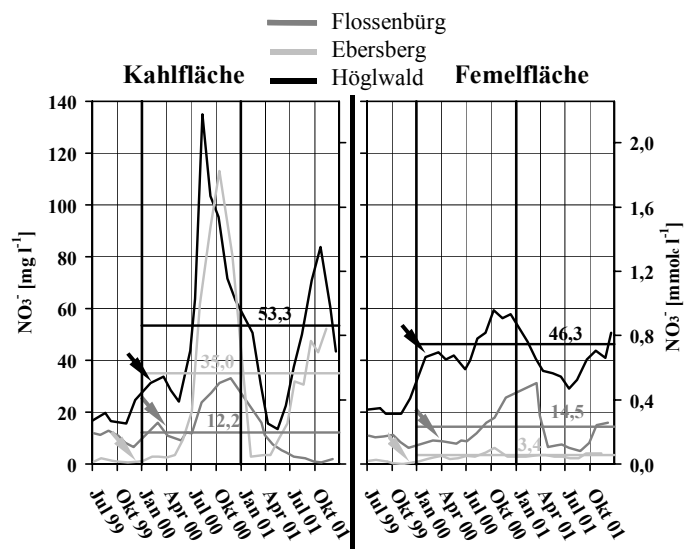


Abb. 2: Zeitverlauf und flussgewichtete Mittelwerte der Nitratkonzentrationen in Flossenbürg, Ebersberg und im Höglwald nach Kahlschlag und Gruppenschirmstellung; die Pfeile markieren den Zeitpunkt des Hiebes.

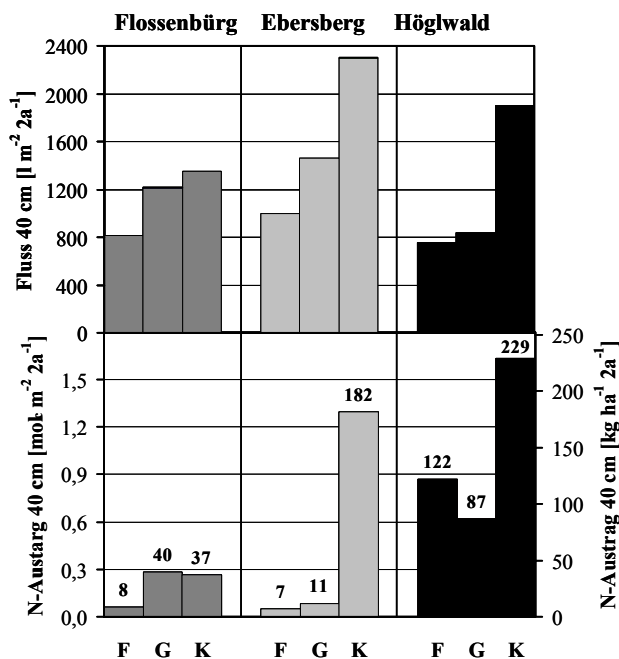


Abb. 3: Sickerwasserfluss und Nitrataustrag in 40 cm Tiefe im Fichtenaltbestand (F) und für die ersten zwei Jahre (2000 und 2001) nach Gruppenschirmstellung (G) und Kahlschlag (K)

Erhöhung der Nitratausträge. Am Standort Höglwald liegen die Nitratausträge bei ca. 35 kg N/ha, a sowohl für den Altbestand als auch für die Femelfläche. In Ebersberg zeigen einzelne Saugkerzen der Femelfläche einen vorübergehenden Anstieg der Nitratkonzentration auf bis zu 20 mg/ha, a, der Nitrataustrag liegt mit ca. 6 kg N/ha, a allerdings nur 3 kg über dem des Altbestands.

Einen Sonderfall bildet die Femelfläche in Flossenbürg. Der kühle Mittelgebirgsstandort erfordert eine etwas weitere Öffnung des Bestandes, um der Verjüngung ausreichend Strahlungswärme zur Verfügung zu stellen. In Folge steigt der Nitrataustrag auf ca. 20 kg N/ha, a. Nitratkonzentrationen wie auf der entsprechenden Kahlfäche werden erreicht. Die Beschattung des verbleibenden Altbestandes verhindert ein zusätzliches Wachstum der Bodenvegetation. Dementsprechend reduzieren sich die Nitratausträge im zweiten Jahr nicht wie auf der Kahlfäche.

Folgerungen

Zwar lassen sich auf Grund der kurzen Beobachtungszeit keine endgültigen Aussagen über die Auswirkungen von Verjüngungsmaßnahmen auf Nitrataustrag und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser treffen, dennoch liegen einige Schlussfolgerungen nahe:

- In stickstoffgesättigten Wäldern beeinflusst das Verjüngungsverfahren vor allem den Nitrataustrag, weniger die Nitratkonzentration im Sickerwasser. Ein moderater Femelhieb vermeidet zusätzliche Stickstoffausträge. Jedoch nur eine Verminderung der Stickstoffeinträge und, längerfristig, die Bevorzugung von Laubbäumen kann die Nitratkonzentration reduzieren.
- In Wäldern mit moderaten Stickstoffeinträgen, die auf Grund ihrer geringen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser prädestiniert für die Trinkwassergewinnung erscheinen,

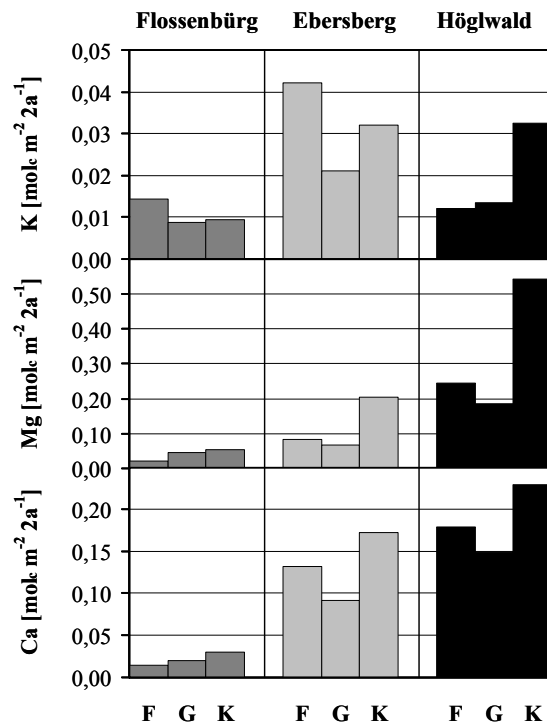


Abb. 4: Austräge von Kalium, Magnesium und Calcium in 40 cm Tiefe im Fichtenaltbestand (F) und für die ersten zwei Jahre (2000 und 2001) nach Gruppenschirmstellung (G) und Kahlschlag

sollten Kahlschläge vermieden werden, da sie zumindest vorübergehend die Nitratkonzentration ansteigen lassen.

- Femelhiebe, die zu Beginn einen weitgehend geschlossenen Bestandscharakter wahren, helfen Nitratausträge gering zu halten. Dagegen können Femelhiebe mit anfänglicher Entnahme größerer Baumgruppen (in Flossenbürg zehn Bäume) ähnliche Nitratausträge wie Kahlflächen aufweisen.

An Standorten mit hohem Kalamitätsrisiko (Sturmwurf, Borkenkäferbefall) kann eine schon im Altbestand ausreichend etablierte Bodenvegetation hohe Nitratausträge aus den Kahlflächen vermeiden. Voraussetzung ist ein lichter Bestandscharakter, der jedoch die Sturmwurfgefahr erhöht, und eine frühe Vorausverjüngung.

Wozu die ganze Aufregung?! – Gesundheitsschäden durch Nitrat

Noch bis in die siebziger Jahre hinein galt Nitrat im Trinkwasser als eigentlich gesundheitsunschädlich, obwohl schon in den fünfziger Jahren die Gefährdung von Kleinkindern und Säuglingen in zahlreichen Studien belegt wurde. Nitrat an sich ist auch harmlos, aber bei einer von Bakterien verursachten Reduktion zu Nitrit können in zweifacher Hinsicht schwere gesundheitliche Schäden auftreten:

1. Nitrit reagiert mit dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin zu Methämoglobin, das keinen Sauerstoff mehr im Blut transportieren kann. Dies kann zu innerer Erstickung führen. Aus verschiedenen Gründen sind Säuglinge dabei besonders gefährdet.
2. Nitrit reagiert im menschlichen Körper zusammen mit Aminen zu N-Nitrosoverbindungen (Nitrosamine und Nitrosamide). Diese Substanzen stehen seit langem in Verdacht, besonders karzinogen zu sein. Das Krebsrisiko durch Nitrataufnahme ist allerdings nur schwer einschätzbar.

Dr. Andrea Spangenberg

Trinkwasseraufbereitung – was kostet uns die Verunreinigung mit Nitrat?

Nicht nur unter Naturschutzaspekten sondern besonders auch hinsichtlich der finanziellen Situation ist die Verschmutzung des Trinkwassers mit Nitrat als schwerwiegendes Problem einzuschätzen. WINJE und LÜHR (1991) schätzen in einer Studie ausführlich die Kosten (bei unterschiedlichen Kategorien wie Beseitigungs-, Ausweich-, Planungs- und Überwachungskosten) ab, die der Wasserversorgung durch erhöhte Nitratwerte im Rohwasser entstehen. Für unterschiedliche Nitrataufbereitungsverfahren muss demzufolge mit bis zu zehnfach erhöhten Kosten pro m³ gerechnet werden, abhängig von der Struktur des Betriebes und der bisherigen Wasserqualität. Das bedeutet, dass in den nächsten Jahren unter Umständen erhebliche Mehrkosten auf die Kommunen zukommen. Als eine der ersten informierten sich daher die Stadtwerke Hannover über alternative Maßnahmen, zum Beispiel mit einem Pilotprojekt zum „Grundwasserschutzwald“, gefördert mit Mitteln des sogenannten „Wasserpfennigs“. Dahinter steht die Erkenntnis, dass sich Vorbeugemaßnahmen zum Grundwasserschutz durchaus rechnen im Vergleich zur chemischen Nitratentsorgung bei akuten Trinkwasserproblemen.

Aus: WINJE und LÜHR (1991): Forschungsbericht 10103110/08, Umweltbundesamt, Nr. 2/91. Erich Schmidt Verlag, Berlin

Nitrataustrag und Durchforstung

Beeinflussen Durchforstungen die Nitratkonzentration des Sickerwassers ?

von Christian Kölling*

Im größtenteils bewaldeten Einzugsgebiet der Wasserversorgung Fürstenfeldbruck wurde auf Anregung der Stadt nach Ursachen für die anhaltende Belastung des als Trinkwasser genutzten Grundwassers mit Nitrat gesucht (Projekt ST 68 der LWF, finanziert von der Bayerischen Staatsforstverwaltung). Die Nitratkonzentrationen liegen in den Brunnen langfristig über 20 mg/l, obwohl das Einzugsgebiet zu etwa 75 % bewaldet ist. Insbesondere interessierte die Frage, ob Durchforstungsmaßnahmen in großem Stil die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser beeinflussen.

Sickerwasseranalyse

In einem noch undurchforsteten Bestand des Einzugsgebiets wurden 54 Saugkerzen zur Entnahme von Sickerwasser installiert und der Bestand danach ortsüblich durchforstet. Ein Teil der Saugkerzen wurde unter nicht gefälltten Kontrollbäumen eingebaut. Der Effekt von Reisighaufen wurde zusätzlich geprüft. Die Analysen ergaben eine hohe Belastung des waldbürtigen Sickerwassers mit Konzentrationen von durchschnittlich 45 mg NO₃/l. Derartig hohe Werte lassen auf eine vollständige Stickstoffsättigung des Bestandes schließen.

Ergebnisse

Die Nitratkonzentrationen differierten jedoch kaum nach den Behandlungsvarianten (gefällt/ungefällt, mit Reisig/ohne Reisig). Die Entnahme von Einzelbäumen im Zuge der Durchforstung ließ die Nitratkonzentrationen nicht signifikant ansteigen. Das weitgehende Ausbleiben dieses in der Literatur beschriebenen Durchforstungseffektes wird mit dem Sättigungszustand des Bestandes in Verbindung gebracht. Auch unter den Reisighaufen erhöhten sich die Nitratkonzentrationen nur geringfügig und nicht signifikant.

Vermehrte Sickerung in den Bestandslücken (fehlende Interzeption) erhöhte hingegen die Nitratfracht deutlich. Der Flächenanteil der Bestandslücken ist jedoch auch bei starker Durchforstung so niedrig, dass ihre Auswirkung auf die gesamte Nitratfracht und damit auf die

mittlere Nitratkonzentration der Grundwasserneubildung gering bleibt.

Die ausgeprägte Stickstoffsättigung des Bestandes kann aber zur Erklärung der allgemein hohen Nitratkonzentrationen im Grundwasser beitragen.

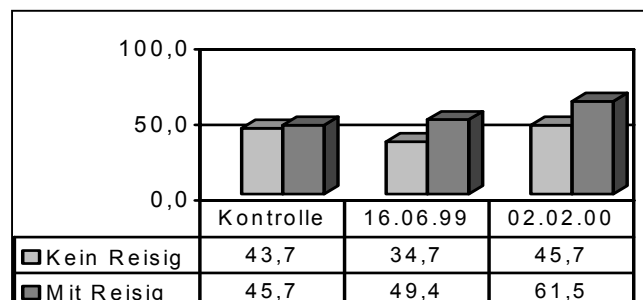


Abb. 1: Durchschnittliche Nitratkonzentrationen der einzelnen Behandlungsvarianten

Schlussfolgerungen

- Durchforstungen verursachen *nicht* die hohen Nitratkonzentrationen in der Trinkwasserversorgung Fürstenfeldbruck.
- Stickstoffsättigung der Bestände im Einzugsgebiet kann einen beachtlichen Beitrag zur Gesamtbelastung des Einzugsgebiets leisten.
- Eine Problemlösung muss an der Depositionsbelastung als der Hauptursache für die Stickstoffsättigung des Waldes ansetzen.
- Weitere Untersuchungen (zu Depositionsbelastung, zur Flächenverbreitung der Sättigungserscheinungen) wären wünschenswert.

* Dr. CHRISTIAN KÖLLING ist Mitarbeiter im Sachgebiet „Standort und Umwelt“ der LWF.

Forschungen im Nationalpark Bayerischer Wald

Wie wirkt sich großflächiger Borkenkäferbefall auf Abfluss und Wasserqualität aus?

von Martin Kennel*

Großflächige Störungen der Bestandesstrukturen, wie z. B. Kahlschläge oder Sturmwürfe, können sich erheblich auf die Verdunstung, die Grundwasserneubildung und das hydrologische Abflussregime (verschärfte Hochwasserabflüsse) einerseits sowie auf den Nährstoffhaushalt und die Wasserqualität (Nitratbelastung) andererseits auswirken. Dies ist aus vielen Untersuchungen der letzten Jahre und Jahrzehnte wohl bekannt.

Die Situation im Nationalpark Bayerischer Wald

Seit etwa Mitte der neunziger Jahre entwickelte sich im Bereich des Nationalparks Bayerischer Wald eine Massenvermehrung des Buchdruckers (*Ips typographus*), die große Teile der Fichtenaltbestände vor allem in den Hochlagen, aber auch in den Hanglagen bedrohte und immer noch bedroht. Die Frage, ob auch in dieser Situation gemäß dem Motto „die Natur Natur sein lassen“ der natürlichen Entwicklung der ökosystemaren Prozesse im Nationalpark absoluter Vorrang einzuräumen sei, wurde auch im Zuge der damals anstehenden Nationalparkerweiterung kontrovers diskutiert.

Dabei wurde in zwei parlamentarischen Anfragen 1996 und 1998 im Bayerischen Landtag auch die Frage aufgeworfen, ob die Trinkwasserversorgung der Nationalparkregion wegen des großflächigen Absterbens der Fichtenaltbestände gefährdet werden könnte. Im Nationalparkbereich liegen einige lokale Trinkwasserbrunnen, im Erweiterungsgebiet auch die überörtlich bedeutsame Trinkwassertalsperre Frauenau. Damit waren die zuständigen Fachbehörden (Landesamt für Wasserwirtschaft und LWF) vor die Frage gestellt, ob sich die hydrologischen Auswirkungen eines möglichen weiteren Fortschreitens des Absterbens schon in einer relativ frühen Phase auf wissenschaftlicher Grundlage vorhersagen lassen und wenn ja, mit welchen Methoden.

Hydrologische Forschungen im Nationalpark

Im Gebiet des Nationalparks war schon bald nach dessen Gründung das 19,1 km² große forsthydrologische Referenzeinzugsgebiet „Große Ohe“ eingerichtet worden (Abb. 1). Seit 1978 werden hier das hydrologische Regime sowie die Stoffein- und -austräge erforscht. 1988 wurden zudem im Teileinzugsgebiet „Markungsgraben“ und 1990 im Teileinzugsgebiet „Forellenbach“ intensive Messprogramme installiert, die den Wasser- und Stoffhaushalt der Waldökosysteme, der Böden und der Einzugsgebiete laufend überwachen (NATIONALPARKVERWALTUNG et al. 1999).

Diese Messprogramme mit ihren schon langjährigen Zeitreihen boten die seltene Chance, die Auswirkungen der Borkenkäfermassenvermehrung im Sinne eines zwar ungeplanten, aber gerade wegen seiner Ausmaße wissenschaftlich unwiederbringlich wertvollen, großflächigen „Natur-Experimentes“ von Beginn an wissenschaftlich intensiv zu begleiten.

Prognose der Auswirkungen der Borkenkäfermassenvermehrung

Die Frage der möglichen Auswirkungen musste im Zuge der Landtagsanfragen schon sehr frühzeitig beantwortet werden, bevor das „Experiment“ überhaupt erst richtig begonnen hatte.

* Dr. MARTIN KENNEL ist Mitarbeiter im Sachgebiet „Standort und Umwelt“ der LWF.

SCHWERPUNKT

Die erste Landtagsanfrage, der ein (rückblickend betrachtet) sehr moderates Szenario von 20 % abgestorbenen Beständen in den Hochlagen des Nationalparks zugrundegelegt wurde, konnte auf Grund der vorliegenden Erkenntnisse einer schon 1990 vom Borkenkäfer befallenen Messfläche im Einzugsgebiet Markungsgraben mit einem günstigen Resümee beantwortet werden. Überschreitungen von Trinkwassergrenzwerten konnten für dieses Szenario mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden.

LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1999). Jedoch lagen inzwischen auch neuere Untersuchungsergebnisse vor, nachdem die Fichten auf einer Messfläche im Forellenbachgebiet 1996/97 sehr rasch abgestorben waren. Die Abschätzung der dort abgestorbenen Nadelbiomasse mit etwa 15 t je ha und die Kenntnis der darin gespeicherten Nährstoffmengen (ca. 250 kg Stickstoff je ha in der Nadelmasse und ca. 900 kg in Holz und Rinde) erlaubten es, mit Hilfe eines Stoffhaushaltsmodells für Waldbestände den weiteren zeitlichen Verlauf

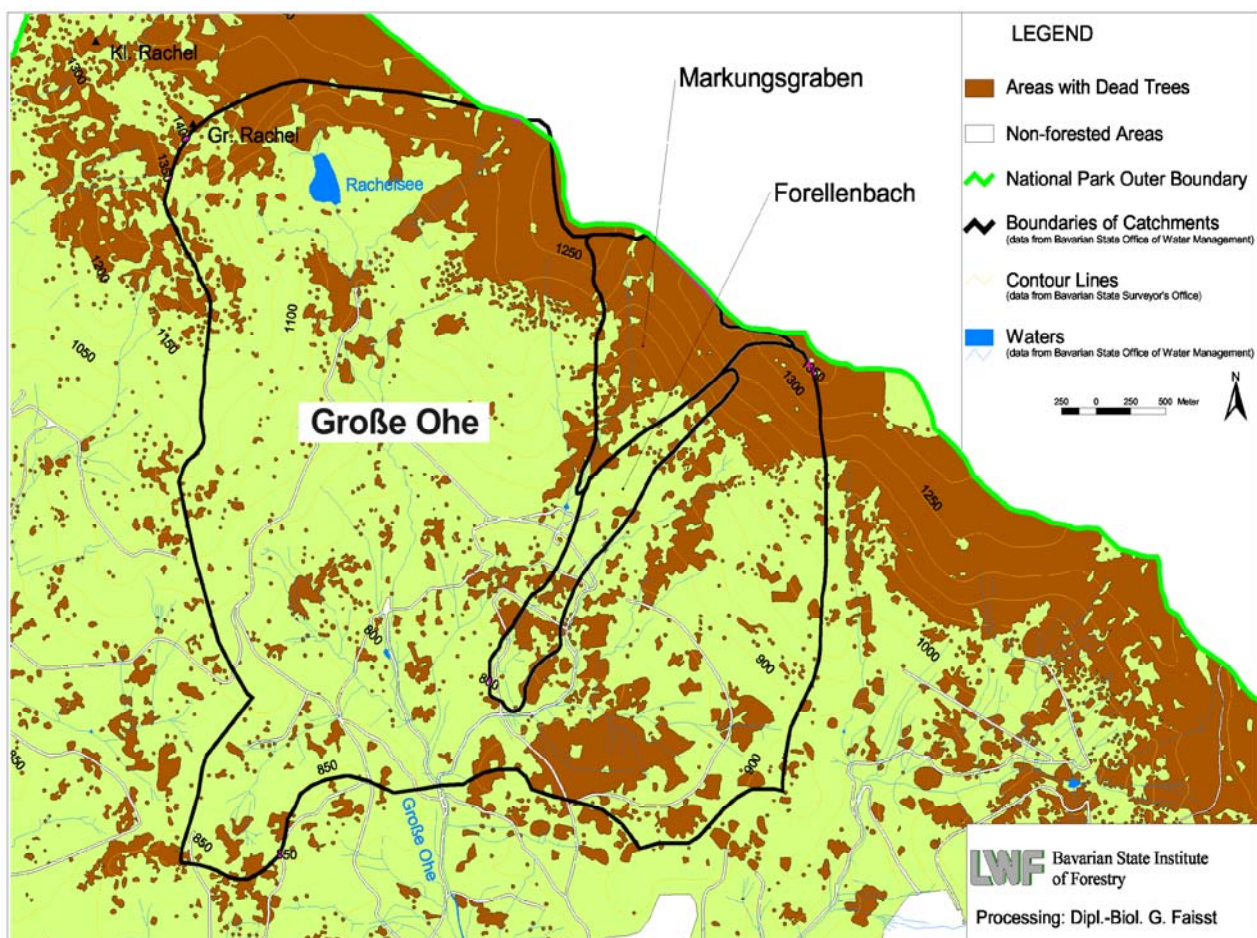


Abb. 1: Lage der Wassereinzugsgebiete Große Ohe, Markungsgraben und Forellenbach (dunkle Linien) mit abgestorbenen Fichtenbeständen (dunkle Flächen)

Nachdem der tatsächliche Schadensverlauf die Erwartungen jedoch schon bald übertroffen hatte und sich eine weitere dramatische Entwicklung der Borkenkäfervermehrung abzeichnete, stellte sich das Problem bei der zweiten Landtagsanfrage 1998 in wesentlich verschärfter Form (BAYERISCHES

der Zersetzung und Mineralisation dieser abgestorbenen Biomassen sowie die Freisetzung von Nitratstickstoff in das Grundwasser und in den Bachabfluss abzuschätzen.

Daraus wurde für ein „Worst Case Szenario“ (Absterben der gesamten Waldfläche eines

gesamten, größeren Wassereinzugsgebietes in einem Jahr) die Prognose abgeleitet, dass die Mittelwerte der Nitratkonzentrationen im Bachabfluss und im Grundwasser für mehrere Jahre von etwa 5 auf bis zu etwa 30 mg/l ansteigen, der Trinkwassergrenzwert von 50 mg/l aber nicht erreicht oder überschritten werden würde (KENNEL 1998) (Abb. 2).

Verdunstung und Abflussspende

Das Absterben der Fichtenbestände verringert sowohl den Anteil der schon im Kronenraum aufgefangenen Niederschläge wie auch die Transpiration der Vegetationsdecke drastisch. Folglich steigt der Anteil des Wassers, der das Grundwasser und den Bachabfluss speist, deutlich an. Die Messreihen der Einzugsgebiete zeigen, dass

beginnend ab einem Schwellenwert von etwa 20 bis 30 % abgestorbener Bestände im Einzugsgebiet der Anteil des abfließenden Wassers von etwa 65 % bis auf Werte von 80 bis 90 % im Gebiet Markungsgraben ansteigt. Dies führt einerseits zu erhöhter Grundwasserneubildung und Quellschüttung, andererseits aber möglicherweise zu verschärften Hochwasserabflüssen insbesondere in

Sommerhalbjahren. Die Bodenvegetation und die Waldverjüngung sind derzeit noch nicht in der Lage, den hohen Wasserverbrauch eines geschlossenen Hochlagen-Fichtenbestandes auch nur annähernd zu kompensieren.

Nitratbelastung

Die Nitratgehalte im Bachwasser des Markungsgrabens erreichten in den Jahren 1999 und 2000 Jahresmittel um 15 mg/l und Spitzenwerte bis 25 mg/l (Abb. 3). Damit sind sie gegenüber den Werten der Jahre vor dem Absterben (Werte um 5 bis 10 mg/l) zwar deutlich erhöht, bleiben aber ebenso deutlich innerhalb des Rahmens der „Worst-Case“-Prognose. Fünf Jahre nach dem Hauptschadensjahr scheint seit 2001 der Scheitelpunkt der Nitratbelastung überschritten und die Verlaufstendenz weist wieder nach unten. Auch dies deckt sich mit der Prognose und bestätigt damit die Aussagen zur Landtagsanfrage von 1998.

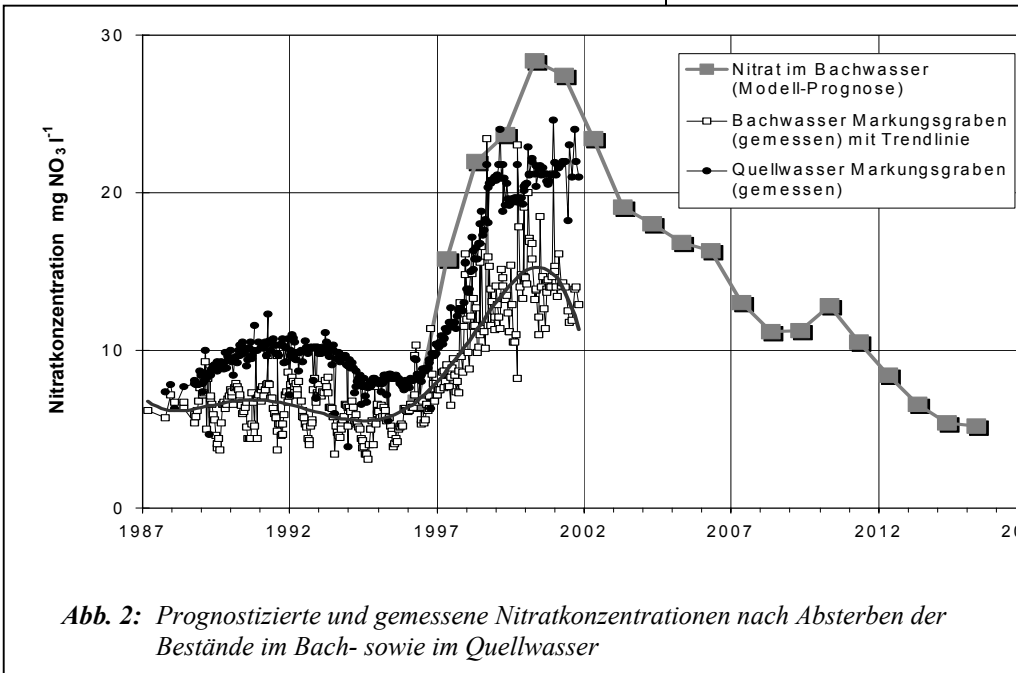


Abb. 2: Prognostizierte und gemessene Nitratkonzentrationen nach Absterben der Bestände im Bach- sowie im Quellwasser

Wie wirkt sich die Borkenkäfermassenvermehrung aus ?

Im Rahmen eines vom Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten finanzierten Forschungsprojektes wurden die Auswirkungen des Borkenkäferbefalls im Zeitraum 1999-2001 näher beleuchtet. Die Ergebnisse des von der Bayerischen Staatsforstverwaltung finanzierten Teilprojektes V50A zum weiteren Verlauf der Auswirkungen auf Wasserregime und Wasserqualität bestätigen für den Projektzeitraum 1999-2001 die im wasserwirtschaftlichen Gutachten zur Landtagsanfrage von 1998 gestellten Prognosen. Hierbei zeigen sich die ausgeprägtesten Effekte in dem am stärksten betroffenen Hochlageneinzugsgebiet Markungsgraben. Es weist inzwischen einen Flächenanteil abgestorbener Fichtenbestände von über 80 % auf (Abb. 3).

In den Hochlagen sind die gefährdeten Fichtenbestände inzwischen weitgehend abgestorben, so dass im hochgelegenen Gebiet Markungsgraben entsprechend den Prognoserechnungen weiterhin mit einem langsamen Abklingen der Nitratbelastung in den nächsten Jahren zu rechnen ist. Sollte jedoch der Befall auch in den Hanglagen weiterhin rasch fortschreiten, so ist zu erwarten, dass die bisher noch niedrigen Nitratwerte der Einzugsgebiete Große Ohe und Forellenbach noch deutlich ansteigen werden.

Ausblick

Insgesamt bestätigten die Untersuchungen der vergangenen Jahre die Modellprognosen zur Nitratfreisetzung (KENNEL 1998), die bei der Beantwortung der Landtagsanfrage 1998 zugrundegelegt wurden, in wesentlichen Punkten. Dies zeigt, dass die Waldökosystemforschung der letzten 10 bis 20 Jahre wesentliche Erkenntnisse zum Verständnis des Stickstoffhaushaltes von Wäldern erbracht hat.

In einem kürzlich begonnenen Projekt der LWF im Rahmen der High-Tech-Offensive Bayern (HTO-Projekt 33-7) im Nationalpark soll nun das Einzugsgebiet der für die Trinkwasserversorgung der Region wichtigen Talsperre Frauenau in die hydrologischen Forschungsarbeiten einbezogen werden. Deren Wassereinzugsgebiet liegt nahezu vollständig im Erweiterungsgebiet des Nationalparks. Es ist im Gegensatz zum Einzugsgebiet der Großen Ohe bisher von Borkenkäferbefall kaum betroffen. Vor allem in Hinblick auf die im Erweiterungsgebiet noch bis zum Jahr 2017 zulässigen Maßnahmen gegen den Borkenkäfer obliegt somit der Nationalparkverwaltung (zusammen mit den Wasserwirtschaftsbehörden) ein wesentlicher Teil

der Vorsorgepflichten für die Trinkwasserqualität der Talsperre. Kernbaustein des Projektes wird die Erstellung eines GIS-gestützten Prognose- und Planungsmodells für die Wasserqualitätssicherung für dieses Gebiet sein.

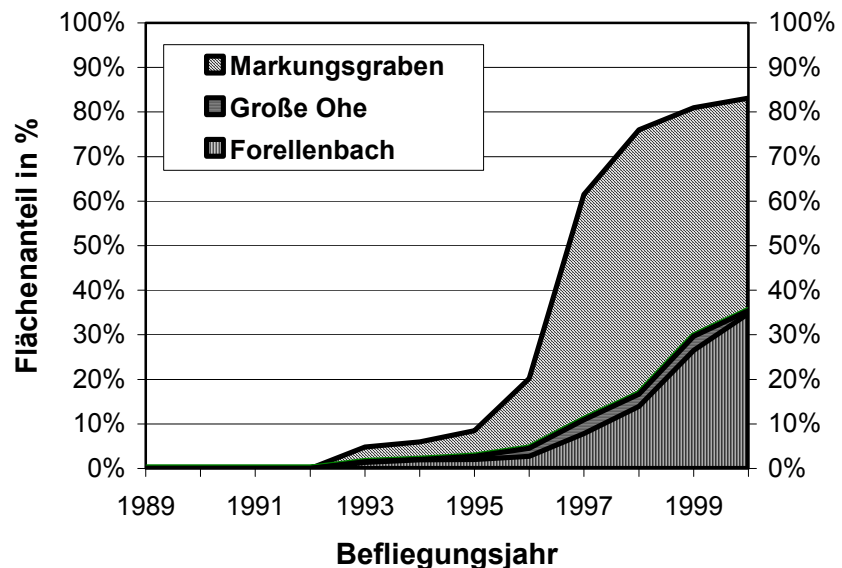


Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der Totholzflächenanteile in den Einzugsgebieten

Literatur

- KENNEL, M. (1998): Modellierung des Wasserhaushaltes von Waldökosystemen – Fallstudien forsthydrologisches Forschungsgebiet Kroidorf und Referenzeinzugsgebiet Große Ohe. Forstliche Forschungsberichte München, Band 168
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1999): Wasserwirtschaftliches Gutachten für den Nationalpark Bayerischer Wald
- NATIONALPARKVERWALTUNG BAYERISCHER WALD; BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT; BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT; LEHRSTUHL FÜR BIOKLIMATOLOGIE UND IMMISSIONSFORSCHUNG (Hrsg.) (1999): Einzugsgebiet Große Ohe – 20 Jahre hydrologische Forschung im Nationalpark Bayerischer Wald. Grafenau; erstellt vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft für den Bayerischen Landtag, 33 S.

In den Hochlagen des Bayerischen Waldes

Nitratausträge nach Borkenkäferbefall

von Christian Huber *

Der Nationalpark Bayerischer Wald wird nach den Empfehlungen der Weltnaturschutzorganisation IUCN auf einem Großteil der Fläche sich selbst überlassen. Bei günstigen klimatischen Bedingungen konnte sich der Borkenkäfer im Nationalpark im letzten Jahrzehnt nahezu ungehindert vermehren. Seit Anfang der neunziger Jahre beschleunigte sich der Absterbeprozess insbesondere in den Bergfichtenwäldern der Hochlagen rapide. Inzwischen sind auf etwa 85 % der Fläche die Fichten in den Hochlagen abgestorben. Demgegenüber sind die Hang- und Tallagen deutlich weniger betroffen (ca. 15 %).

Bisherige Forschungsergebnisse

Die Erforschung des Stoffhaushalts von derartigen Katastrophenereignissen war einer der ersten Schwerpunkte in der Ökosystemforschung. Bei Kahlschlag- und Sturmwurf wurde wiederholt eine hohe Überschussnitrifikation im Boden festgestellt mit den bekannten negativen Folgen wie Bodenversauerung, Nährstoffauswaschung und Nitratbelastung des Sickerwassers. Die Maßnahme „Kahlschlag im Wirtschaftswald“ lässt sich allerdings nicht 1:1 auf die Situation „Borkenkäferbefall im Nationalpark“ übertragen. Die abgestorbenen Stämme brechen erst nach mehreren Jahren durch Pilzinfektionen des Holzes und nach Stürmen zusammen. Das gesamte Totholz verbleibt im Nationalpark in der Regel im Bestand. Wesentliche kleinklimatische Bedingungen wie Strahlung, Temperatur und Niederschlag bleiben zunächst gleich und verändern sich deutlich langsamer als nach einem Kahlschlag.

Während in den weniger stark betroffenen Tallagen bereits der Stoffhaushalt nach Borkenkäferbefall in einem UN/ECE Monitoringprojekt untersucht wird, lagen in den Hochlagen zu Projektbeginn nur vereinzelte Messungen und erste Modellierungen, aber keine gezielten Studien vor. In einer sogenannten unechten Zeitreihe wird nun seit Mai 1999 im Projekt V50 b (finanziert von der Bayerischen Staatsforstverwaltung) der Stoffhaus-

halt verschieden alter Totholzbestände in den Hochlagen über mehrere Jahre genau verfolgt.

Vor dem Borkenkäferbefall: Stickstoffhaushalt eines Bergfichtenwalds

Der Stickstoffeintrag in einem Fichtenbestand der Hochlagen beträgt derzeit jährlich ca. 12-16 kg N/ha. Gegenüber Studien aus den achtziger Jahren sind die Stickstoffeinträge in den Bergfichtenwäldern der Hochlagen damit deutlich niedriger (23 kg N/ha jährlich). Die Stickstoffeinträge liegen auch im Vergleich zu den 86 Level-II-Untersuchungsflächen unter dem Durchschnitt. Dies übersteigt jedoch immer noch die Menge, die ein Hochlagenbestand bei der kurzen Vegetationszeit speichern kann. So gibt dort auch ein intakter Fichtenaltbestand Stickstoff (5 bis 9 kg N/ha) mit dem Sickerwasser ab, jedoch weniger als noch in den achtziger Jahren (ca. 20 kg N/ha am Standort „Böhmweg“). Auf Grund der enormen Verdünnung durch die hohen Niederschläge sind die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter Fichte jedoch verhältnismäßig niedrig (unter 5 mg/l).

Veränderungen im Stoffeintrag nach dem Absterben des Bestandes

In den ersten Jahren nach dem Borkenkäferbefall geht der Stickstoffeintrag in den Totholzbeständen auf ca. 3 kg N/ha zurück. Bereits in den abgestorbenen aber noch stehenden Baumkronen scheinen holzzersetzende Organismen Stickstoff aufzunehmen. Nachdem der Totholz-

* Dr. CHRISTIAN HUBER war Mitarbeiter im Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt der Technischen Universität München und ist derzeit Mitarbeiter im Sachgebiet „Standort und Umwelt“ der LWF.

bestand nach einigen Jahren zusammenbricht, erreichen die Stoffeinträge jedoch wieder Werte wie sie auch im Freiland zu finden sind.

Nitratkonzentrationen zumeist unter dem Trinkwassergrenzwert

Der kurzzeitig geringere Stoffeintrag sowie die Nährstoffaufnahme einer üppigeren Bodenvegetation reichen allerdings nicht aus, die fehlende Aufnahme des Bestandes sowie die erhöhte Stickstoffmineralisation und Nitrifikation in den Totholzbeständen auszugleichen. Erhöhte Nitratkonzentrationen unterhalb des Hauptwurzelraums sind die Folge. Abb. 1 (oben) beschreibt in einer „unechten Zeitreihe“ die Nitratkonzentration nach

Jahresgang auf. Die geringsten Konzentrationen finden sich nach der Schneeschmelze. Die höchsten Konzentrationen werden jeweils zu Jahresende erreicht (mittlere Nitratkonzentration bis zu 68 mg/l, Spitzenwerte um 120 mg/l auf Einzelplätzen). Im Jahr des Absterbens erhöht sich die Nitratkonzentration nur zu Jahresende, steigt aber bis zum Ende des fünften Jahres nach dem Absterben an und ist danach rückläufig. Selbst sieben Jahre nach dem Absterben sind die Nitratkonzentrationen jedoch noch immer höher als zuvor in den Altbeständen.

Entscheidend für die durchschnittliche Sickerwasserbelastung ist der flussgewichtete Jahresmittelwert der Nitratkonzentration (Abb. 1, unten).

Dieser liegt auf Grund der hohen Niederschläge und der enormen Wasserflüsse nach der Schneeschmelze in allen Jahren deutlich unter dem Trinkwassergrenzwert von 50 mg/l.

Verschneidet man das Datenmaterial der Befliegungen im Nationalpark, aus denen die Flächenanteile des Totholzzuganges der einzelnen Jahre hervorgehen, mit der Zeitreihe der flussgewichteten Nitratkonzentration, so erhält man eine erste Abschätzung und Prognose der mittleren Nitratkonzentration in den Hochlagen des Nationalparks (Abb. 2). Das mosaikartige Nebeneinander verschiedener Absterbezeitpunkte, die nicht in allen Jahren zeitgleich ihr Nitratmaximum erreichen, bedingt, dass die maximale Nitratbelastung im Durchschnitt im Nationalpark (20-25 mg/l) niedriger ist, aber länger anhält als in einem Einzelbestand.

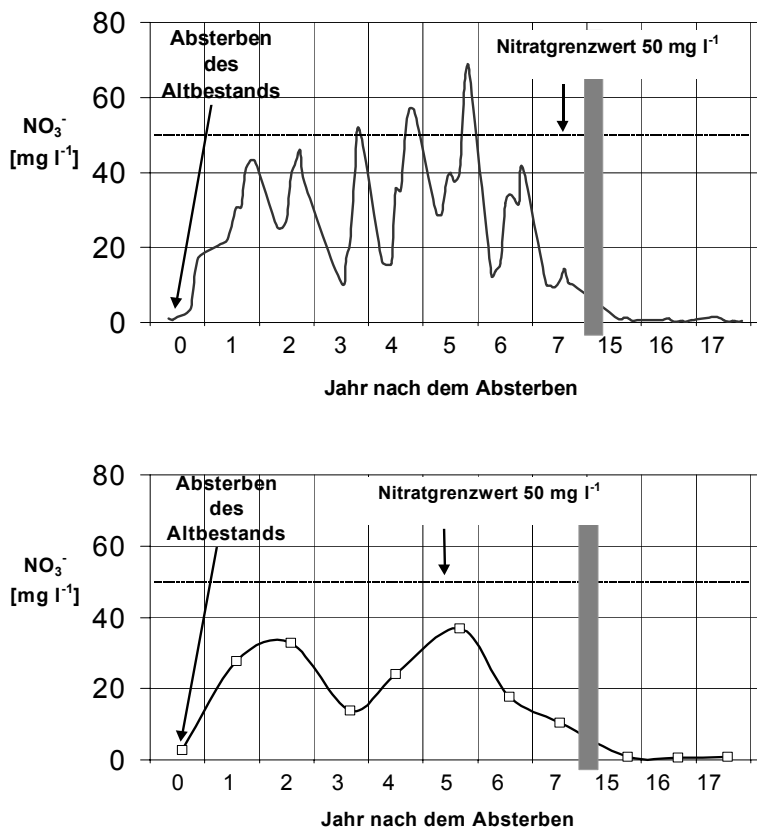


Abb. 1: Verlauf der Nitratkonzentration nach Borkenkäferbefall; oben ist der Nitratverlauf in einer „unechten Zeitreihe“ in hoher Auflösung, unten der flussgewichtete Jahresmittelwert dargestellt (Jahr 0: Jahr des Absterbens).

Absterben des Bestandes. Der Verlauf setzt sich aus den Teilergebnissen der einzelnen Versuchsflächen zusammen. Die Nitratkonzentration weist einen ausgesprochenen

Hohe Stickstoffverluste

In den Böden der Hochlagen ist reichlich Stickstoff gespeichert (bis in 40 cm Bodentiefe ca. 8.000 kg N/ha). Wie aus früheren Nadeluntersuchungen hervorgeht, waren die Bergfichtenbestände zumeist gut mit Stickstoff versorgt. Nach dem Borkenkäferbefall summieren sich die Stickstoffverluste des Bestandes wegen des Nitrataustrags in den ersten acht Jahren auf ca. 500-600 kg Stickstoff pro Hektar (Abb. 3 unten). Damit geht ein großer Teil des leicht mineralisierbaren und verfügbaren Stickstoffs der Humusaufgabe verloren. Die Stickstoffeinträge aus der Atmosphäre überschritten bisher bereits die Speicherkapazität eines Altbestandes. Die Stickstoffversorgung sollte daher für die Ernährung der aufwachsenden Verjüngung wie auch bei einer Bestandsbildung trotz dieser hohen Verluste weiterhin ausreichen.

Erhöhte Aluminiumwerte im Sickerwasser

Ein Großteil des Nitrates wird erst im oberen Mineralboden gebildet (Abb. 3). Dort wird Nitrat mit äquivalenten Mengen Aluminium im Sickerwasser begleitet, während Ammonium nicht mehr nachweisbar ist. Die Aluminiumkonzentration im Sickerwasser (40 cm) steigt auf teilweise über 10 mg/l an.

Verluste an Magnesium und Kalium

Die Hochlagen verfügen über nur geringe Vorräte an austauschbarem Kalium und Magnesium. Jeder Verlust an diesen Elementen ist ökologisch relevant. Die Auswaschungsverluste nach dem Befall bewegen sich immerhin in der Größe einer Baumernte. Sie sind aber geringer als die Zufuhr an Kalium und Magnesium aus den an Ort und Stelle verbleibenden Elementvorräten der Biomasse. Diese Nährstoffe können einem künftigen Berg-

fichtenwald dann fehlen, wenn nach jahrzehntelanger Nährstoffaufnahme die Vorräte im Boden vermindert sind sowie die Nachlieferung und Aufnahme aus dem Boden zeitweise z. B. wegen Trockenheit gehemmt ist.

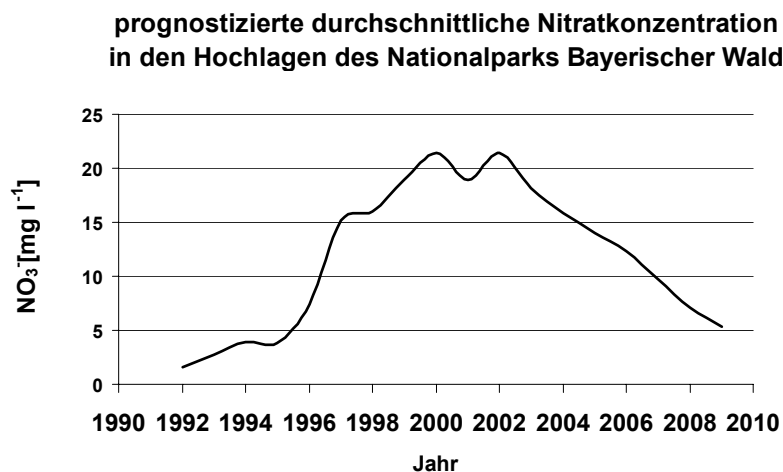


Abb. 2: Entwicklung und Prognose der durchschnittlichen Nitratkonzentration im Sickerwasser (40 cm Tiefe) in den Hochlagen des Nationalparks Bayerischer Wald

Wasseraufbereitung bei Nitratbelastung

Bevor eine meist aufwändige Aufbereitung von verunreinigtem Grundwasser in Betracht gezogen wird, raten Wasserversorger dringend zur Ursachenbeseitigung. Dies reicht von der Sanierung des Einzugsgebietes (hierzu würde im Bereich der Forstwirtschaft auch der Umbau von Fichtenreinkulturen zu Laubmischwäldern gehören) bis zur Nutzung unbelasteter Wässer. Letzteres umfasst Fremdeinspeisung, Vermischung mit reinerem Wasser oder sogar die Nutzung von befristeten Ausnahmegenehmigungen zur Abgabe von Wasser, das nicht den Grenzwerten entspricht. Falls dies alles nichts nutzt, kommen zur Nitratenfernung physikalisch-chemische (Ionenaustausch, Umkehrosmose, Elektrodialyse) oder biologische (Denitrifikation) Verfahren in Frage (MUTSCHMANN und STIMMELMAYR 1995).

Dr. Andrea Spangenberg

Wie entwickelt sich die Nitratkonzentration weiter?

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser verbleibt überraschend lange auf einem erhöhten Niveau (mindestens acht Jahre). Schon jetzt deutet sich allerdings an, dass die Nitratbelastung des Sickerwassers auf den Totholzflächen langfristig (spätestens 15 Jahre nach Borkenkäferbefall) wieder stark zurückgeht (siehe Abb. 1, Jahr 15 bis 17 nach dem Absterben des Bestands), möglicherweise sogar besser sein wird als zuvor unter dem Fichtenaltbestand. Die aufwachsende Bodenvegetation und Verjüngung sowie der Stickstoffverbrauch der Mikroorganismen bei der Holzersetzung bilden dabei zusätzliche Senken für Stickstoff.

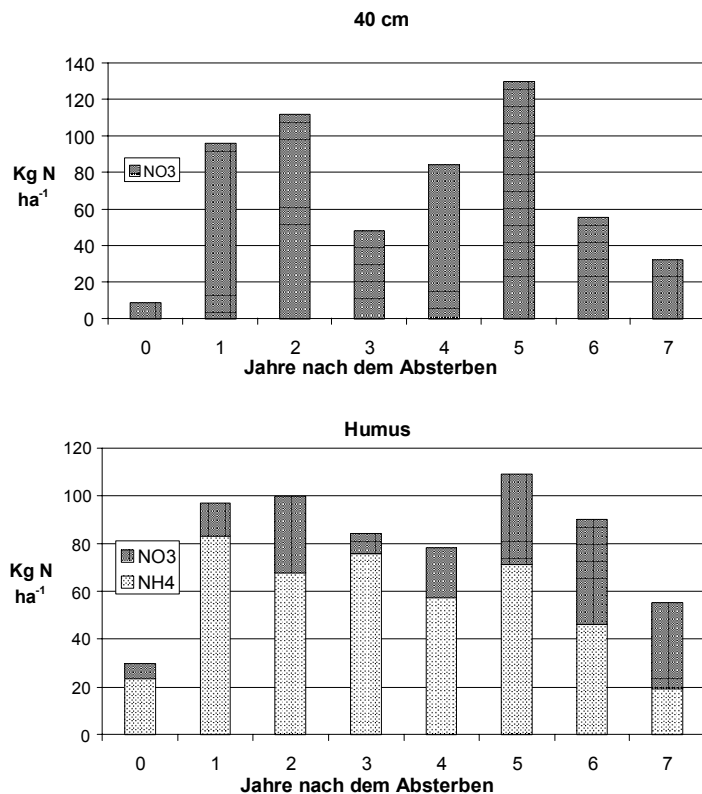


Abb. 3: Stickstoffflüsse aus der Auflage (oben) und im Mineralboden nach dem Borkenkäferbefall (Jahr 0: Jahr des Absterbens)

Zahlen und Fakten zum Trinkwassergrenzwert

In Deutschland und EU-weit gilt ein Trinkwassergrenzwert von 50 mg/l (nach Trinkwasserverordnung - TrinkwV - vom 5.12.1990, BGBl I S. 2612, berichtigt am 23.1.1991, BGBl S. 227). Die deutsche Geschichte dieses Wertes ist interessant und spiegelt die Entwicklungen in der Landwirtschaft der letzten 30 Jahre wider: Ende der sechziger Jahre galt in der BRD der gleiche Wert von 50 mg/l, wogegen in vielen europäischen Ländern und z. B. den USA sowie der damaligen UdSSR die Trinkwassergrenzwerte unter 50 mg/l lagen, die Regelungen also strenger waren. Mit steigender landwirtschaftlicher Produktion wurde der Wert 1975 in Deutschland auf 90 mg/l festgelegt, weil man schon damals eine Tendenz zu nicht einhaltbaren Grenzwerten vorhersah (Trinkwasserverordnung vom 31.1.1975). Kalkulierte man dies jedoch mit einem täglichen Wasserverbrauch von 185 l pro Kopf und zusätzlichem durchschnittlichen Gemüsekonsum, erreichte man schnell Jahreswerte an Nitrat pro Person, die deutlich über den von der WHO festgelegten Grenzwerten lagen. 1980 forderte daher die Europäische Gemeinschaft wiederum einen Grenzwert von 50 mg/l, den die deutschen Wasserwerke damals jedoch nicht in ausreichender Form einhalten konnten. Es dauerte deshalb mindestens bis 1986, bis alle Länder diesen Grenzwert übernommen hatten. Heute gelten selbst bei einigen Gemüsesorten wie Kopfsalat und Spinat Höchstmengenregelungen für Nitrat.

Dr. Andrea Spangenberg

Waldschutz aktuell**Neues von der Maus***von Stefan Müller-Kroehling**

Nageschäden durch Mäuse treffen einen Wald dann, wenn er am empfindlichsten ist: In den ersten Jahren nach der Pflanzung. Da die Mäuse sich oftmals als hartnäckig erweisen, ist guter Rat sprichwörtlich teuer. Im Bereich der verfügbaren und zugelassenen Bekämpfungsmittel wie auch bei der Vermeidung von Schäden gab es in den letzten zwei Jahren einige Neuerungen, über die es sich zu berichten lohnt.

Zugelassene Rodentizide

Aktuelle Entwicklungen wie die Zertifizierung oder das verschärfte Pflanzenschutzrecht bedingen eine nachlassende Nachfrage nach Rodentiziden im Wald. Gleichzeitig wurde mit der **Novelle des Pflanzenschutzgesetzes 1998**, deren Übergangsfrist 2000 endete, die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln auf den jeweiligen Zulassungsbereich, hier also „Forst“, beschränkt. Viele der auf dem Markt zugelassenen Mittel nähern sich dem Ende des Zulassungszeitraumes. Beispielsweise lief die Zulassung für das bekannte „*Lepit Forstpellet*“ zum Jahresende 2001 aus, so dass der Wirkstoff Chlorphacinon nur noch in Form der Präparate „*Ratron-Feldmausköder*“ und „*Ratron Pellets*“ zur Verfügung steht. Auch die Zulassung für „*Arrex E*“ und „*M*“ ist beendet. Alle Produkte auf Zinkphosphid-Basis sind ab 2003 nicht mehr zugelassen. Für „*Arrex E*“ ist aber eine Wiedenzulassung beantragt. Neuzulassungen ebenso wie eine Verlängerung der Zulassung erfordern aber Investitionen, die die Hersteller bei einer nachlassenden Nachfrage häufig als zu hoch empfinden. Daher werden in Zukunft wahrscheinlich weniger Mittel und Wirkstoffe zur Mäusebekämpfung im Wald auf dem Markt sein.

Verdeckte Ausbringung

Die verdeckte Ausbringung bietet viele Vorteile. Häufig erfolgt sie bislang über Tonröhren, abgeschnittene Drainageschläuche oder Ähnliches.

Versuche der LWF mit kleinen Plastik-Köderboxen ergaben, dass diese mehr Nachteile als

Vorteile gegenüber den bisherigen Verfahren aufwiesen. Beispielsweise neigten die durchsichtigen Dächer der Box zum Beschlagen. **Einweg-Boxen** aus beschichteter Pappe erwiesen sich in ersten Vorversuchen als mögliche Alternative zum Tonrohr (FORSTLICHE LANDESANSTALT SACHSEN-ANHALT 2002). Auch sie müssen jedoch regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls nachbeködert werden.

Ein Schutzanzug für die Pflanze

Für einen Waldbau, der stark auf Anreicherungskulturen setzt, ist es rein rechnerisch viel effektiver, die Bäume individuell zu schützen als die Mäusepopulationen zu bekämpfen.

Leider stehen hierfür bislang zum Teil noch nicht ausreichend wirksame Repellentien zur Verfügung. *HatePellacol* als einziges zugelassenes Präparat wurde schon wiederholt in der Praxis getestet. Oftmals wird berichtet, dass dennoch erhebliche Schäden entstanden seien. Allerdings liegt dieser Einschätzung zum Teil die Anwendung in verdünnter Form zugrunde, die für andere Verwendungszwecke vorgesehen ist.

Ein kleiner Praxisversuch der LWF im Bereich des Forstamtes Sauerlach ergab, dass bei Dichten forstschädlicher Mäuse, die nur geringfügig über der mit Schlagfallen ermittelten „Bekämpfungsschwelle“ liegen, *Pellacol* hinreichend wirksam ist und den Schadensumfang deutlich reduzierte (Abb. 1). Gleiches gilt für ein in Erprobung befindliches Derivat des Mittels *Fegol*. Das „Hausmittel“ gelöschter Branntkalk hielt der Witterung hingegen nicht stand.

* STEFAN MÜLLER-KROEHLING ist Mitarbeiter im Sachgebiet „Waldökologie und Waldschutz“ der LWF.

Sehr hohe Mäusedichten können trotz Streichmittels erhebliche Schäden verursachen.

Als vielversprechend erwiesen sich weitere repellente Substanzen, die derzeit entwickelt und erprobt werden (HEIDECKE et al. 2002). Wirksameren, speziell für den Schutz gegen Mäusefraß konzipierten repellenten Anstrichen dürfte aus verschiedenen Gründen die Zukunft der Mäuseschadensbekämpfung gehören.

über den eingangs verwendeten 50 g-Riegeln wesentlich kleiner. Dies verursacht geringere Kosten, da die großen Riegel häufig zu schimmeln begannen, nachdem Schermause sie benagt hatten.

Der *Schermaus-Köderpflug* eignet sich überwiegend für große Aufforstungsflächen. Die Investitionskosten für den Pflug wie auch der Zeitaufwand für das Ansetzen der Möhren sind erheblich (KWF 2000).

Die Schermaus ist territorial und verfügt dabei über nicht sonderlich große Reviere (KULICKE et al. 2000). Schermaus-Baue bleiben daher nicht lange unbesiedelt, denn bereits nach ca. vier Tagen verfliegt der territoriale Geruch des früheren Gangsystem-Inhabers und neue Schermause rücken nach. Daher genügt eine einzige Applikation bei der Bekämpfung der Schermaus meistens nicht. Die Köderstationen oder die mit

dem Pflug künstlich angelegten Gänge müssen regelmäßig mit Fertigmöhrn nachbesetzt werden - ein arbeits- und kostenintensives Verfahren.

Bei der Verwendung der *Theysson-Schermausstationen*, die seit einigen Jahren auf dem Markt sind, zeigte der Praxistest der LWF, dass mit Hilfe des speziellen *Rundspatens* der Fa. Flügel die Stationen nicht nur effizienter eingebaut werden können. Darüber hinaus ist auch eine fast doppelt so gute Annahme gewährleistet, da das Erdreich um die Station herum nur minimal verändert wird. Die Schermaus wird so nicht „mißtrauisch“ und verwühlt den Gang nicht. Insgesamt schwankt die Annahme der Köder jedoch trotzdem sehr stark.

Der Einsatz von Repellentien zum Schutz der Wurzeln gegen den Fraß der Schermaus erwies sich in Versuchen als wenig aussichtsreicher Weg (THIEL 2000 a; BEMMANN und BERKHAUER 2001).

Nach wie vor existiert kein wirklich zuverlässiges Verfahren, um diese vollständig unterirdisch lebende, größte Wühlmausart „in den Griff zu bekommen“. Dies macht die forstliche Praxis den Beratungsstellen manchmal regelrecht zum Vorwurf. Ähnlich wie Hochwasserkatas-

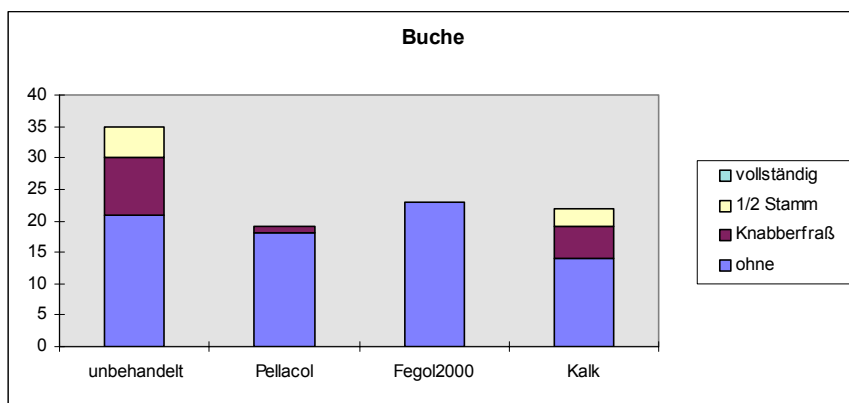


Abb. 1: Streichmittelversuch Sauerlach (Anzahl der Schäden)

Nicht jede Beschädigung ist auch ein Schaden

Einige Studien befassten sich in jüngster Zeit intensiv mit den Auswirkungen unterschiedlich starker Verletzungen der Stämmchen auf deren Vitalität (SCHNEIDER 2000, THIEL 2000 b, NIEMEYER und HAASE 2002 a). Das Resultat: Wenn weniger als der halbe bis maximal etwa drei Viertel des Stammumfanges benagt wurden, wird der Schaden oft vollständig ausgeheilt, auch das Höhenwachstum ist normal. Wurden viele Stämme weitgehend geringelt, kann es sinnvoll sein, die Stämmchen auf den Stock zu setzen, um einen frischen Austrieb zu ermöglichen (NIEMEYER und HAASE 2002 b).

Sonderfall Schermaus

Die Schermaus ist auf Grund ihrer unterirdischen Lebensweise besonders schwierig zu bekämpfen. In den letzten beiden Jahren wurden zwei neue Verfahren zu ihrer Bekämpfung zugelassen, der Schermauspflug mit *Bromadiolon*-versetzten Möhren und der *Schermaus-Köderstab* für 10 g-Rattenriegel mit dem Wirkstoff *Difenacoum* (KWF 2000). Die Riegel sind gegen-

trophen nach Starkregenereignissen zeigen uns jedoch gerade derartige Schäden und die fehlende Möglichkeit einer zuverlässigen, anhaltenden Bekämpfung die **Grenzen der „Beherrschbarkeit“** von Natur auf, zumindest mit vertretbaren Mitteln. Der Schlüssel muss hier, beginnend schon bei der Beratung, darin liegen, eine Disposition der Fläche für eine Massenvermehrung der Schermaus zu vermeiden. Eine vergraste Brache auf sandigem Lehm mit zahlreichen Rhizompflanzen als Äsung der Schermaus sollte man nicht aufforsten, ohne sich auf möglicherweise hartnäckige Schermausschäden einzustellen.

Vermeidung von Nageschäden mit Hilfe waldbaulicher Maßnahmen

Immer stärker fokussieren sich die Überlegungen zur Eindämmung von Nageschäden durch Kleinsäuger darauf, diesen Arten auf den Kulturflächen einfach keinen geeigneten Lebensraum zu bieten und so eine Bekämpfung von vorneherein überflüssig zu machen. Wichtigstes Ziel muss es dabei sein, **Vergrasung zu vermeiden**, denn sie fördert die Massenvermehrung von Erd-, Feld-, und auch der Rötelmaus. Außer der Rötelmaus mögen es alle Wühlmausarten, auch die Schermaus, sonnig. Ohne ausreichende Einstrahlung werden sie sogar steril. Ein **Vorwald** ist daher ein überaus probates Mittel, um Vergrasung und Mäusebesiedlung zu verhindern. In Bayern ist er auch förderfähig, anders als in manchen anderen Bundesländern, die diese Förderung gerade auch mit dem Verweis auf gravierende Mäuseschäden in Erstaufforstungen anstreben.

Wenngleich bei der Anlage der Kultur eine geringfügige „Verzögerung“ wegen des Vorwaldes in Kauf genommen wird, kann dies häufig dennoch gegenüber dem mehrjährigen Nachbessern und der ebenfalls teuren Verwendung von Rodentiziden erheblich Zeit und Kosten sparen.

Auch angepasste Schalenwildbestände helfen, Vergrasung zu vermeiden, denn ohne den selektierenden Einfluss des Rehwildes dominieren oftmals Gräser anstatt andere krautige Pflanzen.

Mit der Maschine eine Eschen- oder Buchenkultur auf einer vergrasten Freifläche, einem stillgelegten Acker oder einer ehemaligen Wiese zu pflanzen, lädt Scher- und Erdmäuse geradezu ein,

an den „gedeckten Tisch“ zu kommen. Wenn Mäuseschäden und nachfolgende Bekämpfung schon fast vorprogrammiert sind, sollten andere Lösungen gesucht werden. Es ist eine anspruchsvolle Beratungsaufgabe, hier dem Waldbauern die Gefahren zu vergegenwärtigen und einen Weg aufzuzeigen, der nur auf den ersten Blick wie ein Umweg scheint.

Die Gefährdung der verschiedenen Baumarten gegenüber Mäuse- und Schermausfraß (Tabelle in MÜLLER-KROEHLING 2000) richtig einzuschätzen bildet in diesem Zusammenhang eine wichtige Grundlage.

Die aktuelle, fünfte Auflage (Stand August 2001) des Faltblattes „Mäuseschäden in Forstkulturen“ können Waldbesitzer an jedem Forstamt und jeder Forstdienststelle erhalten. Die aktuell zugelassenen Pflanzenschutzmittel im Forstbereich können dem Pflanzenschutzmittelverzeichnis (BBA 2002) oder dem Internet (www.bba.de) entnommen werden.

Literatur

- BEMMANN, M.; BERKHAEUER, H. (2001): HaTe Pellacol und andere Wildabwehrmittel als Schutz vor Nageschäden durch Wühlmäuse. Mitteilungen Forstliches Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern 3, S. 25-28
- BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (2002): Pflanzenschutzmittelverzeichnis 2002, Teil 4 (Forst). Braunschweig, 71 S.
- FORSTLICHE LANDESANSTALT SACHSEN-ANHALT (2002): Bericht zur Waldschutz-Situation 2001/02 in Sachsen-Anhalt. S. 35-40
- HEIDECHE, T.; MÜLLER, M.; PELZ, H.-J. (2002): Echinops, ein Repellent zur Abwehr forstschädlicher Kurzschwanzmäuse. AFZ/Der Wald 9, S. 471-473
- KULICKE, H.; TEUBNER, J.; TEUBNER, J. (2000): Untersuchungen zum Gangsystem der Schermaus. Säugetierkundliche Informationen 23/24 (4), S. 459-464
- KWF (2000): Schermausbekämpfung mittels Köder-Legepflug und Köderstationsverfahren. AFZ/Der Wald 18-19, S. 1004-1005
- MÜLLER-KROEHLING, S. (1999): Nagende Fragen zum Thema Mäuse. LWF-aktuell 19, S. 28-30
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2000): Mäuse auf Kahlflächen: Ohne Gras nichts los! LWF aktuell 23, S. 20-22

NIEMEYER, H.; HAASE, R. (2002 a): Das Schicksal junger, von der Feldmaus stammumfassend benagter Buchen in einer Erstaufforstung in Ost-Holstein. Forst und Holz 57 (11), S. 342-346

NIEMEYER, H.; HAASE, R. (2002 b): Soll man junge Buchen, die von Mäusen geringelt wurden, auf den Stock setzen? Forst und Holz 57 (12), S. 403-404

SCHNEIDER, M. (2000): Simulation von Mäuse-Nageschäden an Rotbuchen. AFZ/Der Wald 10, S. 528-529

SCHNEIDER, M. (2002 a): Verringerung der Aufwandmenge beim Einsatz von Rodentiziden durch

angepasste Applikationstechnik. Forst und Holz 57 (11), S. 346-348

SCHNEIDER, M. (2002): Gefährdung durch Wild und Wühlmäuse. AFZ/Der Wald 9, S. 468-470

THIEL, J. (2000 a): Versuche zur Verhinderung von Schermausschäden. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Thüringen (LaWuF) 17, S. 121-128

THIEL, J. (2000 b): Untersuchungen zur Reaktion junger Buchenpflanzen auf Nageschäden durch Mäuse. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Thüringen (LaWuF) 17, S. 129-134

Emission – Immission – Deposition

Als **Emission** wird der Austritt luftverunreinigender Substanzen aus einer bestimmten Quelle bezeichnet. Wichtige, Stickstoff enthaltende Emissionen sind Stickoxide (NO_x) aus Verkehr und Industrie sowie Ammoniak (NH_3) aus der Landwirtschaft. Auch N_2O wird aus Böden bei der Bildung von Nitrat (Nitrifikation) und seinem Abbau (Denitrifikation) emittiert.

Immission ist die auf Menschen und Umwelt einwirkende Schadstoffkonzentration. Sie kann, sofern es Stickoxide und NH_4^+ betrifft, oft weit entfernt von der Emissionsquelle auftreten. Ammoniakgas wird dagegen seltener über weite Strecken transportiert.

Deposition lautet der Begriff für die Ablagerung von Luftschadstoffen auf Gegenstände, also auch auf Blätter, Nadeln und die Bodenvegetation. Man unterscheidet zwischen trockener (z. B. Gase oder Staubpartikel) und nasser Deposition (z. B. über Regen, Hagel oder Schnee). Regionale Unterschiede in der Depositionshöhe sind daher auch auf unterschiedlich hohe Niederschlagsraten zurückzuführen. Nur wenige Studien weltweit bemühten sich, alle Depositionswege getrennt zu erfassen. Normalerweise werden „bulk“-Sammler eingesetzt, die die Gesamtdeposition erfassen. Meist setzt sich die Stickstoffdeposition aus Ammonium-N und Nitrat-N im Verhältnis von rund 1:1 zusammen.

Dr. Andrea Spangenberg

Neue Strukturen und Impulse für die forstliche Forschung

Zentrum Wald-Forst-Holz in Weihenstephan

von Andrea Spangenberg*

Die Forstwirtschaft muss im globalen Wandel wettbewerbs- und zukunftsfähig bleiben. Unser Zeitalter ist schnelllebig, geprägt von den ersten Auswirkungen unserer Umweltsünden und wirtschaftlich momentan wenig stabil. Die Menschen dürsten nach Wissen, obwohl wir in einer Informationsgesellschaft leben. Auswählen aus dem Überangebot der Medien, sich nur das Wichtigste aus der Flut verfügbar machen wird immer wichtiger aber auch schwieriger. Auch in der Forstwirtschaft muss der Wissenstransfer daher „gemanagt“ werden. Für derartig zentrale Aufgabenfelder müssen allerdings innovative Strukturen zur Verfügung stehen.

Das „Zentrum Wald-Forst-Holz“ ist ein Zusammenschluss der Forstwissenschaftlichen Lehrstühle der Technischen Universität München, des Fachbereichs Wald und Forstwirtschaft der Fachhochschule Weihenstephan und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Damit steuert und koordiniert das „Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan“ als Forschungsverbund interdisziplinäre angewandte Forschungsprojekte. Die Ziele sind:

1. regelmäßig den Wissensbedarf von Waldbesitzern, Verbänden, Unternehmen und Forstverwaltungen zu ermitteln und in anwendungsgerechte Forschung umzusetzen;
2. den modernen Wissenstransfer in die Öffentlichkeit und die Zusammenarbeit mit Unternehmen zu fördern;
3. für die Nutzung von Synergieeffekten zu sorgen, indem eine interne Kommunikationsplattform zwischen den drei Partnern eingerichtet wird;
4. über das Auftreten als gebündelte forstliche Kompetenz in der Vermittlung von Beratung und Dienstleistung zur Transparenz des Forstsektors sowohl in der breiten Öffentlichkeit als auch für Fachinstitutionen beizutragen.

Die enge Zusammenarbeit mit der Bayerischen Staatsforstverwaltung, die auch einen Teil der Anschubfinanzierung leistet, sichert den Eingang der Ergebnisse zu einer umweltschonenden Waldbewirtschaftung in die forstliche Praxis. Daher wird sich voraussichtlich auch eine enge Verknüpfung mit dem Intranet der Staatsforstverwaltung ergeben. Die Organisation ist einfach und effektiv. Es soll keinen neuen

„Überbau“ geben, der Sinn liegt vielmehr in der Zusammenführung und effizienten Nutzung vorhandener Strukturen und verfügbaren Expertenwissens.

Neben einem Koordinierungsrat, dessen Mitglieder aus den drei Institutionen kommen und den Präsident O. Schmidt leitet, soll ein Beirat mit Vertretern der Interessensverbände die langfristige Schwerpunktsetzung vornehmen. Eine Geschäftsstelle organisiert den Informationsfluss und vertritt das Zentrum nach außen. Die entscheidende Projektarbeit wird in fach- und institutionsübergreifenden Projektteams erfolgen. Dabei bringen die drei Institutionen ihre fachliche Kompetenz sowie ihre personellen und materiellen Ressourcen mit ein. Hier liegt auch der eigentliche Kompetenzgewinn, der durch den Austausch in Zukunft noch wachsen wird. Denn Wissen wird vermittelt über den Kontakt und die Zusammenarbeit mit Personen aus einem fremden Erfahrungsbereich. So wird jeder von dem Zusammenschluss profitieren: Der einzelne erhält Zugang zu neuen Bereichen, die Institutionen gewinnen an Kompetenz mit Außenwirkung, der Forstsektor an sich wird in der öffentlichen Wahrnehmung gestärkt.

Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan,
Am Hochanger 11, D-85354 Freising

Gründungsleitung: Präsident Olaf Schmidt
Geschäftsführung: Dr. Andrea Spangenberg

Tel: +49-8161-71-4948 / -4951;

Fax: +49-8161-714971

E-mail: spa@lwf.uni-muenchen.de

* DR. ANDREA SPANGENBERG ist Geschäftsführerin des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan.

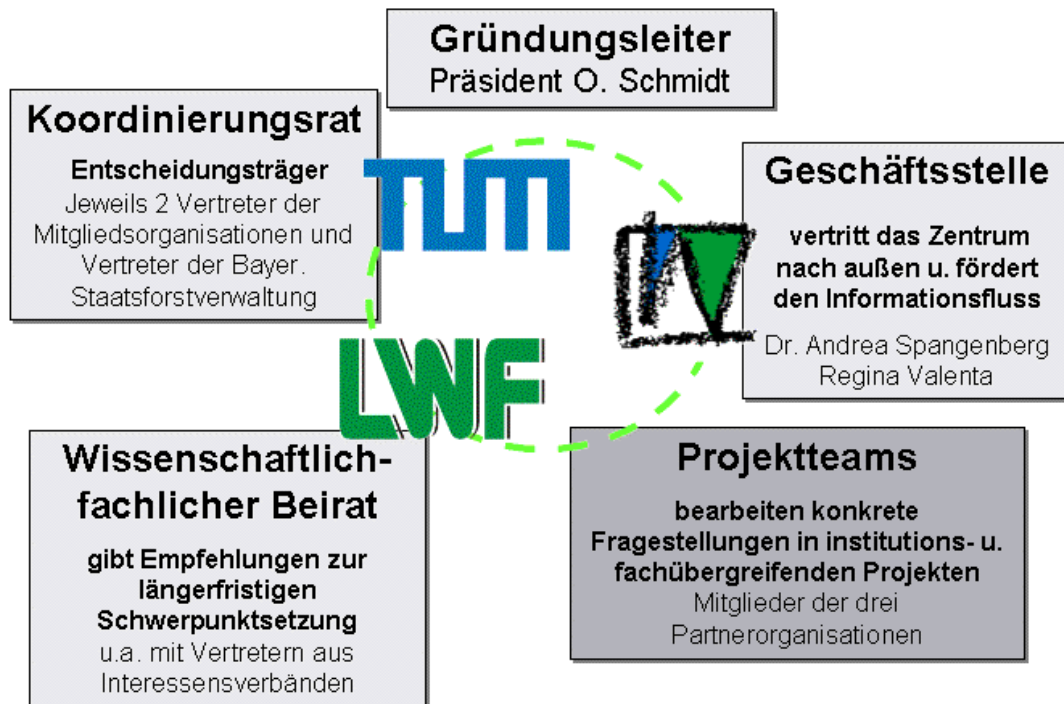


Abb. 1: Die geplante Organisationsstruktur im „Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan“

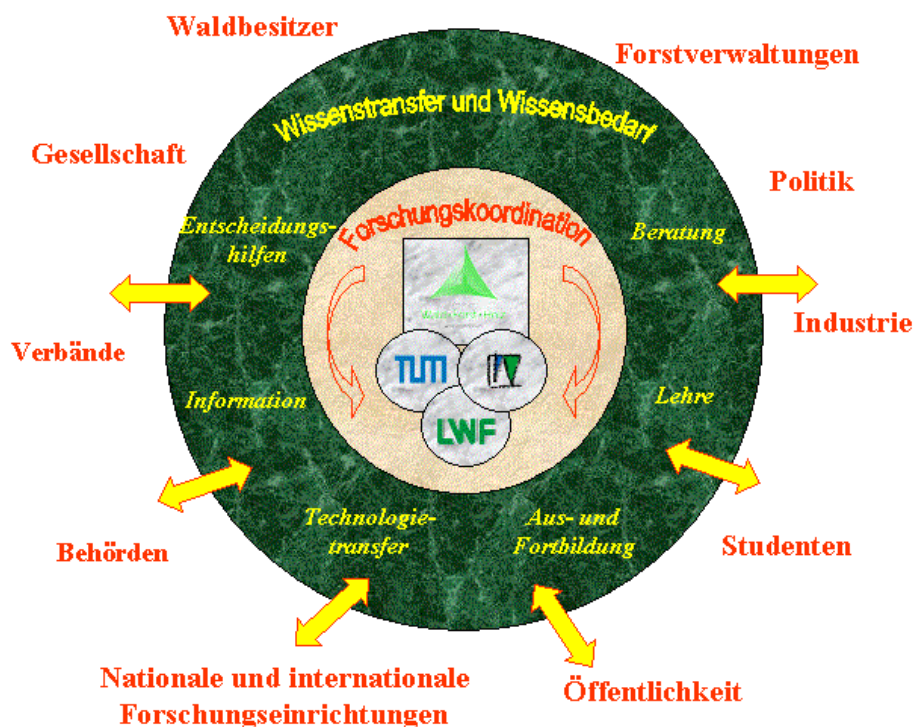


Abb. 2: Überblick über die Aufgabenfelder im neuen „Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan“

Wurzelwachstum

Sorgfalt entscheidet über Pflanzenerfolg

von Robert Nörr*

Pflanzung ist in vielen Fällen erforderlich, um stabile und ertragreiche Wälder zu begründen. Stabil werden gepflanzte Bäume aber nur mit einem großen, weit in die Tiefe reichenden Wurzelwerk, mit dem sie sich fest im Boden verankern. Bei unsachgemäßer Pflanzung werden nach unseren Forschungsergebnissen gerade die Tiefenwurzeln so stark verformt, dass sie auch nach zehn Jahren nur sehr oberflächlich wachsen. Selbst bei vierzigjährigen Bäumen kann die Erschließung des Wurzelraumes noch deutlich eingeschränkt sein. Eine sorgfältige, wurzelgerechte Pflanzung ist deshalb Voraussetzung für die Stabilität gepflanzter Bäume.

Wurzelgerecht pflanzen bedeutet, dass die Wurzeln vollständig und ohne Verkrümmungen im Pflanzloch/-spalt untergebracht werden.

Dazu sollten Sie

- ein an die Wurzelgröße angepasstes Pflanzverfahren wählen (siehe LWF-Merkblatt Nr. 4 „Auf die Wurzeln kommt es an!“);
- das gewählte Pflanzverfahren korrekt ausführen und sorgfältig pflanzen.

An einem Großteil unserer ausgegrabenen Wurzeln (bisher über 7.500) ließen sich einzelne Pflanzfehler auch nach zehn Jahren noch nachweisen. Dabei kristallisierten sich für jedes Pflanzverfahren besonders typische Fehler heraus. Um diese zu vermeiden, müssen oft nur zwei oder drei Punkte beachtet werden. Diese sind in dem neuen LWF-Merkblatt Nr. 4 a „Sorgfalt entscheidet über Pflanzenerfolg!“ für die gängigen Pflanzverfahren zusammengestellt.



Abb. 1: Zehnjähriger Bergahorn, unsachgemäß gepflanzt



Abb. 2: Zehnjähriger Bergahorn, fachgerecht gepflanzt

* ROBERT NÖRR ist Mitarbeiter im Sachgebiet „Waldbau und Forstplanung“ der LWF.

***** FFH-Nachrichten ***** FFH-Nachrichten ***** FFH-Nachrichten *****

Zehn Jahre FFH – Stand der Gebietsmeldungen

Die FFH-Richtlinie wird in diesem Jahr zehn Jahre alt. Zwischenzeitlich sind über 15 % der EU-Gesamtfläche als FFH-Gebiete gemeldet. Bayern nannte insgesamt 573 Gebiete mit zusammen rund 558.000 ha für das Europäische Netz Natura 2000. Dies entspricht knapp 8 % der bayerischen Landesfläche.

Derzeit finden für die biogeographischen Regionen (für Bayern: Alpine Region und kontinentale Region) *biogeographische Konferenzen* statt, in denen die Gebietsmeldungen der einzelnen Mitgliedsstaaten bewertet werden (Quelle: EU-Kommission, StMLF).

FFH – ein Netz mit viel Wald

Die Flächenauswertungen zur Waldverteilung in den gemeldeten FFH-Gebieten wurden jetzt abgeschlossen. Auf mehr als 60 % der Flächen stockt Wald, verteilt auf 497 Gebiete. Die insgesamt rund 351.000 ha Wald verteilen sich gerundet auf 201.000 ha (57 %) Staatswald, 76.000 ha (22 %) Privatwald, 48.000 ha (14 %) Körperschaftswald und 26.000 ha (7 %) Bundeswald. Dies verdeutlicht die hohe Naturschutzqualität der bayerischen Wälder und insbesondere des Staatswaldes. Hinzu kommen noch rund 37.000 ha Offenland im Besitz der Staatsforstverwaltung, überwiegend Moore, Wiesen sowie Felsregionen im Gebirge. Der Staatsforstverwaltung wurden für die 444 FFH- und 53 Vogelschutzgebiete die Managementaufgaben für die enthaltenen Waldflächen übertragen. In einer neuen Übersichtskarte „Natura 2000 im Wald“ werden je Regierungsbezirk die FFH- und Vogelschutzgebiete im Wald im Maßstab 1:200.000 differenziert nach Besitzarten dargestellt. Diese ist beim Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten zum Preis von 15 € zzgl. Versandkosten erhältlich (Quelle: StMLF).

Wichtige Gebietsdaten im Internet

Auf der Homepage des Landesamtes für Umweltschutz (www.bayern.de/lfu) können für alle gemeldeten NATURA 2000-Gebiete die wichtigsten Daten eingesehen und ausgedruckt werden. Darunter befinden sich zum Beispiel die in

den Gebieten vorkommenden Lebensraumtypen und Arten des Anhangs II. Die vollständigen Gebietsdaten mit Stand vom Juli 2000 (aus den *Standard-Datenbögen*) können beim LfU online bestellt werden. (www.bayern.de/lfu/natur/schutzgebietskonzepte/ffh/download.php)

Arbeitsprogramm 2000

Im Jahr 2002 werden für 30 zumindest teilweise bewaldete NATURA 2000-Gebiete Managementpläne erstellt. Das Arbeitsprogramm 2002 für die Erstellung von Managementplänen beinhaltet bayernweit 18 Gebiete, in denen die Federführung bei der Staatsforstverwaltung liegt. Zusätzlich werden für die Waldflächen in 13 Gebieten mit Federführung der Naturschutzbehörden Fachbeiträge erstellt. Vor Aufnahme der Arbeiten für das jeweilige Natura 2000-Gebiet informieren die Forstbehörden die Waldbesitzer umfassend.

Das NATURA 2000-Arbeitsprogramm für 2002 kann auf der Homepage der Bayerischen Staatsforstverwaltung (www.forst.bayern.de) unter Waldland Bayern -> NATURA 2000 -> Aktuelles eingesehen werden.

Förderung in NATURA 2000-Gebieten

Finanzielle Entgelte für Erhaltungsmaßnahmen und Einschränkungen können - vorbehaltlich verfügbarer Haushaltsmittel und EU-Notifizierung - voraussichtlich ab 2003 aus dem Vertragsnaturschutzprogramm geleistet werden. Die Gebietskulisse für das Programm umfasst die Natura 2000-Gebiete, alle naturschutzrechtlichen Schutzgebiete, die nach Art. 13 d BayNatschG geschützten Biotope und die Biotopverbundflächen.

Derzeit wird in Brüssel an der Umsetzung des Artikels 8 der FFH-Richtlinie gearbeitet. Darin geht es um die Förderung von Maßnahmen im Zusammenhang mit prioritären Lebensräumen und prioritären Arten. Momentan existiert als spezielles Förderinstrument zur Umsetzung von NATURA 2000 nur das LIFE-Programm der EU, das der Förderung von „Musterprojekten“ dient (Quelle: EU-Kommission; StMLF).

*Zusammengestellt von STEFAN MÜLLER-KROEHLING,
Sachgebiet V Waldökologie und Waldschutz*

Veröffentlichungen der LWF

Beiträge zur Esche

(Berichte aus der LWF Nr. 34)

Die Esche wurde für das Jahr 2001 zum Baum des Jahres gewählt. Sie ist eine vergleichsweise häufige Mischbaumart in unseren Wäldern. Sie gedeiht vor allem in Auwäldern und feuchten Bachtälern und prägt ökologisch wertvolle, teilweise bedrohte Lebensräume. Auch aus forstwirtschaftlicher Sicht kommt der Esche eine große Bedeutung zu. Dank ihrer Anpassungsfähigkeit an verschiedene Standorte und ihrer günstigen Holzeigenschaften ist sie sehr geschätzt. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft richtete zusammen mit der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald – Landesverband Bayern - eine Fachtagung zum Baum des Jahres aus. Die Vorträge befassen sich mit dendrologischen, waldbaulichen, ökologischen sowie verwendungsorientierten Fragestellungen. Aber auch den an der Esche lebenden Pilzen und Insekten, der Naturheilkunde sowie der Mythologie sind Referate gewidmet. Der LWF-Bericht Nr. 34 enthält alle Beiträge. Er kann zum Preis von 10 € beim Bestellservice der LWF bezogen werden.

Auerhuhnschutz und Forstwirtschaft - Lösungsansätze zum Erhalt von Reliktpopulationen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtelgebirges

(Berichte aus der LWF Nr. 35)

Im April 2001 veranstaltete die LWF ein wissenschaftliches Kolloquium zum Thema „Monitoring und Management von Auerhuhn-Reliktpopulationen“. Raufußhuhnexperten aus verschiedenen Bundesländern und der Schweiz befassten sich mit den verschiedenen Aspekten des Themas und stellten neueste Forschungsergebnisse vor. Der erste Teil des LWF-Berichts enthält alle Tagungsbeiträge. Die Themenpalette reicht von ökologischen Ansprüchen der Art, ihrer Bestandessituation und ihres Aussterberisikos über

mögliche Biotopschutz- und -verbesserungsmaßnahmen bis hin zu Möglichkeiten und Grenzen molekularer Methoden im Naturschutz. Der zweite Teil des Berichtes informiert über ein LWF-Projekt, das sich mit der Bestandessituation des Auerhuhns im Fichtelgebirge beschäftigt. Der LWF-Bericht Nr. 35 kann zum Preis von 12,50 € beim Bestellservice der LWF bezogen werden.

Aktuelle Holzernteverfahren am Hang

(Berichte aus der LWF Nr. 36)

Die Bewirtschaftung der steilen Lagen der Mittelgebirge und des Hochgebirges unterliegt besonderen Herausforderungen. Dies betrifft sowohl die Ansprüche an die Technik als auch an den Bestands- und Bodenschutz in diesen sensiblen Gebieten. Gerade für Hanglagen erfuhr die Verfahrensentwicklung in den letzten Jahren einen enormen Aufschwung. Im Rahmen einer Literaturstudie und ergänzt mit Praxisergebnissen hat die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft das derzeitige Wissen über aktuelle Holzernteverfahren zusammengetragen und in Form des nun vorliegenden LWF-Berichts veröffentlicht.

Getrennt nach Ernte- und Bringungstechniken sowie nach gängigen Verfahrenskombinationen werden jeweils die Themenfelder Einsatzbereich, Maschinen und Geräte, Verfahrensablauf, Leistung und Kosten, Pflughaltung sowie Ergonomie und Arbeitssicherheit konzentriert dargestellt.

Der forstlichen Praxis soll damit ein rascher Überblick sowie eine Entscheidungshilfe für die Wahl des je nach individuellen Einsatzbedingungen geeigneten Verfahrens an die Hand gegeben werden. Die aufgezeigten Kosten- und Leistungswerte dienen als Anhalt für Maßnahmenkalkulationen.

Die umfangreiche Literaturliste am Ende des Heftes ermöglicht einen raschen Zugriff auf weitergehende Spezialliteratur. Der LWF-Bericht

Nr. 36 kann zum Preis von 10 € beim Bestellservice der LWF bezogen werden.

Kleine Fichtenblattwespe

(LWF - Merkblatt Nr. 9)

Die Kleine Fichtenblattwespe ist in ganz Mittel- und Nordeuropa verbreitet. Zu einem Schädling entwickelt sie sich nur dort, wo sie kontinuierlich optimale Lebensbedingungen vorfindet wie z. B. in Südostbayern. Dort verursacht sie seit über 20 Jahren beträchtliche Fraßschäden in Fichtenbeständen aller Altersklassen. Das neue farbige

LWF-Merkblatt Nr. 9 „Kleine Fichtenblattwespe“ fasst den aktuellen Stand des Wissens zusammen. Es beschreibt Aussehen und Lebensweise dieses Insekts ebenso wie die Möglichkeiten der Überwachung. Darüber hinaus kann sich der Praktiker aus dem „Waldbaukonzept für chronisch befallene Fichtenbestände“ über Behandlungsmöglichkeiten für geschädigte Bestände informieren.

Das LWF-Merkblatt Nr. 9 „Kleine Fichtenblattwespe“ kann kostenlos über den Bestellservice der LWF bezogen werden.

Ihre Bestellung richten Sie bitte an:

Bayerische Landesanstalt für Wald
und Forstwirtschaft (LWF)
Bestellservice – z.Hd. Frau Naderer
Am Hochanger 11
85354 Freising
Fax: 08161-71-4971
E-mail: nad@lwf.uni-muenchen.de oder awa@lwf.uni-muenchen.de
URL: www.lwf.bayern.de

kommen & gehen

Kommen:

Forstrat Dr. JOACHIM HAMBERGER wurde mit Wirkung vom 01.07.2002 (Dienstantritt 01.09.2002) die Stelle eines Sachbearbeiters an der LWF übertragen (Nachfolge FR Wild) (Sachgebiet *L Leitung*).

Gehen:

Forstrat Dr. MARTIN BACHMANN wurde mit Wirkung vom 15.10.2002 bis auf weiteres von der LWF (zugewiesen dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde) an die Staatliche Führungsakademie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten abgeordnet.

Forstoberrat ALOIS ZOLLNER wurde mit Wirkung zum 01.07.2002 an die Waldarbeitsschule Laubau (Stellvertretender Leiter der Waldarbeitsschule) versetzt.

Forstrat z.A. FRANZ PAULUS wurde mit Wirkung zum 12.08.2002 versetzt zur vertretungsweisen Übertragung einer Sachbearbeiterstelle an die Forstdirektion Oberbayern-Schwaben.

Veranstaltungen

Seminarreihe

Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik (TU München) und
Sachgebiet IV *Betriebswirtschaft und Waldarbeit* (LWF)

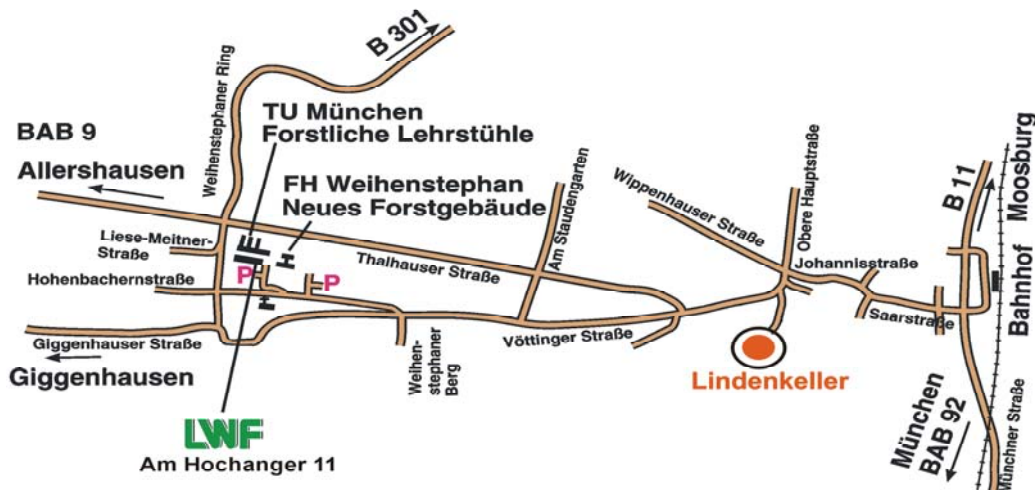
Datum	Thema	Referent(en)
05.12.02	Software-Einsatz für die Produktionslogistik in der Holzernte	Martin Hemm (TUM)
	Realitätsnahe Darstellung von Landschaften mit GIS und Visualisierungssoftware	Bernhard Donhauser-Koci (TUM)
19.12.02	Bedeutung und aktuelle Entwicklungen im Bereich Energieholz	Stefan Wittkopf (LWF)
09.01.03	Bereitstellung von Waldhackschnitzeln für die energetische Verwertung	Christian Krichbaum (LWF)
23.01.03	Vergleichende Untersuchungen zur ökologischen Verträglichkeit von rad- und raupengestützten Forstmaschinen - Boden, Wurzel und Phytopathologie	Dietmar Matthies (TUM), Bettina Wolf (TUM), Markus Blaschke (LWF)
06.02.03	Kalkulationsprogramm "Holzernte" und Einhandkluppe - Werkzeuge für Vertriebsplanung und Logistik	Michael Lutze (LWF)
20.02.03	Untersuchungen zur Ergonomie von Harvester-Arbeitsplätzen	Bettina Baumeister (TUM)
	Bestandesschäden bei Harvestereinsatz im Laubholz	Werner Bäumler (TUM)
06.03.03	Leistung und Pfleglichkeit des Steilhang-Raupenharvesters Valmet 911 "Snake"	Martin Nagl (TUM), Chiara Gennari (TUM)
20.03.03	7. Forstlicher Unternehmertag (Das Programm ergeht zu einem späteren Zeitpunkt separat.)	

Zeit: Das Seminar findet immer am Donnerstag von 10.15 bis 12 Uhr statt.

Bei mehreren Vorträgen kann es bis 12.30 Uhr dauern.

Ort: Sitzungssaal der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF),
Am Hochanger 11, 85354 Freising

So erreichen Sie die
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF),
Am Hochanger 11, 85354 Freising
Tel./Fax 08161-71-4881/-4971; poststelle@fo-lwf.bayern.de; www.lwf.bayern.de



Bestellung

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
 z. Hd. Frau Naderer, Am Hochanger 11, 85354 Freising
 Per Telefax: 08161 / 71-4971
 Per Email: nad@lwf.uni-muenchen.de

LWF-Berichte			
	Nr. 17 (1998)	Beiträge zur Vogelbeere (Tagungsband) von O. SCHMIDT et al.	10 €
	Nr. 18 (1998)	Humuszustand und Bodenlebewelt ausgewählter bayerischer Waldböden von H.J. GULDER et al.	10 €
	Nr. 21 (1999)	Teilmechanisierte Bereitstellung, Lagerung und Logistik von Waldhackschnitzeln (2. Auflage) von H. WEIXLER et al.	10 €
	Nr. 23 (1999)	Beiträge zur Wildbirne (Tagungsband) von L. ALBRECHT et al.	8 €
	Nr. 26 (2000)	Der Energieholzmarkt Bayern (2. Auflage) von K. WAGNER, S. WITTKOPF	10 €
	Nr. 28 (2000)	Beiträge zur Sandbirke (Tagungsband) BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	15 €
	Nr. 29 (2000)	Verfahren der Rundholzlagerung von A. WAUER	10 €
	Nr. 30 (2001)	Symposium Energieholz (Tagungsband) BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	10 €
	Nr. 32 (2001)	Die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	10 €
	Nr. 33 (2001)	Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung (Tagungsband) BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	10 €
	Nr. 34 (2002)	Beiträge zur Esche (Tagungsband). BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	10 €
	Nr. 35 (2002)	Auerhuhnschutz und Forstwirtschaft Lösungsansätze zum Erhalt von Reliktpopulationen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtelgebirges (Tagungsband). BAYER. LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsgb.)	12,50 €
	Nr. 36 (2002)	Aktuelle Holzernteverfahren am Hang von S. RAAB, S. FELLER, E. UHL, A. SCHÄFER, G. OHRNER	10 €
LWF-aktuell			kostenlos
	Nr. 4 (Dezember 1995)	Energie aus Holz	
	Nr. 5 (Mai 1996)	Waldschutz – Eiche	
	Nr. 7 (Oktober 1996)	Wald und Klima	
	Nr. 8 (März 1997)	Forstliches Testbetriebsnetz 1995	
	Nr. 13 (April 1998)	Testbetriebsnetz 1996: Zahlen, Daten, Fakten (Beiheft)	
	Nr. 14 (Mai 1998)	Waldschutz	
	Nr. 17 (Februar 1999)	Testbetriebsnetz 97: Zahlen, Fakten, Hintergründe (Beiheft)	
	Nr. 18 (April 1999)	Totes Holz – lebend(ig)er Wald	
	Nr. 21 (Dezember 1999)	Betriebssteuerung für kluge Köpfe: Testbetriebsnetz Forstwirtschaft 1998 (Beiheft)	
	Nr. 22 (Februar 2000)	Jetzt Sturmholz richtig lagern! (Lothar-Sonderausgabe I.Teil)	
	Nr. 23 (März 2000)	Über die Kunst, rationell und naturnah zu verjüngen (Lothar-Sonderausgabe II.Teil)	
	Nr. 24 (Mai 2000)	WaldSchutz 2000	
	Nr. 25 (Juni 2000)	Vielfalt im Wald – verantwortungsvoll schützen und gestalten	
	Nr. 26 (Juli 2000)	Vivian, Wiebke und Lothar – Forstwirtschaft in stürmischen Zeiten	
	Nr. 27 (November 2000)	Birke – vom Pionier zum Furnier	
	Nr. 30 (Oktober 2001)	Rio, 13 d, FFH oder FSC - Welche Instrumente braucht die Biodiversität in Wäldern?	
	Nr. 31 (November 2001)	Es wächst zusammen, was zusammen gehört: Die neue Karte der natürlichen Waldzusammensetzung Bayerns.	
	Nr. 32 (Dezember 2001)	Testbetriebsnetz Forstwirtschaft 2000 (Beiheft)	
	Nr. 33 (Juni 2002)	Borkenkäfer spezial	
LWF-Merkblätter			kostenlos
	Nr. 3 (August 1998)	Naturverjüngung in Hochlagen auf Moderholz	
	Nr. 4 (März 2000)	Auf die Wurzeln kommt es an !	
	Nr. 4a (Juli 2002)	Sorgfalt entscheidet über Pflanzenerfolg!	
	Nr. 6 (Juli 2001)	Phytophthora-Wurzelhalsfäule der Erlen	
	Nr. 7 (November 2001)	Rundholz richtig lagern !	
	Nr. 8 (Januar 2002)	Wildlinge - richtig (ein)gesetzt !	
	Nr. 9 (Juni 2002)	Kleine Fichtenblattwespe	

Bitte senden Sie die Bestellung an folgende Adresse:

Name, Vorname, Institution _____

Straße, Hausnummer _____

PLZ, Ort _____