

BERICHTE
FREIBURGER FORSTLICHE FORSCHUNG

HEFT 62

Wasservorsorge in bewaldeten Einzugsgebieten

Gemeinsames Kolloquium des Arbeitskreises „Waldböden“
der DBG und der Sektion Wald und Wasser im DVFFA
in Freiburg vom 2. bis 3. Juni 2005

Veranstalter:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg und
Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT
BADEN-WÜRTTEMBERG

ABT. BODEN UND UMWELT

FREIBURG, NOVEMBER 2005

ISSN: 1436-1566

Die Herausgeber:

Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg;
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Freiburg

Redaktion:

E. Liesemann, K. v. Wilpert

Umschlaggestaltung:

Bernhard Kunkler Design, Freiburg

Druck:

Eigenverlag der FVA, Freiburg

Bestellung an:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Wonnhaldestr. 4

79100 Freiburg i. Br.

Tel. 0761-4018-0, Fax 0761-4018-333

E-Mail: fva-bw@fva.bwl.de

Internet: www.fva-bw.de

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

Gedruckt auf 100% chlorfrei gebleichtem Papier.

VORWORT

Am 02.-03. Juni 2005 fand an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg ein gemeinsamer Workshop des DBG – Arbeitskreises „Waldböden“ und der Sektion „Wald und Wasser“ im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten statt.

Die Tagung war die 7. gemeinsame Veranstaltung der beiden Fachgremien und stand mit dem Tagungsthema „Wasservorsorge in bewaldeten Einzugsgebieten“ in der Kontinuität der früheren Tagungsthemen. Ziel der Veranstaltung war es, die forstlichen und bodenkundlichen Steuerungspotentiale zur mittel- bis langfristigen Stabilisierung der Wasserqualität in bewaldeten Einzugsgebieten zu identifizieren. Zielgröße ist hierbei sowohl die Qualität von Oberflächengewässern als auch des Grundwassers. Die Beiträge (17 Vorträge und 15 Poster) stehen im Kontext der aktuellen Anforderungen der EU Wasser Rahmenrichtlinie und sollen der inhaltlichen Bewertung von forstlichen Optionen zur Wasservorsorge dienen. Die Vorträge waren inhaltlich in vier Themenblöcke gruppiert. Im einleitenden Themenblock „Bodenchemie – Sickerwasser – Stoffeintrag“ wurde die Bedeutung von Stoffeinträgen aus der Atmosphäre für den Stoffhaushalt und den Stoffaustrag mit dem Sickerwasser behandelt. In vielen der Beiträge stand die Eutrophierungsproblematik durch Stickstoffeinträge und ihre ökosystemaren und hydrologischen Folgen im Vordergrund. Im Themenblock „Abflussbildung, Hochwasserschutz“ wurden eher klassisch hydrologische Fragen der volumetrischen Abflussbildung behandelt. Zum Oberthema „Qualität von Oberflächengewässern“ konnten zwei Naturschutz – orientierte Beiträge zu Gewässerbiologie und Gewässergestaltung mit einem Beitrag zu gewässerchemischen Rahmenbedingungen der Entwicklungs- und Lebensmöglichkeiten aquatischer Lebensgemeinschaften zusammengefasst werden. Der abschließende Themenblock „Prognosemodelle, Steuerungsmöglichkeiten durch die Forstpraxis“ stellte neben neuen methodischen Entwicklungen wie dem Untersuchungs- und Auswertungskonzept der „randomisiert wandernden Messplots“ Ansatzpunkte zur praktischen Ökosystemsteuerung wie Bodenschutzkalkungen oder die waldbauliche Behandlung von Beständen vor und stellte den Bezug zu deren Beitrag zu Grundwasser- bzw. Gewässervorsorge her.

Die Tagung war von der hohen Qualität der 16 Vorträge und 17 Posterpräsentationen geprägt. Dies und das auch politisch relevant Tagungsthema gab Anlass zu guten und weiterführenden Diskussionen, die am Ende des Tagungsbandes in Form eines Kurzprotokolls der zusammenfassenden Abschlussdiskussion wiedergegeben ist.

Wasservorsorge in bewaldeten Einzugsgebieten

Bodenchemie – Sickerwasser – Stoffeintrag

N. Wellbrock, C. Schimming	Trends der atmosphärischen Einträge in Relation zu den Austrägen an der Level II-Fläche Bornhöved	1
H. Schack-Kirchner, N. Wöhrle, E. Hildebrand	Die Desorptionslösung zur Bestimmung der Sickerwasserzusammensetzung in heterogenen Waldgebieten	15
S. Raspe, K. Moritz	Langfristiges Monitoring von Wasser- und Stoffflüssen in bewaldeten Einzugsgebieten Bayerns	25
W. Borken	Der Stickstoffhaushalt deutscher Waldökosysteme – eine tickende Zeitbombe?	41
B. Horváth, H. Meesenburg, K. J. Meiwes	Bestandesspezifische Nitratversickerung unter Wald im Raum Weser-Ems	47
P. Spatz, R. Olschewski, M. Martin, H. Schirg	Sickerwasserbeschaffenheit von Rückstandshalden des historischen Bergbaus	53
N. Asche, G. Spelsberg	Stickstoffverfügbarkeit in Wäldern von Nordrhein-Westfalen	63
R. Butz-Braun, J. Lethmate	Der Einfluss depositionsbedingter de-Al-Chloritisierung auf die hohen Aluminiumgehalte in Waldquellen des Riesenbecker Osning / nördlicher Teutoburger Wald	69
M. Jansen, F. Beese, N. Loftfield	Nährstoffverfügbarkeit aus dem Bodenskelett einer podsolierten Braunerde unter Fichte	77

Abflussbildung – Hochwasserschutz

H. Puhlmann	Stochastischer Modellansatz zur Abschätzung der Hochwasserretention in Auenwäldern	87
J. Lange	Persistenz und Indikatoren hydrologischer Dürren in bewaldeten Einzugsgebieten – erste Resultate und Forschungsbedarf	99
T. Grote, F. Marcelino, J. Barilli, F. Nascimento, P. T. Fenner, H. Schack-Kirchner, E. E. Hildebrand	Erosion auf Walderschließungslinien	109
K. von Wilpert D. Zirlewagen	Oberflächennahe Abflussbildung in einem sickergehemmten Boden	119
J. Niederberger	Räumlich und zeitlich hoch auflösende Beobachtung der Niederschlags-/Abflusstransformation am Hang	125
W. Wilcke, K. Fleischbein, R. Goller, C. Valarezo	Steuergrößen des Wasserhaushaltes von kleinen Einzugsgebieten unter Bergwald in Ecuador	133
G. Schüler	Herleitung von abflussrelevanten Flächen zur Steuerung von Wasserrückhaltmaßnahmen im Wald	143

Qualität von Oberflächengewässern

J. Niederberger	Einfluss von Geologie und Waldkalkung auf die Wasserqualität für das Einzugsgebiet des Trinkwasserspeichers Kleine Kinzig	159
-----------------	---	-----

Prognosemodelle – Steuerungsmöglichkeiten durch die Forstpraxis

H. Meesenburg, M. Jansen, C. Döring, F. Beese, U. Rüping, B. Möhring, S. Hentschel, K. J. Meiwes, H. Spellmann	Konzept zur Beurteilung der Auswirkungen forstlicher Maßnahmen auf den Gewässerzustand nach den Anforderungen der EG- Wasserrahmenrichtlinie	171
N. Wöhrle, H. Schack-Kirchner, E. E. Hildebrand	Randomisiert wandernde Messplots: Raum-Zeit- Modellierung von Stoffhaushaltsparametern in heterogenen Waldbeständen	181
M. Lukes	Die Bedeutung des Bodenwasserspeichers und der Evapotranspiration für die Tiefenversicherung	191
B. Franz	Auswirkung von Kompensationskalkungen auf bewaldete Einzugsgebiete des Westerzgebirges	201
H. Schulte-Bisping, F. Beese, E. Priesack	Dynamik des Stoffhaushalts in einem Wassereinzugsgebiet Nordostdeutschlands - Ergebnisse einer 6-jährigen Messkampagne (1998- 2003) –	213
B. Ahrends, J. Böttcher , W.H.M. Duijnsveld	Auswirkungen des Waldumbaus von Kiefernrein- beständen auf die Stoffdeposition und die Grund- wasserqualität in Nordwestdeutschland	221
Abschlussdiskussion		235

Für die MSGw-Einzugsgebiete werden seit 1988 Bilanzierungen des Wasser- und Stoffhaushalts durchgeführt. Näheres zur Methodik ist BITTERSOHL et al. (2004) zu entnehmen. Eingetragener Schwefel wurde bis Anfang der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts überwiegend gespeichert, während seit einigen Jahren die Freisetzung überwiegt (Abb.7). Das Einzugsgebiet Metzenbach weist eine durchgehend negative Schwefelbilanz mit weiter abnehmender Tendenz auf. Auch im tieferen Sickerraum wird hier eine Schwefelfreisetzung beobachtet. Für Stickstoff sind die Bilanzen (noch) positiv (Abb. 8). Die untersuchten Waldgebiete können einen Großteil des eingetragenen Stickstoffs speichern. Nitrat wird aber in den Gewässern gegenüber einem völlig unbelasteten Referenzzustand in mehr oder weniger erhöhten Konzentrationen gefunden, was auf eine allmähliche Stickstoffsättigung der Waldökosysteme hindeutet. Der Borkenkäferbefall im Einzugsgebiet Markungsgraben führte zu einer Nettofreisetzung von Stickstoff in Höhe von 95 kg/ha in 5 Jahren. Gleichzeitig verlor das Einzugsgebiet 17,5 kmol/ha an Basen-Kationen (nicht dargestellt), was mit einer erheblichen Bodenversauerung einherging.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

In Bayern werden sowohl von der Forstverwaltung als auch von der Wasserwirtschaftsverwaltung Messnetze zur intensiven Umweltbeobachtung an repräsentativen Waldstandorten in enger Kooperation durchgeführt. Sie dienen der Forstwirtschaft in erster Linie zur Charakterisierung des Zustandes der bayerischen Wälder und deren Veränderungen unter sich wandelnden Umweltbedingungen. Der Schutz der Gewässer und die Daseinsvorsorge für den Bereich Trinkwasserversorgung ist ein wesentlicher Aspekt für die Wasserwirtschaft. Ein für den Wald und die Gewässer gleichermaßen wichtiger Schwerpunkt ist die Wirkungskontrolle von Luftreinhaltemaßnahmen. So konnten Erfolge der Entschwefelungsmaßnahmen als Rückgang der Versauerung in den Gewässern dokumentiert werden. Ebenso werden die Auswirkungen von anhaltend hohen atmosphärischen Stickstoffbelastungen registriert. Weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Stickstoffemissionen aus Landwirtschaft und Verkehr sind erforderlich, um langfristig die Stabilität der Waldökosysteme sicherzustellen und eine weitere Versauerung der Waldböden sowie ein Vorschreiten der Eutrophierung unserer Waldgewässer zu vermeiden. Dabei ist auf den Schutz des Grundwasser zu achten, da es auf den Rückgang einer flächenhaften Belastung häufig träge und langfristig reagiert. Wichtig sind in diesem Zusammenhang auch Kenntnisse über mögliche Auswirkungen der Bestandesstruktur auf den Stoffeintrag in die Gewässer. So wurde der mindernde Einfluss von Laubholzbeständen auf den Nitrataustrag für verschiedene Standorte nachgewiesen. Besonders drastisch kann sich der Wasser- und Stoffhaushalt bei komplettem Verlust des herrschenden Baumbestandes durch großflächige Störungen ändern.

Zusammenhänge zwischen Wald und Wasser sind vielfach beschrieben. Sie sind nicht statisch, sondern ständiger Veränderung durch natürliche Prozesse, Bewirtschaftungsein-

griffe sowie direkte und indirekte anthropogene Schädigung unterworfen. Vor diesem Hintergrund müssen Umweltbelastungen in Waldgebieten als ein gemeinsames Problem für Forst- und Wasserwirtschaft gesehen werden. Der bis jetzt überwiegend gute bis sehr gute Zustand der oberirdischen Gewässer und des Grundwassers im Wald muss im Interesse des Gesamtnutzens für die Gesellschaft dringend erhalten werden. Daher sind die beiden Fachbereiche mit ihrem Wissen über Wasser- und Stoffflüsse in Wäldern eng miteinander verbunden. In Bayern wurden verschiedene Schritte für eine engere Zusammenarbeit der Forst- und Wasserwirtschaftsverwaltung bei der Umweltbeobachtung unternommen. Darüber hinaus gibt es weitere Bestrebungen, die Kooperation und Harmonisierung der diversen Umweltmessprogramme im Rahmen der bayerischen Umwelt- und Forstverwaltung weiter voran zu treiben (LFW 2005). Umweltmonitoring im Wald ist so lange notwendig wie die Fachbehörden sich für die Waldökosysteme und ihre Gewässer als Ressource und natürliche Lebensgrundlage verantwortlich fühlen. Es ist andererseits nur solange möglich, wie die Fachbehörden diese Notwendigkeit vermitteln können und der Staat sich dies leisten will und kann.

6 LITERATUR

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2003): Hochwasserschutz im Wald. LWF Wissen Nr. 40, 74 S.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2004): Bayerische Waldklimastationen Jahrbuch 2001. Eigenverlag, 131 S.
- BAYERISCHE STAATSFORSTVERWALTUNG (2002): Waldbaugrundsätze für den bayerischen Staatswald. Faltblatt.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1995): Internationales Symposium Grundwasserversauerung durch atmosphärische Deposition; Ursachen - Auswirkungen - Sanierungsstrategien. Informationsbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (Hrsg.) 3/95, 429 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2001): Nitratbericht Bayern. Eigenverlag, 36 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2005): Umweltmonitoring im Luft-Boden-Wasser-Pfad, Vernetzungen und Synergien. Arbeitsgruppe „Integrierte Umweltprogramme im Wasserkreislauf“, Zwischenbericht – März 2005, unveröffentlichter Bericht, 20 S.
- BAYER. STMLF (Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten) (2005): Jahresbericht 2004 – Bayerische Staatsforstverwaltung. Eigenverlag, 48 S. und: Statistikband 2004 – Bayerische Staatsforstverwaltung. Eigenverlag, 68 S.
- BEIERKUHNEIN, C., RIEDEL, R. & AUDORFF, V. (1999): Vergleich der wasserchemischen Eigenschaften von Waldquellen der silikatischen Mittelgebirge. in: Bayreuther Forum für Hydrologie, Bd. 71, S. 87 – 102.

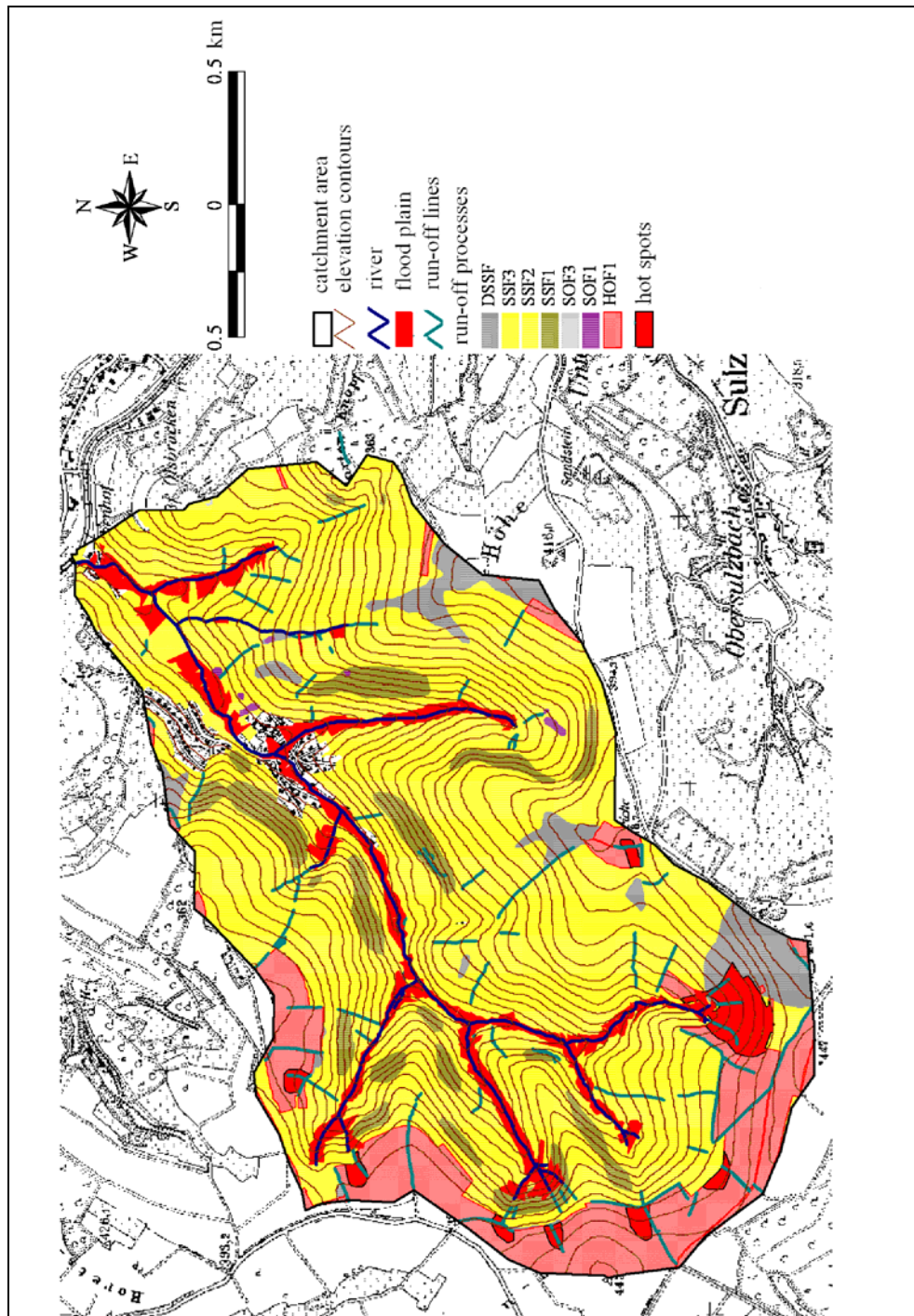


Abb. 3: Beispiel einer digitalen Karte mit Abflusssensitivitäten in einem Bacheinzugsgebiet als Ergebnis einer standortkundlichen Auswertung

6 LITERATUR

- BEASLEY, R.S. (1976): Contribution of subsurface flow from the upper slopes of a forested watershed to channel flow. *Soil Science of America Journal*, 40, 955-957
- BENNECKE, P. (1992): Vorhersagbarkeit der Wasserbindungs- und Wasserleitfähigkeitsfunktion an bodenkundlichen Substratmerkmalen. In: *Regionalisierung der Hydrologie* (Hrsg.: DFG), Mitt. XI d. Senatskomm. F. Wasserforschung, VCH-Vlg. Weinheim, 221-239
- CASPER, M. (2004): Zur Problematik der Prozessabbildung in kleinen Einzugsgebieten: Prozessstudien und Modellvergleich. Online-Publikation der Univ. Trier. Seminarreihe „Regionale Wasserwirtschaft in Theorie und Praxis“, 35-45
- DVWK (1985): Beiträge zu Oberflächenabfluss und Stoffabtrag bei künstlichen Starkniederschlägen. DVWK-Schr., Bd. 71
- FEYEN, H. (1998): Identification of Runoff Processes in Catchments with a Small Scale Topography. Dissertation ETH Zürich, No. 12868
- GRUNERT, J. und D. KÖNIG (2000): Hochwassermanagement in Entstehungsgebieten – Vorsorge aus forstlicher und wasserwirtschaftlicher Sicht. Hier: Empirische Untersuchungen im Testgebiet „Thiergarten/Reichenbach“. Zwischenber. d. Univ. Mainz an die Forstl. Versuchsanst. Rheinland-Pfalz, 5 S. (unveröffentl.)
- GRYSCHKO, R. (2000): Fernerkundung von sensiblen Niederschlagsflächen auf Grundlage der ABAG. IRMA II A 2-Bericht an das LfW Rheinland-Pfalz, 37 S.
- HIBBERT, A.R. (1967): Forest Treatment Effects on Water Yield; in: Sopper, W.E., Lull, H.W. (eds.): *Int. Symp. Forest Hydrology*, New York, Pergamon Press, 527-543
- HOFFMANN, D. (1980): Der Einfluß von Bestockungsunterschieden (Baumart, Bestockungsdichte) auf den Wasserhaushalt des Waldes und seine Wasserspende an die Landschaft. Abschl.-Ber. zum DFG-Forschungsvorh. Ho 304, 3-tlg. (unveröffentl.)
- HOFFMANN, H.-D. (1982): Die Interzeption einer Fichtenstreudecke im Freiland und im Bestand. In: *Wasser aus dem Wald, Wasser für den Wald* (Hrsg.: DE HAAR, U. und HOFFMANN, D.) Beitr. zur Hydrologie, Kirchzarten, 103-116
- HORAT und SCHERRER AG (2001): Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Ber. 00/13 im Auftrag des Landesamtes für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz (unveröffentl.)
- IHW (2000): Die Beurteilung von Einzugsgebieten und ihren Teilflächen nach der Abflussbereitschaft unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Nutzung – aufgezeigt an drei Einzugsgebieten in Rheinland-Pfalz. Bericht Nr. B002/003 an das Landesamt für Wasserwirtschaft, 58 S.
- KLEEBERG, H.-B. (1999): Zum Problem der Regionalisierung in der Hydrologie. In: KLEEBERG, H.-B., MAUSER, W., PESCHKE, G. und U. STREIT (Hrsg.): *Hydrologie und Regionalisierung. Ergebnisse eines Schwerpunktprogrammes (1992 – 1998)*, Weinheim, New York, Chichester, Brisbane, Singapore, 3-12

- BORKEN, W. & E. MATZNER (2004): Nitrate leaching in forest soils: an analysis of long-term monitoring sites in Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, (3): 277-283.
- BÖTTCHER, J., G. SPRINGOB & W. H. M. DUIJNISVELD (1999): Sandige Böden und deren Wasser- und Stoffhaushalt unter Acker und Nadelwald im Fuhrberger Feld. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 90, 405-436.
- BREDEMEIER, M. (1988): Forest canopy transformation of atmospheric deposition. *Water, Air, and Soil Pollution*, 40, 121-138.
- BREDEMEIER, M., K. BLANCK, Y. J. XU, A. TIETEMA, A. W. BOXMAN, B. A. EMMETT, F. MOLDAN, P. GUNDERSEN, P. SCHLEPPI & R. F. WRIGHT (1988): Input-output budgets at the NITREX sites. *Forest Ecology Management*, 101, 57-64.
- BRINKMANN, S. (1998): Einfluß des Bestandesaufbaus von Wäldern auf Sandböden auf die Stoffanlieferung an das Grundwasser. Unveröffentl. Diplomarbeit Institut für Bodenkunde Universität Hannover, 156 S.
- BÜTTNER, G. (1997): Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) in Niedersachsen 1990-1991. *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, 122. 205 S.
- DRAAIJERS, G. P. J. & J. W. ERISMAN (1995): A canopy budget model to assess atmospheric deposition from throughfall measurements. *Water, Air, and Soil Pollution*, 85, 2253-2258.
- DUIJNISVELD, W. H. M., K. DITTRICH, H.-E. GÄBLER, G. KLUMP & J. UTERMANN (2003): Überprüfung und Forstschreibung der Vorsorgewerte für Böden nach BbodSchV. Teilvorhaben II: Hintergrundkonzentrationen für anorganische Spurenstoffe im Sickerwasser und oberflächennahen Grundwasser repräsentativer Standorte. UBA-Forschungsvorhaben 201 71 242, Berlin. 82 S.
- EMMETT, B. A., D. BOXMAN, M. BREDEMEIER, P. GUNDERSEN, O. J. KJONAAS, F. MOLDAN, P. SCHLEPPI, A. TIETEMA & R. F. WRIGHT (1998): Predicting the Effects of Atmospheric Nitrogen Deposition in Conifer Stands: Evidence from the NITREX Ecosystem-Scale Experiments. *Ecosystems*, 1, 352-360.
- FISCHER, H., O. BENS & R. F. HÜTTL (2002): Veränderung von Humusform, -vorrat und -verteilung im Zuge von Waldumbau-Maßnahmen im Nordostdeutschen Tiefland. *Forstw. Cbl.*, 121, 322-334.
- FRANKEN, G. (2000): Neutralisation saurer Einträge in einem Aquifer aus basenarmen Sanden - Feldstudie und Modellierung. *Geologisches Jb., Reihe C, Heft SC 1*, Hannover. 157 S.
- GEHRMANN, J., H. ANDREAE, U. FISCHER, W. LUX & T. SPRANGER (2001): Luftqualität und atmosphärische Stoffeinträge an Level II - Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), 94 S.
- GUNDERSEN, P., I. CALLESEN & W. DE VRIES (1998): Nitrate leaching in forest ecosystems is related to forest floor C/N ratios. *Environmental Pollution*, 102, 403-407.
- JENSSEN, M. (2002): Wirkung der Kronendächer auf Interzeptionsverdunstung und Niederschlagsverteilung in Kiefern- und Buchenbeständen des nordostdeutschen Tieflandes. In: Anders, S.: *Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Einfluß von Niederschlagsarmut und erhöhtem Stickstoffeintrag auf Kiefern-, Eiche- und*

- Buchen-Wald- und Forstökosysteme des nordostdeutschen Tieflandes. Eberswalde. S. 93-99.
- KREUTZER, K., E. DESCHU & G. HÖSL (1986): Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß von Fichte (*Picea abies* L. Karst.) und Buche (*fagus sylvatica* L.) auf die Sickerwasserqualität. *Forstw. Cbl.*, 105, 364-371.
- MACDONALD, J. A., N. B. DISE, E. MATZNER, M. ARMBRUSTER & P. GUNDERSEN (2002): Nitrogen input together with ecosystem nitrogen enrichment predict nitrate leaching from European forests. *Global Change Biology*, 8, 1028-1033.
- MATZNER, E. & C. GROSHOLZ (1997): Relationship between NO₃-output, C/N ratio of the humus layer and N-input in Central European spruce forest (*Picea abies* Karst.) ecosystems. *Forstw. Cbl.*, 116, 39-44.
- MEESENBURG, H. (2004): Bilanzdaten für die BDF-Fuhrberg. Unveröffentl. elektronische Mitteilung.
- MEESENBURG, H., B. HORVATH & K. J. MEIWES (2003): Stoffhaushalt von Waldökosystemen NW-Deutschlands unter hoher Stickstoffbelastung. *Ber. Freiburger Forstliche Forschung*, 49, 57-69.
- MEESENBURG, H., K.-J. MEIWES, A. SCHULZE & P. RADEMACHER (1997): Bodendauerbeobachtungsflächen auf forstlich genutzten Flächen (BDF-F). In: Kleefisch, B. & J. Kues: Das Bodendauerbeobachtungsprogramm von Niedersachsen: Methodik und Ergebnisse. *Arbeitsh. Boden*, 2. S. 77-95.
- MEIWES, K.-J., M. HAUHS, N. GERKE, N. ASCHE, E. MATZNER & N. LAMMERSDORF (1984): Die Erfassung des Stoffkreislaufs in Waldökosystemen - Konzept und Methodik. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme / Waldsterben*, 7. Göttingen. 68-142 S.
- MELLERT, K. H., A. GENSITOR & C. KÖLLING (2005): Stickstoffsättigung in den Wäldern Bayerns - Ergebnisse der Nitratinventur. *Forstarchiv*, 76, 35-43.
- MOHR, K., H. MEESENBURG, B. HORVATH, K. J. MEIWES, S. SCHAAF & U. DÄMMGEN (2005): Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkungen auf Waldökosysteme (ANSWER-Projekt). *Landbauforschung Völkenrode Sonderheft*, 279. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). Braunschweig. 113 S.
- PAHL, U. (2000): Numerische Simulation zum Einfluß von Waldbestandsinhomogenitäten auf die Windverhältnisse und die trockene Spurenstoffdeposition. *Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover*, 61. 100 S.
- PRIETZEL, J. (2004): Humusveränderung nach Einbringung von Buche und Eiche in Kiefernreinbestände. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, (4): 428-438.
- RADEMACHER, P., B. BUB & B. MÜLLER-USING (1999): Waldumbau und Nährstoffmanagement als integrierte Aufgabe in der Kiefernwirtschaft auf ärmeren pleistozänen Sanden. *Forst und Holz*, 54, 330-335.
- RINGE, H., J. BÖTTCHER & W. H. M. DUIJNISVELD (2003): Einfluss von Nadel- bzw. Mischforsten auf die Qualität der Grundwasserneubildung von Sandböden. *Horizonte - Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde*, 14. Der Andere Verlag. Hannover. 124 S.
- RINGE, H., W. H. M. DUIJNISVELD & J. BÖTTCHER (2001): Stoffeinträge mit dem Bestandesniederschlag in einen Kiefern-Reinbestand und einen Buchen-Kiefern-Mischbe-