

PETER MEYER, Göttingen

Veränderung von Bestandesstruktur und Standortverhältnissen durch unterschiedliche waldbauliche Maßnahmen in Fichtenreinbeständen

1. Einleitung

Die meisten Wald-Nationalparke in Deutschland umfassen mehr oder weniger große naturferne Bereiche. Deren Behandlung ist oft Gegenstand kontroverser Diskussionen. So stellt sich auch im Nationalpark Harz die Frage, in welchem Umfang die noch auf großer Fläche vorhandenen Fichtenreinbestände außerhalb der natürlichen Fichtenzone waldbaulich behandelt werden sollen.

Nachfolgend wird der Versuch unternommen, anhand vorliegender Untersuchungsergebnisse eine Antwort auf die Frage nach der Notwendigkeit waldbaulicher Maßnahmen in Fichtenreinbeständen im Nationalpark Harz zu finden. Dabei wird zwischen den Themenkomplexen Waldstruktur und Stoffhaushalt unterschieden.

2. Auswirkungen waldbaulicher Maßnahmen

2.1 Modellvorstellung

Die Folgen waldbaulicher Maßnahmen können in Form von Wirkungsfunktionen beschrieben werden (Abb. 1). Je nachdem, in welchem Intensitätsbereich Maßnahmen ergriffen werden, führen sie zu bestimmten Effekten.

Wenn allerdings die Maßnahmenintensität und der Bereich der angestrebten Effekte außerhalb des Gültigkeitsbereichs der Wirkungsfunktion liegen, laufen die Maßnahmen ins Leere. Werden falsche Ursache-Wirkungs-Beziehungen zugrunde gelegt, können beispielsweise forstwirtschaftliche Eingriffe zur Stabilisierung von Waldbeständen gegenteilige oder auch fehlende Auswirkungen haben.

In einem Nationalpark werden im Allgemeinen nur Maßnahmen geringer Intensität angestrebt. Argumente dafür

sind entweder, dass ein Gefahrenbereich verlassen werden soll oder, dass mit wenigen, zeitlich befristeten Eingriffen Weichenstellungen in Richtung einer künftigen naturnahen Dynamik vorgenommen werden können.

2.2 Waldstruktur

2.2.1 Waldwachstumskundliche Versuche

Waldwachstumskundliche Versuche belegen, dass sich Durchforstungen auf die Strukturentwicklung von Fichtenreinbeständen signifikant auswirken (SCHÖBER 1979/80, ABETZ & UNFRIED 1984, SPELLMANN & NAGEL 1996). Beispielhaft zeigt ein Fichten-Durchforstungsversuch der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt (NFV) die Veränderung der Durchmesserverteilung in Abhängigkeit von der Bestandesbehandlung (Abb. 2).

Effekt [im Vergleich zur Referenz]

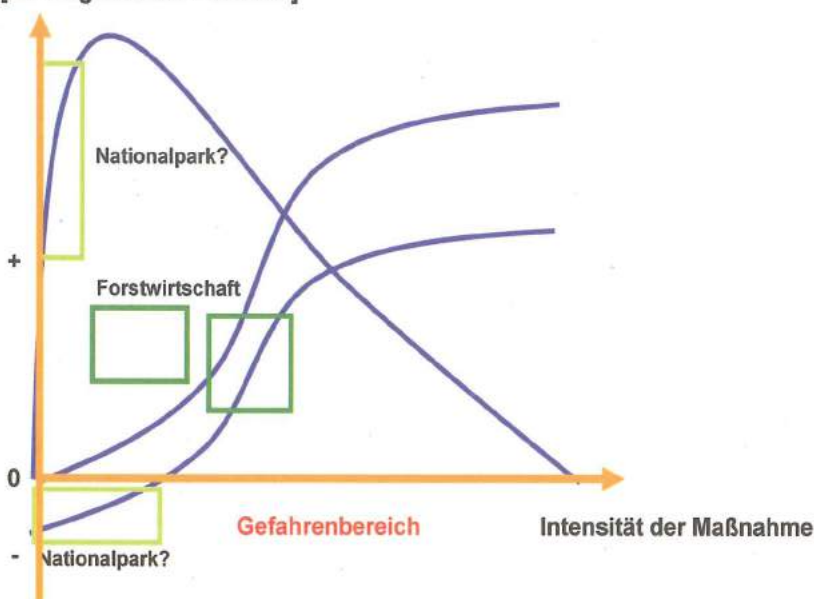
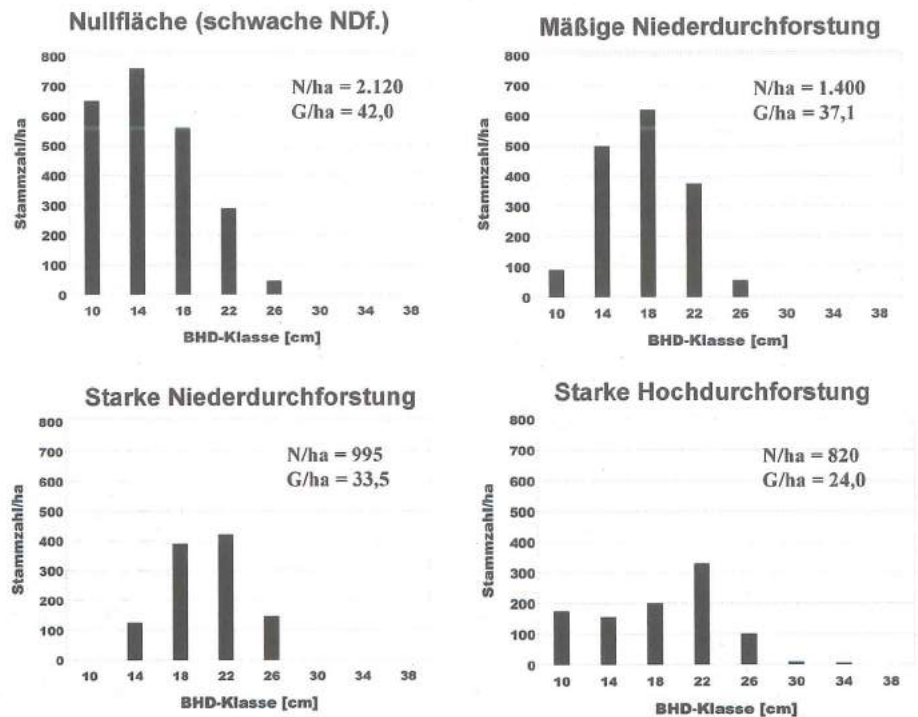


Abb. 1: Modell der Auswirkungen waldbaulicher Maßnahmen. Die umrandeten Wirkungsfenster zeigen beispielhaft Maßnahmenbereiche und angestrebte Effekte. Erst wenn diese die Wirkungsfunktion einschließen, lassen sich die Effekte auch tatsächlich erzielen.

Abb. 2: Durchmesserverteilungen im Fichten-Durchforstungsversuch der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt im Solling (Alter 41)



Nach wie vor ist jedoch weniger eindeutig, ob die strukturelle Differenzierung durch forstliche Eingriffe effektiv erhöht wird. Die Untersuchungen von PREUHLER & SCHMIDT (1989), LEDER (1998), LÜPKE & WELCKER (1998), AMMANN (1999), SCHÜTZ (1996) und WEIHS et al. (1999) in längere Zeit undurchforsteten Beständen weisen auf ein beachtliches Maß an Selbstdifferenzierung u. a. auch in reinen Fichtenwäldern hin. MEYER (2000) und MEYER et al. (2004) können zwar zeigen, dass die Zuwachsallokation durch Eingriffe im Herrschenden signifikant verändert wird. So steigt die Asymmetrie der Zuwachsverteilung zwischen den Durchmesserbereichen mit zunehmender Eingriffsstärke. Dies führt zu einer beschleunigten Streckung der Durchmesserverteilung bei verringerter Mortalität im Unter- und Zwischenstand, so dass die Differenzierung erhöht wird. Dennoch zeigen auch die undurchforsteten Parzellen eine erstaunlich hohe Strukturdiversität.

Die Untersuchungen von GUERICKE (2003) über den Fichten-Femelwald im Harz belegen ebenfalls eine Anregung

des BHD-Zuwachses mit zunehmender Eingriffsstärke. Die Spanne der Durchmesserverteilung verändert sich jedoch kaum. Den entscheidenden Effekt hat der Eingriff stattdessen auf die Verjüngung. Dass durch Eingriffe im Endnutzungsalter die Verjüngung erfolgreich eingeleitet und in ihrer Entwicklung gefördert werden kann, ist allerdings eine waldbauliche Selbstverständlichkeit.

Im Zusammenhang mit der Frage nach der Notwendigkeit waldbaulicher Eingriffe in einem Nationalpark ist vielmehr von Interesse, wie sich Fichtenwälder über den Endnutzungszeitpunkt hinaus weiter entwickeln. Systematische Untersuchungen hierzu fehlen. Einen Einblick in mögliche Entwicklungspfade können Naturwälder geben.

2.2.2 Naturwald Bruchberg

Der Naturwald Bruchberg repräsentiert die natürlichen Fichtenwälder der hochmontanen Stufe im Westharz. Hier sind Reitgras-Fichtenwälder mit Moor-Fichtenwäldern und mehr oder weniger offenen Nieder- und Hochmoor-

bereichen eng verzahnt. Mindestens seit Anfang der 1970er Jahre ist dieser Naturwald ungenutzt geblieben.

Die Entwicklung einer Kernfläche im Reitgras-Fichtenwald zeigt die möglicherweise typische Entwicklung eines gleichaltrigen Fichtenreinbestandes, in dem die Endnutzung ausgeblieben ist (MEYER & PETERSEN 2003). Während der Bestand über fast 25 Jahre weitgehend geschlossen blieb, führte schließlich Borkenkäferbefall ab Mitte der 1990er Jahre zum flächigen Absterben (Abb. 3). Allerdings hatte sich zu diesem Zeitpunkt teilweise bereits Naturverjüngung eingefunden. Diese ist geklumpt verteilt, da ihre erfolgreiche Entwicklung an Lücken und Moderholz gebunden ist.

Zukünftig ist davon auszugehen, dass die Strukturierung weiter zunimmt, da sich in Folge des langsam verlaufenden Verjüngungsprozesses eine weite Altersspreitung herausbilden dürfte. Durch das steigende Angebot an Moderholz dürfte der Fortgang des Verjüngungsprozesses mindestens gesichert sein, möglicherweise sogar beschleunigt werden.

Wie unterschiedlich sich die Verjüngung in Abhängigkeit von der Struktur des Altbestandes bzw. des Tothholzangebotes entwickelt, macht ein Vergleich dieser Untersuchungsfläche mit der Situation in einem Windwurfverhau deutlich (Abb. 4). So hat die Eberesche unter den hier gegebenen Wildständen nur Entwicklungsmöglichkeiten, wenn sie durch quer liegende und stark beastete Fichtenstämme geschützt wird („Käfigverjüngung“).

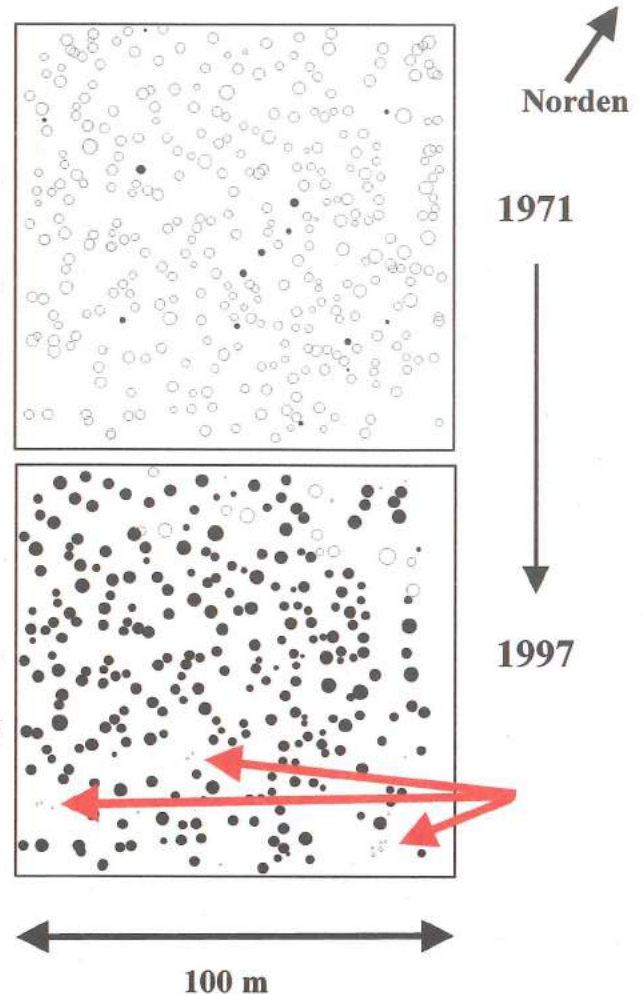
Ähnliche Entwicklungen wie im Harz werden auch in Fichtenwäldern des Bayerischen Waldes beobachtet. Dem flächenhaften Zusammenbruch des Altbestandes nach Windwurf und Borkenkäferbefall folgt ein differenzierter Verjüngungsprozess, der zukünftig reicher strukturierte Wälder erwarten lässt (NATIONALPARVERWALTUNG BAYERISCHER WALD 2001).

2.2.3 Struktur, Stabilität und Risikovorsorge

Die hohe Störungsanfälligkeit von Fichtenreinbeständen im Vergleich zu anderen Waldtypen ist weitgehend unstrittig (SCHMIDT-VOIGT 1989, THOMASIU 1988, ALTENKIRCH et al. 2002, REDDE 2002, REDDE & v. LÜPKE 2004). Dass reich strukturierte Mischwälder stabiler als homogene Reinbestände sind, konnte allerdings bisher nicht eindeutig belegt werden. Bei näherer Betrachtung zeigt sich kein einfacher Zusammenhang zwischen Strukturierung und Stabilität (MASON 2002). Möglicherweise verringert sich in einem strukturreichen Wald gegenüber einem homogenen Altersklassenwald nur die „Korngröße“ der Schadensflächen, doch nicht deren gesamtes Ausmaß.

Nach den Untersuchungen von KÖNIG (1995) und REDDE (2002) bestimmen die Oberhöhe, der Standort (Tongehalt, Wechselfeuchte) und das Jahr des letzten Eingriffs im Wesentlichen das Windwurfisiko in Fichtenwäldern. Durch strukturierende Eingriffe können Fichtenrein-

Abb. 3: Entwicklung von Kernfläche II im Naturwald Bruchberg von 1971 bis 1997. Die Kreise zeigen den Stammquerschnitt aller Bäume ≥ 7 cm BHD. Nicht ausgefüllte Kreise symbolisieren lebende Bäume und schwarze Kreise den toten Bestand.



bestände zwar bis in ein mittleres Alter stabilisiert werden, indem die Durchwurzelung verbessert und lange Kronen sowie geringe h/d-Werte erzielt werden (KRAMER 1975, MÖHRING 1981). Dieser Effekt stellt sich aber erst mittelbar ein. Unmittelbar wirken forstliche Eingriffe destabilisierend. Dies verstärkt sich mit zunehmendem Alter. So kann RICHTER (1975, 2003) nachweisen, dass sich die Schadholzmenge drei Jahren nach dem Eingriff im Vergleich zu undurchforsteten Beständen verdreifacht hat und nach 4-6 Jahren noch doppelt so hoch ist (vergl. auch DOBBERTIN 2002).

Insgesamt muss angesichts dieser Ergebnisse die Frage gestellt werden, ob sich durch waldbauliche Eingriffe die Stabilität von Fichtenreinbeständen in einem relevanten Ausmaß beeinflussen lässt. Punktuelle Ergebnisse aus selbst-differenzierten Wäldern lassen hieran

Zweifel aufkommen (LEDER 2004, HEWICKER 2005). Auch zu dieser Frage fehlen systematische Untersuchungen.

In einem Nationalpark schließt sich zudem die Frage an, welche negativen Wirkungen ein flächenhafter Zusammenbruch der sich selbst überlassenen Fichtenreinbestände nach sich ziehen würde. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass belassene Windwurf- und Borkenkäferflächen weder das Risiko von Erosions-, Hochwasser- oder Lawinenschäden noch die Trinkwasserbelastung gegenüber einem mehr oder weniger geschlossenen Wald in einem solchen Ausmaß erhöhen, dass Gegenmaßnahmen zwingend erforderlich wären (s. KENNEL 1998, 2002, FREY & THEE 2002, HEGG et al. 2004, WITZIG et al. 2004).

2.3 Standortverhältnisse

Eine Charakterisierung von Fichtenreinbeständen bezüglich ihres Wasser- und Stoffhaushaltes kann aufgrund der langfristigen Zeitreihen und intensiven Untersuchungen der F1- und der B1-Dauerbeobachtungsfläche im Solling erfolgen (ELLENBERG et al. 1986, MEESENBURG et al. 2002). Diese Ergebnisse werden aus anderen Untersuchungen vielfach bestätigt (vgl. BEESE 2004) und können daher als allgemein gültig betrachtet werden.

In Bezug auf den Wasserhaushalt zeigt sich, dass die Tiefenversickerung unter Fichte (F1) erheblich geringer ausfällt als unter Buche (B1), weil die Interzeption und die Evapotranspiration deutlich erhöht wird (Abb. 5). Bei gleichem Ausgangsniveau in der zweiten Hälfte der 1960er Jahre weist der Fichtenreinbestand zudem erheblich geringere Nährstoffvorräte als der Buchenbestand auf (Abb. 6). Auch REHFUESS (1986) kommt zu dem Schluss, dass der Fichtenanbau auf basenarmen Böden zu einer verstärkten Podsolierung, sinkenden pH-Werten und Nährstoffverlusten an Calcium, Magnesium, Kalium und Phosphor führt. Er betont allerdings die Bedeutung des Standortes.

WECKESSER (2003) untersuchte Fichtenreinbestände im Vergleich zu Fichten-

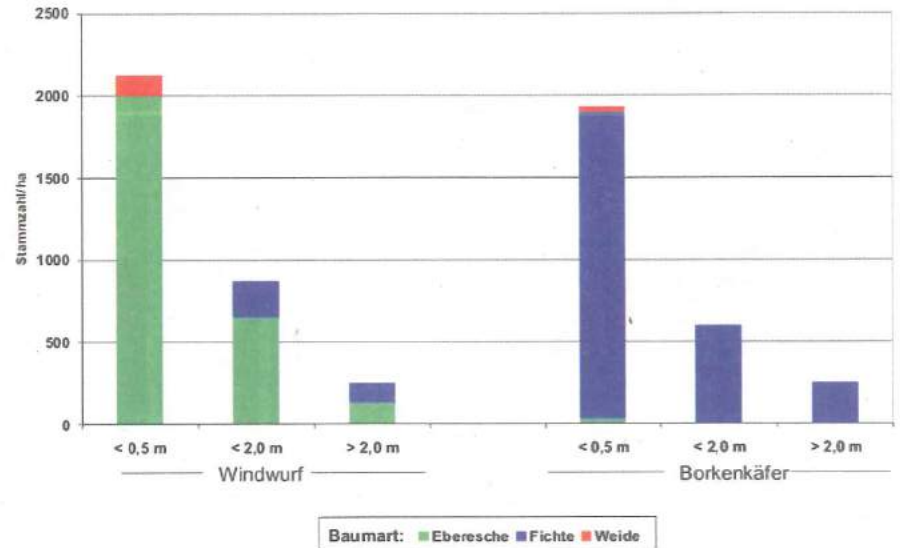


Abb. 4: Baumartenzusammensetzung der Naturverjüngung (Bäume < 7 cm BHD) in einer Windwurffläche und in Kernfläche II (= Borkenkäfer) im Naturwald Bruchberg im Jahr 1997

Buchenmischbeständen und reinen Buchenwäldern im Solling. Er stellt in Übereinstimmung mit anderen Studien eine signifikante Erhöhung der Mächtigkeit der Humusaufgabe und eine verringerte Stickstoff-Nettomineralisation beim Übergang vom Buchen- in den Fichten-Buchenmischbestand fest. Die Mischbestände unterscheiden sich allerdings nicht mehr signifikant von den Fichtenreinbeständen. Ein ähnliches Muster zeigt sich bei den pH-Werten der Humusaufgabe. Bereits mit dem Übergang vom Buchenreinbestand zum

Mischbestand sinken diese signifikant ab, während sich wiederum zwischen Mischbestand und reinem Fichtenwald keine Unterschiede mehr nachweisen ließen. Bereits eine Fichtenbeimischung scheint also den Einfluss der Buche zu überprägen. AMMER & UTSCHICK (2004) kommen hinsichtlich der Zusammensetzung der Wald-Lebensgemeinschaften zu ähnlichen Ergebnissen.

Simulationen am Beispiel von Bodendauerbeobachtungsflächen in Niedersachsen beleuchten, welche Auswirkungen ein unterschiedliches Nutzungsregime auf die Bilanz der Makronährstoffe hat (MEESENBURG et al. 2002). Außer beim Überschusselement Stickstoff wirkt sich ein Nutzungsverzicht positiv aus. Die Verarmung an Calcium kann auf der Fichtenfläche sogar nur auf diesem Wege aufgehoben werden.

Die vorgestellten Ergebnisse unterstreichen, dass ein Baumartenwechsel in Richtung Laubwald am ehesten geeignet ist, die teilweise negativ zu bewertenden Auswirkungen von Fichtenreinbeständen auf den Standort zu vermeiden. Dabei dürfte eine bloße Beimischung von Laubbaumarten kaum genügen.

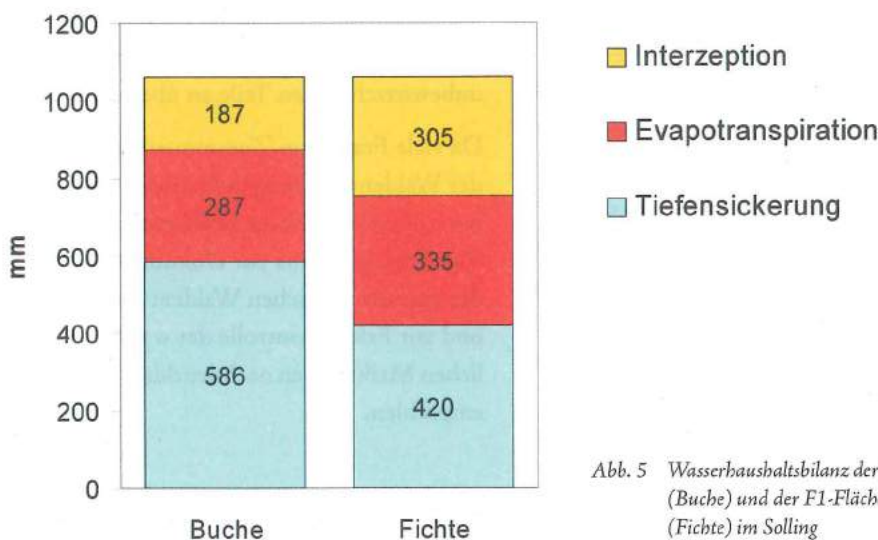


Abb. 5 Wasserhaushaltsbilanz der B1- (Buche) und der F1-Fläche (Fichte) im Solling

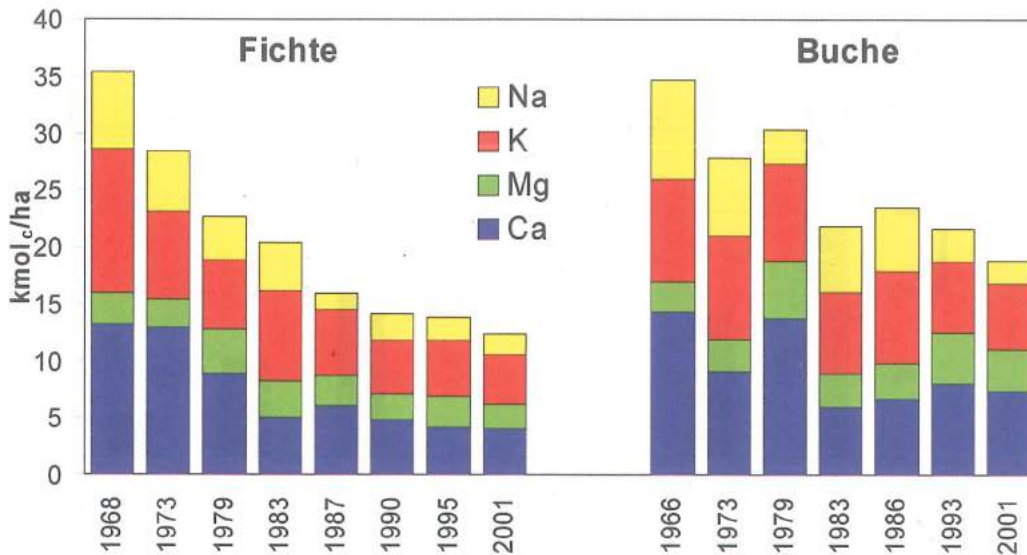


Abb. 6 Entwicklung der Vorräte austauschbarer Kationen ($\text{kmol}_c \text{ha}^{-1}$) im Mineralboden (0–50 cm) in der F1 (Fichte) und B1-Fläche (Buche) im Solling (aus: MEESEN-BURG et al. 2002)

Durch forstliche Eingriffe im Herrschenden wird das Kronendach aufgelockert und damit der Stoffumsatz angeregt. Die Konsequenzen für den Stoffhaushalt sind allerdings durchaus ambivalent zu beurteilen und bisher nur in jungen Fichtenreinbeständen explizit untersucht worden (HAGER 1988).

Insgesamt muss festgehalten werden, dass im Gegensatz zu früheren Einschätzungen (WIEDEMANN 1925, s. zusammenfassend REHFUESS 1986) die Effekte von Fichtenreinbeständen auf den Standort heute nicht so gravierend eingeschätzt werden, dass ein möglichst schneller Umbau zwingend erforderlich wäre (ELLENBERG 1996). Dennoch ist ein Waldumbau in Richtung Laubwald aus verschiedenen Gründen nach wie vor zu begrüßen (KLIMO et al. 2000, WECKESSER 2003).

3. Schlussfolgerungen

Die Bewertung der vorgestellten Untersuchungsergebnisse fällt aus forstwirtschaftlicher Sicht naturgemäß anders aus als aus Sicht eines Nationalparks. In letzterem stellt die möglichst ungestörte Waldentwicklung das oberste Ziel dar. Waldbauliche Maßnahmen lassen sich nach einer Nationalparkausweisung daher nur aus den folgenden Gründen rechtfertigen:

Erstinsandsetzungsmaßnahmen, um in einem möglichst kurzen, klar definierten Zeitraum bewirtschaftungsbedingte Defizite rückgängig zu machen, die ansonsten nur sehr langfristig oder evtl. gar nicht reversibel wären. Ein Beispiel ist die Einbringung von solchen standortheimischen Baumarten in großflächige Fichtenreinbestände, die über wenig effektive Verbreitungsmechanismen verfügen. Im Harz kommt hierfür nur die Buche in Frage. Eine kleinflächige Einbringung, um Initialen für die künftige Verjüngung zu setzen, dürfte bei dieser konkurrenzstarken Baumart genügen.

Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

Anhand der vorgestellten Ergebnisse wird deutlich, dass selbst von großflächigen Bestandeszusammenbrüchen oftmals keine erhebliche Gefahr ausgeht, so lange die Flächen nicht geräumt werden. Ein großes Risikopotenzial für angrenzende Wirtschaftswälder können allerdings Borkenkäferkalamitäten entwickeln (NÜBLEIN & FAIßT 2000). Um den Übergriff auf Nachbarwälder zu verhindern, sind Maßnahmen im Randbereich eines Nationalparks notwendig. Ob allerdings ein vorausschauender Umbau sinnvoll ist, sollte sorgfältig abgewogen werden, da die hierfür erforderlichen Auflockerungen des Kronendaches wiederum die Disposition für Borken-

käferbefall erhöhen. Eine alternative Strategie sind Sofortmaßnahmen, die nur im Gefährdungsfall ergriffen werden.

Im Nationalpark hat eine eigendynamische Entwicklung mit ungewissem Ausgang grundsätzlich Vorrang vor einer an menschlichen Maßstäben orientierten Steuerung der Walddynamik. Natürliche Störungen sind aus Nationalparksicht nicht negativ zu bewerten, sondern ein wesentliches Element der Waldentwicklung. Daher sollten waldbauliche Maßnahmen in den Entwicklungszonen von Wald-Nationalparks nur zurückhaltend durchgeführt werden. Strukturierende und stabilisierende Eingriffe sind - auch wegen der Defizite im Verständnis dieser anthropogenen Störungen - überwiegend nicht ratsam. Ziel sollte es sein, die Entwicklungszonen mit möglichst geringen Eingriffen und möglichst zeitnah in die unbewirtschafteten Teile zu übernehmen.

Da viele Fragen im Zusammenhang mit der Waldentwicklung in Nationalparks noch offen sind, ist die Etablierung eines Monitoringsystems zur Dokumentation der eigendynamischen Waldentwicklung und zur Erfolgskontrolle der waldbaulichen Maßnahmen nachdrücklich zu empfehlen.

Literatur

- ABETZ, P. & UNFRIED, P. (1984): Fichten-Standraumversuch im Forstbezirk Riedlingen/Donau. *Allg. Forst- und Jagdzeitung*, 155 (4/5), 89-109.
- ALTENKIRCH, W., MAJUNKE, C. & OHNESORGE, B. (2002): *Waldschutz auf ökologischer Grundlage*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- AMMANN, P. (1999): Analyse unbehandelter Jungwaldbestände als Grundlage für neue Pflegekonzepte. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 150 (12), 460-470.
- AMMER, U. & UTSCHICK, H. (2004): Folgerungen aus waldökologischen Untersuchungen auf hochproduktiven, nadelholzreichen Standorten für eine an Naturschutzzielen orientierte Waldwirtschaft. *Forst und Holz*, 59 (3), 119-128.
- BEESE, F. (Hrsg. 2004): *Indikatoren und Strategien für eine nachhaltige, multifunktionale Waldnutzung - Fallstudie Waldlandschaft Solling - Abschlussbericht 1999 - 2003 zum BMBF-Verbundforschungsvorhaben, Teile 1 und 2*. Forschungszentrum Walökosysteme der Universität Göttingen, 70 und 71, Göttingen.
- DOBBERTIN, M. (2002): Influence of stand structure and site factors on wind damage comparing Vivian and Lothar. *Forest Snow and Landscape Research*, 77 (1/2), 187-205.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Verlag Eugen Ulmer, 5. Auflage, Stuttgart.
- ELLENBERG, H., MAYER, R. und SCHAURMANN J. (1986): *Ökosystemforschung - Ergebnisse des Sollingprojektes 1966 - 1986*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FREY, W. & THEE, P. (2002): Avalanche protection of windthrow areas: a ten year comparison. *Forest, Snow and Landscape Research* 77 (1/2): 89-107.
- GUERICKE, M. (2003): Entwicklung ungleichaltriger Fichten-Femelwaldstrukturen im Oberharz. *Forst und Holz*, 58 (13/14), 395-400.
- HAGER, H. (1988): Stammzahlreduktion. Die Auswirkungen auf Wasser-, Energie und Nährstoffhaushalt von Fichtenjungwüchsen. *Forstliche Schriftenreihe Universität Bodenkultur Wien*, 1.
- HEGG, C.; THORMANN, J.-J.; BÖLL, A.; GERMANN, P.; KIENHOLZ, H.; LÜSCHER, P. & WEINGARTNER, R. (Hrsg. 2004): *Lothar und Wildbäche. Schlussbericht eines Projektes im Rahmen des Programms „Lothar Evaluation und Grundlagenprojekte“*, Eidgenössisches Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- HEWICKER, J. A. (2005): Selbstregulierungsprozess in Fichtenbeständen. *Der Dauerwald*, 31, 32-33.
- KENNEL, M. (1998): Modellierung des Wasserhaushaltes von Waldökosystemen - Fallstudien forsthydrologisches Forschungsgebiet Krodorf und Referenzeinzugsgebiet Große Ohe. *Forstliche Forschungsberichte München*, 168.
- KENNEL, M. (2002): Wie wirkt sich großflächiger Borkenkäferbefall auf Abfluss und Wasserqualität aus? *LWF Aktuell*, 34, 26-29.
- KLIMO, E.; HAGER, H. & KULHAVY, J. (Hrsg. 2000): *Spruce Monocultures in Central Europe - Problems and Prospects*. *EFI Proceedings*, 33.
- KÖNIG, A. (1995): *Sturmgefährdung von Beständen im Altersklassenwald*. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- KRAMER, H. (1975): Erhöhung der Produktionssicherheit zur Förderung einer nachhaltigen Fichtenwirtschaft. *Forstarchiv*, 46, 9-13.
- LEDER, B. (1998): Beobachtungen zur Bestandesstruktur undurchforsteter Fichtenbestände. *AFZ/Der Wald*, 15, 793-796.
- LEDER, B. (2004): Selbstregulierungsprozesse in jüngeren Fichtenreinbeständen. *Der Dauerwald*, 29, 29-41.
- v. LÜPKE, B. & WELCKER, B. (1998): Ein undurchforsteter Eichenbestand als Greenpeace Referenzfläche? *Forstarchiv*, 69, 54-60.
- MASON W. L. (2002): Are irregular stands more windfirm? *Forestry*, 75 (4), 347-355.
- MEESENBURG, H.; SCHULZE, A. & MEIWES, K. J. (2002): Dauerbeobachtung von Waldböden als integraler Bestandteil des forstlichen Umweltmonitorings in Niedersachsen. *UBA-Texte*, 66 (02), 55-65.
- MEYER, P. (2000): Strukturelle Diversität und waldbauliche Eingriffe. *Tagungsband, Tagung der Sektion Waldbau im DVFF*, 13.09. - 15.09. 2000 in Dessau/Klieken, Seiten: 31 - 48.
- MEYER, P.; ALBERT, M. & SPELLMANN, H. (2004): Abschlussbericht Teilvorhaben FO 2.2: Strukturbildung durch gezielte Pflegestrategien im Vergleich zur natürlichen Strukturbildung in Naturwäldern. In: Beese, F. (Hrsg.): *Indikatoren und Strategien für einen nachhaltige, multifunktionale Waldnutzung - Fallstudie Waldlandschaft Solling. Abschlussbericht 1999-2003 zum BMBF-Verbundforschungsvorhaben. Teil 2: Ausführliche Teilvorhabenberichte*, Seiten: 339-374.
- MEYER, P. & PETERSEN, R. (2003): *Regeneration naturnaher Fichtenwälder nach großflächigen Störungen. Beispiele aus dem Harz*. *Forst und Holz*, 58 (13/14), 401-406.
- MÖHRING, B. (1981): Über den Zusammenhang zwischen Kronenform und Schneebruchanfälligkeit bei Fichte. *Forstarchiv*, 52, 130-134.

- NATIONALPARKVERWALTUNG
BAYERISCHER WALD (Hrsg. 2001):
Waldentwicklung im Bergwald nach
Windwurf und Borkenkäferbefall.
Wissenschaftliche Reihe, 14, Passau.
- NÜßLEIN, S. & FAIßT, G. (2000):
Buchdrucker-Massenvermehrung im
Nationalpark Bayerischer Wald. AFZ/
Der Wald, 12, 651-653.
- PREUHSLER, T. & SCHMIDT, R. (1989):
Beobachtungen auf einem spät durch-
forsteten Fichten-Versuch. Forst-
wissenschaftliches Centralblatt, 108, 271-
288.
- RICHTER, J. (1975): Sturmschäden bei
der Fichte im Sauerland. Forst und Holz,
30, 106-108.
- RICHTER, J. (2003): Wurf- und Bruch-
schäden in Fichtenbeständen. Forstarchiv,
74, 166-170.
- REDDE, N. (2002): Risiko von Sturm-
und Folgeschäden in Abhängigkeit vom
Standort und von waldbaulichen Eingrif-
fen bei der Umwandlung von Fichten-
reinbeständen. Berichte d. Forschungs-
zentrums Waldökosyst., Reihe A, Bd.
179, 179 S.
- REDDE, N. & v. LÜPKE, B. (2004):
Untersuchung zum Windwurfrisiko bei
einzelstammweiser Holzernte in Fichten-
altbeständen auf gut durchwurzelbaren
Böden im Solling/Niedersachsen. Forst u.
Holz, 59, 270 – 277.
- REHFUESS, K. E. (1986): Wirkungen des
Fichtenanbaus auf den Boden. In:
Schmidt-Vogt (1986): Die Fichte, Band
II/1, Verlag Paul Parey, Hamburg und
Berlin, 250-279.
- SCHMIDT-VOIGT, H. (1989): Die Fichte.
Band II/2: Krankheiten, Schäden,
Fichtensterben. Verlag Paul Parey,
Hamburg und Berlin.
- SCHÖBER, R. (1979/80): Massen-,
Sorten- und Wertetrag der Fichte bei
verschiedener Durchforstung. Allgemei-
ne Forst- und Jagdzeitung, 150 (7), 129-
151 und 150 (8), 1-21.
- SCHÜTZ, J.-PH. (1996): Bedeutung und
Möglichkeiten der biologischen Rationali-
sierung im Forstbetrieb. Schweizerische
Zeitschrift für Forstwesen, 147 (5), 315-
349.
- SPELLMANN, H. & NAGEL, J. (1996): Zur
Durchforstung von Fichte und Buche.
Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 167
(1/2), 6-15.
- THOMASIU, H. (1988): Stabilität
natürlicher und künstlicher Waldöko-
systeme sowie deren Beeinflussbarkeit
durch forstwirtschaftliche Maßnahmen.
Allg. Forstzeitschrift, 38 u. 39, 1037-
1043 u. 1064-1068.
- WECKESSER, M. (2003): Die Boden-
vegetation von Buchen-Fichten-Misch-
beständen im Solling - Struktur,
Diversität und Stoffhaushalt. Cuvillier
Verlag, Göttingen.
- WEIHS, U.; WILHELM, G. & ROOS, R.
(1999): Wie sich unbehandelte Fichten-
bestände aus Naturverjüngung entwi-
ckeln. AFZ/Der Wald, 4, 172-175.
- WIEDEMANN, E. (1925): Zuwachs-
rückgang und Wuchsstockungen der
Fichte in den mittleren und unteren
Höhenlagen der sächsischen Staats-
forsten. Akademische Buchhandlung
Walter Laux, Tharandt i. Sachsen.
- WILHELM, G.; LETTER, H.-A. & ROOS,
R. (1999): Konzeption einer naturnahen
Erzeugung von starkem Wertholz.
Zielsetzungen und waldbauliche Prinzipi-
en. AFZ/Der Wald, 5, 232-233.
- WITZIG, J.; BADOUX, A.; HEGG, C. &
LÜSCHER, P. (2004): Waldwirkung und
Hochwasserschutz - eine standörtlich
differenzierte Betrachtung. Forst und
Holz, 59 (10), 476-479.